

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

**Sistemas Urbanos sob o Enfoque da Educação Ambiental: uma proposta utilizando o *game* SimCity e o programa STELLA**

**Rita de Cássia Gnutzmann Veiga**

**RIO GRANDE  
2006**

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

**Sistemas Urbanos sob o Enfoque da Educação Ambiental: uma proposta utilizando o *game* SimCity e o programa STELLA**

**Rita de Cássia Gnutzmann Veiga**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental, da Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

Orientador:

**Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos**

**RIO GRANDE  
2006**

## **Rita de Cássia Gnutzmann Veiga**

### **Sistemas Urbanos sob o Enfoque da Educação Ambiental: uma proposta utilizando o *game* SimCity e o programa STELLA**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Comissão de avaliação formada pelos examinadores:

---

Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos  
FURG

---

Prof. Dr. Sírio Lopez Velasco  
FURG

---

Prof. Dr. João Carlos Torres Vianna  
UFPEL

*a meus pais, pelo esforço que fizeram a vida  
toda para dar aos filhos a melhor educação,  
dando condições para as conquistas que pude  
alcançar.*

*a meu marido, razão do meu viver, que me  
incentivou e me apoiou em todos os momentos de  
realização deste trabalho.*

*“A única herança que podemos  
verdadeiramente deixar a nossos filhos é a  
educação que oportunizamos a eles.”  
(Pai e Mãe)*

## **AGRADECIMENTOS**

A meu esposo Fernando e a meus pais Paulo e Madalena, que me apoiaram de todas as formas possíveis e inimagináveis, com amor dedicado e incondicional.

A minha avó Estela e a minha sogra Norma, que me adotaram neste retorno ao Rio Grande do Sul desde que vim do estado vizinho para a conquista dessa jornada de estudos e pesquisas.

A minha enteada Mayara, amiga e parceira de estudos, que contribuiu de maneira fundamental para as primeiras investigações para elaboração do material instrucional, além de oferecer apoio e compreensão à todas as horas que tive que dedicar-me a este estudo.

A meu orientador, que me acompanhou nesta jornada, me inspirando e oportunizando experiências enriquecedoras, como o estágio de docência na disciplina por ele ministrada no Mestrado em Educação Ambiental, e que teve fundamental importância nesta pesquisa. Agradeço pelo apoio e pela confiança em meu trabalho.

À CAPES, pelo auxílio financeiro concedido nestes últimos doze meses de estudo.

À Fundação Universidade Federal do Rio Grande, pelas condições e estrutura para a realização deste curso e desta pesquisa.

Aos alunos do curso de extensão, que permitiram que suas reações e desempenhos fossem observados para fins de análise nesta pesquisa. Agradeço a contribuição e o desprendimento com que se dedicaram às tarefas propostas.

À Escola Municipal General Artigas, da cidade do Chuí por permitir que os professores participassem da pesquisa, além de ceder suas instalações para a realização do curso.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram com a realização deste trabalho, especialmente os amigos, Fanny e Adolfo, Izaltino e Emília, Luciane Brandão, Leticia Cardoso, Cristiane Borges, Cláudio Pardo, Antoniaela, Cristine Barbosa, Vitor Lautério Pereira e Tanise Novello, que ofereceram apoio psicológico e ajudas as mais diversas e nos mais variados momentos desta jornada de estudos e pesquisas.

A toda equipe do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental por todas as orientações, ajudas, compreensão e estrutura oferecida.

A Deus. Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

<b>1 CAPÍTULO I - Introdução</b>	<b>11</b>
1.1 TRAJETÓRIA DA PESQUISADORA	12
1.2 ALGUNS CONCEITOS ADOTADOS	13
1.3 DIRETRIZES DO ESTUDO	16
1.3.1 Educação Ambiental e Planejamento Urbano	18
1.3.2 Educação, Tecnologia, Ambientes de Aprendizagem e Simulação	20
1.3.3 O Enfoque Sistêmico e a Dinâmica de Sistemas	22
<b>1.3.4 Modelagem Computacional para Sistemas Dinâmicos</b>	<b>24</b>
1.3.5 A Dinâmica de Sistemas na Educação e o <i>Game SimCity</i>	26
1.4 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS	28
1.4.1 Objetivo Geral da Pesquisa	28
1.4.2 Objetivos Específicos	29
1.4.3 Grupo de Pesquisa	29
1.4.4 Questões de Pesquisa	30
1.4.5 Justificativa do Estudo	30
1.4.6 Atividades Exploratórias e Expressivas	33
1.4.7 Material e Métodos	34
1.4.8 Abordagem Utilizada	35
<b>2 CAPÍTULO II – Revisão da Literatura</b>	<b>37</b>
2.1 SISTEMAS URBANOS E EDUCAÇÃO AMBIENTAL	38
<b>2.1.1 Educação para Cidade Ambientalmente Sustentável</b>	<b>38</b>
2.1.2 Evolução Urbana	43
<b>2.1.3 Capitalismo e Urbanidade</b>	<b>45</b>
2.1.4 Fotografia Urbana do Brasil	47
<b>2.1.5 Dinâmica de Sistemas Urbanos</b>	<b>49</b>
<b>2.1.6 Estrutura de um Modelo Urbano</b>	<b>53</b>
<b>2.1.7 Ecossistema Urbano</b>	<b>55</b>
<b>2.1.8 Uma Cidade no SimCity</b>	<b>56</b>
2.2 MODELAGEM DE SISTEMAS DINÂMICOS E COGNIÇÃO	57
2.2.1 Percepção Ambiental	59
2.2.2 Representações ou Modelos Mentais	61
2.2.3 Modelagem como Sistema de Signos	66

2.3 PRINCÍPIOS DE SISTEMAS	69
<b>3 CAPÍTULO III – Simulação Urbana como Proposta de EA</b>	77
3.1 O <i>GAME</i> SIMCITY	78
3.2 O SOFTWARE STELLA	87
3.3 FILOSOFIA DE CONSTRUÇÃO DO MATERIAL INSTRUCIONAL	92
<b>4 CAPÍTULO IV – Discussão dos Resultados</b>	103
4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL	104
4.2 ATIVIDADES DE PESQUISA	106
4.3 AMBIENTE URBANO PROBLEMATIZADO	108
<b>4.3.1 A Cidade pelo Olhar do Arquiteto Urbanista</b>	109
<b>4.3.2 A Cidade pelo Olhar dos Alunos</b>	115
<b>4.3.3 A Visão os Participantes da Pesquisa sobre os Meios de Comunicação</b>	118
<b>4.3.4 A Superação do Pensamento Linear</b>	123
<b>4.3.5 Limitações Impostas pelas Estruturas de Produção</b>	125
<b>4.3.6 Mundo Loteado, Elementos Naturais Integrados</b>	126
<b>4.3.7 A Busca por Alternativas</b>	129
4.4 CONCEITOS EXPLICITADOS PELA PROPOSTA	132
<b>4.4.1 A Explicitação da Consciência Ambiental</b>	132
<b>4.4.2 Elementos Ambientais-Urbanos na Visão do Aluno</b>	134
4.4.2.1 <i>Sistemas de Energia</i>	137
4.4.2.2 <i>Os Resíduos Urbanos e sua Destinação</i>	138
4.4.2.3 <i>Sistemas Educacionais</i>	139
4.4.2.4 <i>Impostos e Acordos Comerciais: a saúde financeira da cidade</i>	141
4.4.2.5 <i>Zoneamento: a base de criação da cidade</i>	144
4.4.2.6 <i>A Mansão do Prefeito</i>	147
4.4.2.7 <i>As Áreas Verdes</i>	148
4.4.2.8 <i>A Igreja</i>	149
4.5 A TEMÁTICA AMBIENTAL NA EDUCAÇÃO FORMAL DO	150
4.6 ASPECTOS DA PROPOSTA EDUCATIVA	153
<b>4.6.1 Ferramentas Gráficas e o Processo Visual de Aprendizagem</b>	153
<b>4.6.2 O Lúdico e a Motivação</b>	154
<b>4.6.3 O Dinâmico e o Sistêmico</b>	155
<b>4.6.4 Regionalização: a cidade como um subsistema</b>	159

<b>4.6.5</b>	<b>A construção do Conceito de Sustentabilidade</b>	160
<b>4.6.6</b>	<b>O Real e a Simulação</b>	161
	<b>4.6.7 O Material Instrucional</b>	163
	<b>5 CAPÍTULO V – Considerações Finais</b>	166
5.1	REFLEXÕES URBANAS	167
5.2	RESPOSTA ÀS QUESTÕES DE PESQUISA	169
5.3	A PROPOSTA CONFRONTADA COM PRECEITOS DA EA	173
5.4	LIMITAÇÕES DA PROPOSTA	174
	<b>5.5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS</b>	175
	<b>6 BIBLIOGRAFIA</b>	177
	<b>APÊNDICE 1</b>	182
	<b>APÊNDICE 2</b>	220

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01</b> – Evolução da Taxa de Urbanização no Brasil entre 1940 a 2000.	48
<b>Figura 02</b> - Modelo básico mostrando um elo de realimentação, gerado no software de simulação STELLA.	52
<b>Figura 03</b> - Três categorias de informação que compõem os dados básicos utilizados pela mente humana na construção dos modelos/representações	67
<b>Figura 04</b> – Sistema de decisão.	72
<b>Figura 05</b> – Elo de primeira ordem.	74
<b>Figura 06</b> – Região de Berlim disponibilizada no SimCity4.	79
<b>Figura 07</b> – Ferramentas de criação geológica da área no Modo Deus.	80
<b>Figura 08</b> – Cidade criada no SimCity e a interface do jogo.	81
<b>Figura 09</b> – Ferramenta de ajuste e acompanhamento orçamentário da	82
<b>Figura 10</b> – Gráfico mostrando faixa de renda e emprego da população.	83
<b>Figura 11</b> – Ferramenta de análise de qualidade do ar por zonas e níveis de poluição.	85
<b>Figura 12</b> – Ferramenta de análise de qualidade da água por zonas e níveis	86
<b>Figura 13</b> – Ferramenta de ajuste orçamentário com degradação das vias ao fundo devido a baixa destinação de verbas.	87
<b>Figura 14</b> – Interface do STELLA 7.0.	89
<b>Figura 15</b> – Blocos de construção utilizados pelo STELLA.	90
<b>Figura 16</b> – Exemplo de ambiente de simulação construído em STELLA.	91
<b>Figura 17</b> – Modelo de simulação de civilização neolítica	93
<b>Figura 18</b> – Condomínio fechado de ricos, de costas para famílias miseráveis.	168
<b>Figura 19</b> – Fotografia da miséria de muitas famílias no país.	168

## RESUMO

VEIGA, Rita de Cássia Gnutzmann. **Sistemas Urbanos sob o Enfoque da Educação Ambiental:** uma proposta utilizando o *game* SimCity e o programa STELLA. Rio Grande, 2006. Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental. Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2006.

Este trabalho, desenvolvido dentro da linha de pesquisa Educação Ambiental Ensino e Formação de Educadores (EAEFE) do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal do Rio Grande, objetivou consolidar uma proposta de Educação Ambiental, tendo por base a problematização da sociedade urbanizada, com o apoio da simulação dinâmica da cidade e o desenvolvimento da compreensão sistêmica, a fim de contribuir para o entendimento dos sócio-ecossistemas urbanos como forma de auxiliar a construção de sociedades sustentáveis<sup>12</sup>. A proposta consistiu na elaboração de material instrucional utilizado em curso oferecido a um grupo de pesquisa caracterizado por uma composição multidisciplinar e participação da sociedade civil, nos moldes do planejamento urbano participativo introduzido pelo Estatuto da Cidade. A proposta fôra composta por conceitos de dinâmica de sistemas urbanos, desenvolvidos por Jay W. Forrester (1969), fundamentos da Educação Ambiental, e utilização de ambiente virtual de aprendizagem, que contou com o software de modelagem computacional STELLA<sup>13</sup> e o *game* SimCity<sup>14</sup>, da categoria simulação, ambos fundamentados em conceitos da dinâmica de sistemas. O método utilizado para a coleta de dados foi a observação e registro da interação do grupo a partir da realização das atividades propostas, depoimentos escritos pelos alunos como parte das atividades do curso, e gravação das discussões estimuladas por leituras e análises dos modelos urbano e de mundo. Os dados obtidos foram analisados com apoio do método de Análise Textual Qualitativa. Com essa proposta educativa pretendeu-se encontrar um novo viés para o estudo dos sistemas urbanos, através da linguagem lúdica propiciada pelos jogos de computador aliada à ferramenta de modelagem quantitativa. A pesquisa demonstrou, que a proposta foi capaz de estimular discussões de maneira a problematizar vários aspectos da sociedade urbana atual, entre eles: modelo econômico, social e cultural e responsabilidade ambiental-urbana. Também foi possibilitada a explicitação de alguns modelos mentais dos alunos acerca dos temas abordados.

Palavras-Chave: Educação Ambiental; *games*; sistemas urbanos; SimCity; STELLA.

---

<sup>12</sup> Entende-se por sociedade sustentável, aquela que se baseia no respeito à todas formas de vida por uma linha de tempo contínua, que seja socialmente justa, equilibrada e estimule a melhoria qualitativa da sociedade dentro de um ambiente ecologicamente equilibrado.

<sup>13</sup> Software de modelagem quantitativa cujo nome é acrônimo para **Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation** (Laboratório de Aprendizagem Experimental com Animação para o Pensamento Sistêmico) desenvolvido e distribuído pela High Performance Systems Corporation Inc. <http://www.hps-inc.com>. Permite a construção de modelos de sistemas dinâmicos e a geração de gráficos, animações e tabelas.

<sup>14</sup> Jogo de computador do tipo simulação, que trabalha em 4D (tridimensional e também a dimensão tempo), desenvolvido pela Máxis e distribuído pela Electronic Arts, cujo objetivo é criar e administrar uma cidade. Baseado na dinâmica de sistemas o jogo permite o acompanhamento no tempo dos diversos padrões de comportamentos de variáveis tais como emprego, população, faixa etária, orçamento, habitação, etc.

## ABSTRACT

VEIGA, Rita de Cássia Gnutzmann. **Urban systems under the focus of environmental education:** a proposal using the game SimCity and the program STELLA. Rio Grande, 2006. Dissertation (Master degree in Environmental Education) Post-Graduation Program in Environmental Education. Fundação Universidade Federal do Rio Grande.

The following work, developed within the research lines of Environmental Education Teaching and Teachers Education (Educação Ambiental Ensino e Formação de Educadores – EAEFE) at the post-graduation program in Environmental Education of the Fundação Universidade Federal do Rio Grande, was based on the problematization of urbanized society with the help of dynamic simulation of the city, in order to contribute for the understanding of the social and urban ecosystems in a way to help building sustainable societies<sup>15</sup>. It consisted of elaborating an instructional material applied in an extension course, to a research group characterized by the diversity of profiles and formations, building a multidisciplinary composition with the participation of the civil society, in the patterns of the participatory urban budgeting, introduced by the Town Law. The proposition was made up of concepts of system dynamics – developed by Jay W. Forrester (1969) – principles derived from studies carried out by the same author on urban dynamics, framework for environmental education studies, and the use of a virtual learning of environment, counting on the computer modeling software STELLA<sup>16</sup> and the simulator *game* SimCity<sup>17</sup>, both were developed under the guidelines of systems dynamics. The method for data collection was observation and recording the interaction and performance of the group in the activities, written accounts by the students as part of the activities in the course, and audio recording of discussions and thoughts stimulated by readings and analysis of the urban and world model. Reserched datas were supported by the method of Qualitative Textual Analysis. Thus, with this educational intent, the goal was to find a new gradient for the study of urban systems, through the ludic language of the computer games together with a quantitative modeling tool. Research has shown that the proposal was able to stimulate discussions in order to problematize several aspects of the present urban society, among them: the social, cultural and economic model, environmental and urban responsibility, etc. Moreover, some mental models of students about the issues covered were also made clear.

Key Words: environmental education, games; urban systems; SimCity; STELLA

---

<sup>15</sup> Those based on respect to life by a continuous line time, with social justice, balanced and to stimulate a qualitative improve in a ecologically balanced environmental.

<sup>16</sup> Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation. Developed and distributed by High Performance Systems Corporation Inc. <http://www.hps-inc.com>.

<sup>17</sup> A 4D-Simulator computer game, (three-dimensional and time dimensions as well) (developed by Máxis and distributed by Electronic Arts, whose aim is to control a city. Based on the systems dynamics, the game can go along with time in the several patterns of behaviour of variables such as: employment, population, age limits, budget, dwelling, etc..

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V426s Veiga, Rita de Cássia Gnutzmann  
Sistemas urbanos sob o enfoque da Educação Ambiental /  
por Rita de Cássia Gnutzmann Veiga – 2006.  
236f.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em  
Educação Ambiental. Fundação Universidade Federal do Rio  
Grande, 2006. “Orientação: Prof. PhD. Arion de Castro Kurtz  
dos Santos”

1. Educação ambiental 2. Games. 3. Sistemas Urbanos. 4.  
SimCity. 5. STELLA. I.Título.

CDU: 371.13:504

Catalogação na Fonte: Elionara Giovana Rech CRB 10/ 1693

*Que é a cidade? Quando começou a existir? Que processos promove? Que funções desempenha? Que finalidade preenche? Não há definição que se aplique sozinha a todas as suas manifestações nem descrição isolada que cubra todas as suas transformações, desde o núcleo social embrionário até as complexas formas da sua maturidade e a desintegração corporal de sua velhice. As origens da cidade são obscuras, enterrada ou irrecuperavelmente apagada uma grande parte de seu passado, e são difíceis de pesar suas perspectivas futuras.*

*Desaparecerá a cidade ou – o que seria outro modo de desaparecimento -, transformar-se-á todo o planeta numa enorme colméia urbana? Podem as necessidades e desejos que impeliram os homens a morar em cidades recuperar, num nível ainda mais elevado, tudo aquilo que Jerusalém, Atenas ou Florença pareciam outrora prometer? Existe ainda uma alternativa real a meio caminho entre Necrópolis e Utopia – a possibilidade de se construir um novo tipo de cidade que, livre das contradições interiores, enriquecerá e incentivará de maneira positiva o desenvolvimento humano?*

(MUNFORD, 2004, p. 9)





# 1 INTRODUÇÃO

*Este capítulo tem por objetivo introduzir os eixos temáticos acerca dos quais este trabalho se desenvolveu, elucidando a trajetória formativa da pesquisadora e os elos conceituais que unem os diversos assuntos abordados por esta pesquisa. O capítulo finaliza-se explicitando os objetivos e questões de pesquisa e a exposição das diretrizes metodológicas utilizadas.*

## 1.1 TRAJETÓRIA DA PESQUISADORA

A escolha do tema de pesquisa está estreitamente vinculada à trajetória profissional e formativa que vem sendo percorrida pela autora a partir do ano de 1992, ainda no curso de Arquitetura e Urbanismo, quando fôra apresentada às tecnologias de desenho auxiliado por computador e aos sistemas operacionais existentes naquela época, tais como DOS<sup>26</sup> e Windows 3.1<sup>27</sup>. A partir de então a tecnologia computacional tem estado presente diariamente na vida profissional e pessoal desta pesquisadora, que procura acompanhar as mais novas tendências no campo da informática buscando atualização sistemática e constante, através de cursos de capacitação e autodidatismo.

Por conta deste interim pelas tecnologias de informação buscou-se atuar, no decorrer da carreira, em atividades ligadas à informática, com a participação em equipes de desenvolvimento de software, prestação de suporte técnico a clientes e a condução de cursos em softwares da área de engenharia e arquitetura, tais como AutoCAD<sup>28</sup> de várias versões, Autodesk MAP<sup>29</sup>, Autodesk Architectural Desktop<sup>30</sup> e AutoBuilder<sup>31</sup>, todos ligados à arquitetura ou ao geoprocessamento.

Assim, foi com grande satisfação que se inicia o trabalho de pesquisa junto ao Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos, orientador deste trabalho, que vem pesquisando, desenvolvendo e publicando trabalhos na área tecnológica, precisamente no campo da informática na

---

<sup>26</sup> DOS é um sistema operacional desenvolvido pela Microsoft Corporation Inc.

<sup>27</sup> Windows 3.1 é uma das primeiras versões do sistema operacional desenvolvido pela Microsoft Corporation Inc.

<sup>28</sup> AutoCAD é um software de desenho auxiliado por computador produzido pela Autodesk Inc.

<sup>29</sup> Autodesk Map é um software de desenho auxiliado por computador direcionado ao geoprocessamento produzido pela Autodesk Inc.

<sup>30</sup> Autodesk Architectural Desktop é um software de desenho auxiliado por computador direcionado ao desenho de arquitetura produzido pela Autodesk Inc.

<sup>31</sup> AutoBuilder é um software de desenho auxiliado por computador voltado para a área de arquitetura produzido pela SKA Automação Industrial Ltda.

educação, com o projeto PROFECOMP<sup>32</sup>, (<http://www.fisica.furg.br/profecomp>), utilizando softwares que aplicam conceitos de dinâmica de sistemas<sup>33</sup> – sendo que o pensamento sistêmico é um dos fundamentos da Educação Ambiental (EA) – e também, no ensino à distância, com a utilização da já popularizada internet, dentro do Projeto Modelciências<sup>34</sup> (<http://www.modelciencias.furg.br>) desenvolvido no Departamento de Física da Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG).

Buscando integrar os saberes obtidos pela formação acadêmica básica em Arquitetura e Urbanismo à EA e à tecnologia de informação, encontrou-se um ponto de convergência entre essas disciplinas: **a dinâmica de sistemas urbanos**.

## 1.2 ALGUNS CONCEITOS ADOTADOS

Antes de iniciar o desenvolvimento da temática pesquisada convém, uma vez que muitos dos termos que vem sendo utilizados nas áreas de estudos que envolvem a dimensão ambiental têm apresentado uma grande diversidade de sentidos e enfoques, explicitar o que se entende, nesta pesquisa, por algumas terminologias utilizadas como segue:

**Capacidade de Suporte** - segundo Odum, (1987) é a capacidade de sustentação de uma área. A quantidade de vários tipos de organismos que podem viver nesta área sem prejudicar os recursos básicos.

**Capitalismo** – adota-se a definição de Lopez Velasco, (2003) a seguir:

Entendo sob ‘capitalismo’ o regime social no qual predomina quantitativamente a relação social de ‘capital’. Esta relação inclui as seguintes características: a) o trabalho assalariado predomina quantitativamente sobre qualquer outra relação trabalhista entre proprietários e não-proprietários dos meios de produção; b) na área da produção e do intercâmbio de produtos predomina quantitativamente a porção daqueles que constituem ‘mercadorias’ (ou seja, produtos produzidos para fins de sua venda e não de seu consumo imediato por seu primeiro dono); c) o motor da produção é a busca da valorização sucessiva de um valor (de troca) dado. (Lopez Velasco, 2003 p. 23)

**Complexidade** – adota-se a definição de Morin, segundo a qual há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis constitutivos do todo, e há um tecido interdependente,

---

<sup>32</sup> Projeto Desenvolvimento e Uso de Ferramentas Computacionais para o Aprendizado Exploratório de Ciências disponível em <http://www.fisica.furg.br/profecomp>.

<sup>33</sup> Dinâmica de Sistemas é um campo de estudos voltado para a compreensão do comportamento dinâmico das variáveis e do sistema como um todo no decorrer do tempo.

<sup>34</sup> MODELCIÊNCIAS é o Portal do projeto Modelagem Computacional Semiquantitativa e Quantitativa na Educação em Ciências do PSPPG - Plano Sul de Pesquisa e Pós Graduação do CNPq. Disponível em <http://www.fisica.furg.br/modelciencias>.

interativo e inter-retroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto, as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si. Por isso, a complexidade é a união entre a unidade e a multiplicidade.

**Complexidade Urbana** – um sistema pode ser complexo em estrutura ou em comportamento. Sistemas que apresentam estruturas simples podem apresentar comportamentos extremamente complexos como os comportamentos caóticos. Também é possível que sistemas estruturalmente complexos apresentem comportamentos matematicamente simples, como crescimento exponencial ou linear. Neste trabalho, considera-se os sistemas urbanos complexos do ponto de vista de suas estruturas.

**Consumo** – absorção ou utilização de determinado produto, tal como consumo de energia e nutrientes, ou consumo de bens industrializados.

**Crescimento** – aumento *quantitativo* de uma determinada estrutura, como por exemplo o que pode ocorrer em um ecossistema urbano, seja em números de indivíduos de uma população, área construída ou ocupação de terras, área atingida por degradação ambiental, etc.

**Desenvolvimento** – entende-se como sendo um processo de mudanças e transformações capazes de melhorar *qualitativamente* estruturas econômicas, políticas, humanas e sociais, incluindo distribuição de renda, acesso à saúde, educação, meio ambiente, liberdade e lazer.

**Desenvolvimento Sustentável** – o desenvolvimento que ao buscar a melhora qualitativa e conjunta dos diversos setores da sociedade humana, como o ambiental, social, cultural, espacial e econômico, atua de forma a não prejudicar o manutenção da qualidade de vida das gerações futuras.

**Dinâmica de Sistemas** - conjunto de técnicas que incluem a modelagem computacional de estruturas sociais ou naturais que auxilia no entendimento de sistemas complexos.

**Ecossistema** – sistema ecológico que engloba partes vivas e não vivas que estão em constante interação, isto é atuam juntas. Como exemplo de elementos vivos pode-se citar o homem, plantas e árvores, e dos elementos não vivos, nutrientes, energia solar, água, etc.

**Meio Ambiente** – neste trabalho as palavras *meio* e *ambiente* foram usadas como sinônimos de *meio ambiente*, que é entendido como sendo o conjunto de elementos interligados, bióticos, abióticos, sociais e culturais que compõe o planeta e a vida como a conhecemos.

**Modelo** – representação simplificada de uma determinada realidade, pode ser um modelo gráfico, um modelo matemático ou uma combinação dos dois métodos como no caso dos *games* de simulação.

**Interdisciplinaridade, Multidisciplinaridade, Transdisciplinaridade** – concorda-se com Domingues (2006), presidente do Instituto de Estudos Avançados Transdisciplinares (IEAT), que entende a *inter* e a *multidisciplinaridade* como formas ainda presas às disciplinas. Na *multi* cada uma trabalha um aspecto do objeto com o seu próprio método. Na *inter* há situações em que uma disciplina adota métodos de uma outra mais antiga, como no caso da Bioquímica, matéria onde houve fusão de campos. Na *transdisciplinaridade* há uma *tentativa* de instaurar uma metodologia unificada. A transdisciplinaridade permitiria ocupar as zonas de indefinição do conhecimento, as áreas de ignorância. Ela tende a ocupar os espaços existentes entre as disciplinas que, segundo o autor, seriam uma conquista histórica permante.

**Paradigma** – é aquilo que os membros de uma comunidade científica partilham e inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma. Por exemplo as Leis de Newton podem ser consideradas um paradigma, (Kuhn, 2000).

**Propriedades Emergentes** – propriedades que resultam da combinação das partes em interação de um sistema, e que não aparecem na análise das partes, apenas em seu conjunto.

**Simulação Computacional** – modelo de uma realidade que apresente um comportamento dinâmico, isto é evolua no decorrer do tempo, de forma que seja permitido o estudo de seu comportamento.

**Sistema** – conjunto de partes que estão conectadas e trabalham juntas.

**Sistemas Complexos** – sistemas que apresentam estrutura ou comportamento complexo.

**Sociedade Sustentável** – sociedade socialmente justa e ecológicamente equilibrada, contemplada por qualidade de vida e responsável individual e coletivamente pela melhoria

contínua e qualitativa em diversas áreas, incluindo cultural, econômica, saúde, ambiental, entre muitas outras, com respeito à todas as formas de vida.

**Sustentabilidade Ambiental** - manutenção de todas as formas de vida atuais e futuras através do equilíbrio entre as atividades humanas em relação à preservação da saúde dos ecossistemas naturais.

### 1.3 DIRETRIZES DO ESTUDO

Nas cidades é que se mostram mais expostas as implicações sócio-ambientais que o modo de sociedade atual, predominantemente capitalista e globalizada, vem sendo submetida. É nas cidades que está a maior parte da população mundial.

As cidades são sistemas sociais, e as redes sociais, segundo Capra (2002) são redes que apresentam um “padrão não-linear, de organização, de maneira que os conceitos desenvolvidos pela teoria da complexidade, como os elos de realimentação (*feedback*) ou surgimento espontâneo (*emergence*), provavelmente encontrarão aí a sua aplicação.”

(CAPRA, 2003 p. 93) Ainda com relação aos sistemas sociais Capra (2003) coloca o seguinte:

As redes sociais são antes de mais nada redes de comunicação que envolvem a linguagem simbólica, os limites culturais, as relações de poder e assim por diante. Para compreender as estruturas dessas redes, temos que lançar mão de idéias tiradas da teoria social, da filosofia, da ciência da cognição, da antropologia e de outras disciplinas. Uma teoria sistêmica unificada para a compreensão dos fenômenos biológicos e sociais só surgirá quando os conceitos da dinâmica não-linear forem associados a idéias provindas desses outros campos de estudo. (CAPRA, 2003 p. 94)

Uma vez que as cidades ou sistemas urbanos apresentam comportamento e estruturas tão complexas e com tantas variáveis envolvidas, em uma busca por sociedades sustentáveis, não basta aos planejadores, cidadãos e gestores uma visão tradicional do planejamento ambiental-urbano onde zoneamento e planejamento de infraestrutura física são geralmente as prioridades eleitas dentro de um modelo tecnocrático de projeto urbano.

A visão tecnocrática dos planos e do processo de elaboração das estratégias de regulação urbanística completa o quadro. Isso significa o tratamento da cidade nos planos como objeto puramente técnico, no qual a função da lei é estabelecer padrões satisfatórios, ignorando qualquer dimensão que reconheça conflitos, como a realidade da desigualdade de condições de renda e sua influência sobre o funcionamento dos mercados urbanos. (BRASIL, 2001 p. 25)

Analisando os estudos feitos por Forrester (1998) em dinâmica urbana, percebe-se que atacar problemas como falta de saneamento ou déficit de habitações populares são propostas

humanitárias muito bem intencionadas, mas, que ao se pensar a longo prazo, é possível imaginar que o sistema urbano provavelmente irá apresentar um comportamento semelhante ao dos sistemas vivos – e até pode ser considerado como tal – e irá responder com mais crescimento populacional gerando novamente demanda por habitações, saneamento e emprego.

Através do planejamento, estudos ou análises urbanas sob um enfoque ambiental sistêmico e participativo pode-se aprender a ver a cidade como um sócio-ecossistema urbano dinâmico, pertencente a outros sistemas maiores como uma região ou um país e a partir daí ter-se melhores condições de implementar ações que verdadeiramente melhorem qualitativamente e de forma sustentável essas áreas, atendendo humanitariamente as populações envolvidas.

Com a compreensão da complexidade desse espaço e de sua inter-relação com os ambientes naturais e agropecuários têm-se melhores condições para que sejam tomadas decisões mais coerentes com os objetivos buscados, que incluem o desenvolvimento de sociedades sustentáveis, ao invés de decidir intuitivamente, baseados na aparente, e muitas vezes equivocada, relação linear de causa e efeito, que acaba por gerar conseqüências muitas vezes opostas ao que se buscava ao se fazer uma determinada intervenção.

Faz-se extremamente importante ressaltar e trabalhar essa visão da cidade como um sistema dinâmico com estudantes de cursos que poderão envolver-se em um planejamento urbano-ambiental transdisciplinar como os de direito, pedagogia, etc., além daqueles pertencentes aos cursos que tradicionalmente enfocam questões urbano-ambientais como os de arquitetura e urbanismo ou os de geografia urbana. Além destes, é de fundamental importância, com o advento da criação e revisão de Planos Diretores de forma participativa, que cidadãos em geral possam obter os mesmos esclarecimentos e a visão crítica desejada para os primeiros, se o objetivo é educar a sociedade para a sustentabilidade ambiental ou seja, desenvolver sociedades sustentáveis. Esse tipo de ação, sem dúvida, situa-se no âmbito da **EA**.

### **1.3.1 Educação Ambiental e Planejamento Urbano**

A recomendação de número 8 do documento resultante da conferência realizada em Tbilisi sobre Educação Ambiental em 1977 chama atenção para algumas classes de profissionais que devem receber uma atenção especial em sua formação como segue:

Setores da população aos quais está destinada a Educação Ambiental:

1 – educação do público em geral;

2 – grupos profissionais ou sociais específicos, especialmente aqueles que tenham repercussões importantes no meio ambiental – engenheiros, arquitetos, administradores e planejadores industriais, sindicalistas, médicos, políticos e agricultores. Diversos níveis de educação formal e não-formal deverão contribuir para essa formação.

3 – A formação de determinados grupos de profissionais e cientistas: essa formação está destinada a quem se ocupa de problemas específicos do meio ambiente – biólogos, ecólogos, hidrólogos, [...]engenheiros, arquitetos, oceanógrafos, [...], etc – e deve compreender um componente interdisciplinar.

(Algumas Recomendações da Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental aos Países Membros - Recomendação nº 8 - Tbilisi, CEI, de 14 a 26 de outubro de 1977 )

Considerando que, no Brasil, os profissionais que trabalham com planejamento urbano são tradicionalmente formados nos cursos de arquitetura e urbanismo, ou seja, em uma formação que agrupa a função de arquiteto à de urbanista, a recomendação de Tbilisi se aplica com muita propriedade a projetos que visem atingir arquitetos urbanistas em formação, mas, ao se pensar em um tipo de planejamento/gestão urbano-ambiental que se oriente pelos preceitos da transdisciplinaridade<sup>35</sup> e participação social proposta pela EA, estes projetos devem ser ampliados de forma a incluir cidadãos em geral bem como todo tipo de profissional que possa contribuir direta ou indiretamente com enfoques diferenciados e diversificados da temática.

Lefébvre (2002) faz, em suas próprias palavras uma “crítica radical (no plano teórico)” ao urbanismo afirmando que esta atividade estaria mais próxima da ilusão quando se autodenomina arte e ciência, técnica e conhecimento. Diz Lefébvre:

Existem diversos urbanismos, o dos humanistas, o dos promotores imobiliários, o do Estado e dos tecnocratas. Os primeiros propõem utopias abstratas; os segundos vendem urbanismo, ou seja felicidade, ‘estilo de vida’, ‘*status*’; quanto aos últimos, sua atividade, assim como a do Estado, dissocia-se em vontade e representação em instituições e ideologias. As pressões simultaneamente exercidas pelos dois aspectos do urbanismo estatista em nada lhe conferem o caráter unitário e a organização coerente que ele próprio se atribui. Poder-se-á objetar: ‘sem os urbanistas seria o caos’. Ora, exatamente, é o caos, sob uma ordem imposta. O pensamento urbanístico, na ausência de um método apropriado (dialético), não pôde dominar o duplo processo, altamente complexo e conflitual: industrialização-urbanização. (LEFÉBVRE, 2002 p.139)

É necessário fazer uma reestruturação nas formas de pensar o planejamento urbano-ambiental contemplando a dialética, a participação popular e a transdisciplinaridade, de forma a se estudar o espaço urbano de maneira sistêmica permitindo uma melhor compreensão das inter-relações existentes entre os diversos setores que envolvem um ecossistema urbano.

Com o auxílio da dinâmica de sistemas, podemos passar a ver a cidade não como uma “ilha urbana”, mas como um sistema vivo com um conjunto de variáveis interligadas e estreitamente relacionadas – uma rede – onde qualquer decisão que diga respeito a alguma delas se refletirá nas demais e no comportamento do sistema – a cidade ou região – como um todo.

Lefébvre, afirma ainda que por o urbanismo pretender substituir e suplantar a *prática* urbana, ele *não a estuda*.

Para o urbanista, essa prática é, precisamente um campo cego. Ele vive nele, nele se encontra, mas não o vê, e menos ainda o compreende como tal. Ele substitui,

---

<sup>35</sup> Método de estudos científicos que procura ir além das disciplinas, de forma a permitir a ocupação de zonas onde exista indefinição do conhecimento, ou seja, que permita preencher os espaços entre as disciplinas buscando instaurar uma metodologia unificada.

tranquilamente, a práxis por suas representações do espaço, da vida social, dos grupos e de suas relações. Ele não sabe de onde tais representações provêm, nem o que elas implicam, ou seja, as lógicas e as estratégias a que servem. Se sabe isso é imperdoável, e sua cobertura ideológica se rompe, deixando aparecer uma estranha nudez. (LEFÉBVRE, 2002 p. 141)

A temática urbana, estudada pela autora de forma tradicional no curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo (Universidade da Região da Campanha de 1990 a 1996) (<http://www.urcamp.tche.br>), tanto em disciplinas quanto através de atividades práticas realizadas no decorrer da vida acadêmica tais como o *Diagnóstico para a Elaboração do Primeiro Plano Diretor do Município de Candiota* (VEIGA *et al.*, 1993) e *Evolução Urbana do Centro de Bagé* (VEIGA *et al.*, 1992), permite um entendimento das questões levantadas por Lefévre (2002), de maneira que se torna inconcebível não concordar com o autor, e não buscar aprimorar as formas tradicionais de planejamento urbano com a utilização de novos métodos de estudo e planejamento deste ambiente. Essa formação em arquitetura e urbanismo, juntamente com a crítica aos modelos tradicionais de planejamento urbano vem complementar os três eixos que norteiam esse trabalho: **Educação Ambiental, tecnologia de informação** como ferramenta de auxílio à aprendizagem e **dinâmica de sistemas**.

### 1.3.2 Educação, Tecnologia, Ambientes de Aprendizagem e Simulação

De acordo com Seabra (1994), “não há máquina que substitua o professor, e quando isso ocorre é porque o professor o merece”. Tecnologia educacional para este autor, está em utilizar, por exemplo, “uma lata de água com um pedaço de madeira e uma pedra para explicar a flutuação dos corpos”. Em contrapartida para ele, nada há de tecnologia ao “simplesmente apertar um botão de um vídeo sobre o assunto e deixar que os alunos o assistam passivamente”. (SEABRA, 1994 p. 5). Sobre este assunto, o mesmo autor comenta:

Isso nos aponta para a formação de um novo educador. Por mais que pensemos em utilizar o vídeo, o computador ou mesmo o velho e bom quadro-negro, é na formação do professor que desenvolveremos a tecnologia educacional, preparando líderes, mediadores e estimuladores, mais do que detentores de determinados conhecimentos. O professor do final do século deve saber orientar os educandos sobre onde colher a informação, como tratar essa informação, como utilizar a informação obtida. Esse educador será o encaminhador da autoformação e o conselheiro da aprendizagem dos alunos, ora estimulando o trabalho individual, ora apoiando o trabalho de pequenos grupos reunidos por área de interesses. (SEABRA, 1994 p. 5)

Para conseguir uma formação educacional compatível com a realidade tecnológica atual, deve-se soltar as amarras *conteudistas* e ter em mente que mais do que quantidade de informação – disponível em toda parte com o advento do ciberespaço - os alunos precisam aprender a “pensar”, a gostar de utilizar o intelecto e a ter gosto pela pesquisa de forma que eles próprios tenham condições de buscar o conhecimento que carecem ou que desperta seu interesse. A esse respeito, Seabra (1994) sustenta que:

Há que transformar a sala de aula num ambiente interativo facilitador da aprendizagem. Uma espécie de bolha no espaço-tempo que leve a classe a navegar pela história da humanidade, pelas galáxias e pelos mundos microscópicos, onde calcular e argumentar sejam as ferramentas de interação lúdica entre os alunos e seus objetos de reflexão e pesquisa.(SEABRA, 1994 p. 5-6).

Normalmente, quando se fala na inserção da tecnologia de informação na educação aparecem argumentos que fazem referência ao baixo poder de investimento das escolas públicas, à falta de estrutura física, merenda escolar ou salários baixos de professores. Isto tudo são realmente dificuldades que o Brasil enfrenta sem dúvida, porém é de suma importância a consciência de que, segundo Seabra (1994), “é apenas com muita e da melhor tecnologia que evitaremos uma clivagem social ainda maior entre a escola pública e a privada [...]” (ou entre o Brasil e as nações do hemisfério norte).

Levy (1997), chama a atenção para três constatações que qualquer reflexão séria a respeito de diretrizes educacionais deve levar em conta, partindo do princípio da grande mutabilidade que a relação com o saber sofre na atualidade. A primeira delas, diz respeito à “velocidade do surgimento e da renovação dos saberes e do *Know-how*”, o que acarreta a situação de que “a maior parte das competências adquiridas por uma pessoa no começo de seu percurso profissional serão obsoletas no final de sua carreira. (Levy, 1997 p. 1)”. No caso da arquitetura e do urbanismo, por exemplo, há pouco menos de 10 anos os projetos eram confeccionados com canetas a nanquim, esses profissionais tiveram que passar por uma atualização pesada para migrar para sistemas computadorizados, e os que resistiram à mudança, possivelmente estão, ou em breve estarão, “fora do mercado” o que acaba se tornando uma forma de exclusão social. Da mesma forma os materiais e tecnologias de construção estão constantemente mudando, e o que se entendia como certo ou como lei imutável para uma forma de se fazer determinada atividade, hoje pode estar totalmente obsoleta. A segunda constatação é de que na nova natureza do trabalho, trabalhar “equivale cada vez mais a aprender, transmitir saberes e produzir conhecimentos”. (Levy, 1997 p. 1). E a terceira constatação nos mostra como a questão da “cybercultura” se insere na educação da seguinte maneira:

[...] o ciberespaço suporta tecnologias intelectuais que ampliam, exteriorizam e alteram muitas funções cognitivas humanas: a memória (banco de dados, hipertextos, fichários digitais [numéricos] de todas as ordens), a imaginação (simulações), a percepção (sensores digitais, telepresença, realidades virtuais), os raciocínios (inteligência artificial, modelização de fenômenos complexos). (LEVY, 1997 p. 1).

Devido a essa dinâmica, propiciada pela tecnologia, a informação está descentralizada, permitindo a alunos acessá-la *de* e *em* qualquer lugar do mundo. Porém, com essa quantidade de informação disponível, que é produzida em tamanha quantidade que nem mesmo durante

uma vida toda ter-se-á condições de internalizá-la na íntegra, o aluno precisa *aprender a aprender*. Ter condições de selecionar informação, processar essa informação e adaptá-la aos seus interesses, ou seja: *precisa desenvolver o pensamento crítico*. Essa mesma dinâmica e velocidade de produção de informação acabam por gerar também cada vez mais uma impossibilidade de se planejar e homogeneizar conteúdos que sejam compatíveis com todo mundo por todo o tempo. O que decorre disso é que cada vez mais educadores devem ter condições de acompanhar essa dinâmica e falar uma *linguagem* compatível com a de seus alunos. “Esse uso do computador exige, mais que nunca, um professor preparado, dinâmico e investigativo, pois as perguntas e situações que surgem na classe fogem do controle pré-estabelecido do currículo. Essa é a parte mais difícil no uso desta tecnologia”. (SEABRA, 1994 p. 6).

Frente a todas essas questões, os ambientes de aprendizagem tais como os softwares de modelagem, STELLA, por exemplo, e os jogos de simulação como o SimCity, se mostram como uma alternativa para introduzir em sala de aula a linguagem contemporânea que o ciberespaço propiciou, estimulando a criatividade, o trabalho cooperativo, a produção de conhecimento individual, e a auto-construção de conhecimento. Com relação aos jogos de computador, nos diz Seabra (1994):

Dois exemplos de jogos que permitem a criação de interessantes contextos de aprendizagem são a série *Where is Carmen Sandiego* (para geografia e história) e *SimCity* (urbanismo e meio-ambiente) – ambos possuem capacidade de utilização ao longo de várias aulas, rico material de apoio, possibilidade de integração com outras mídias (vídeos, desenhos, redações) e permitem atividades multidisciplinares envolvendo professores de diversas áreas.(SEABRA, 1994 p. 7 grifo nosso).

De acordo com Forrester (1991), o sistema educacional tem estado ensinando através de fotografias estáticas do mundo real. A mente humana percebe imagens, mapas e relações estáticas de uma forma maravilhosamente efetiva. Mas em sistemas de componentes interativos que se alteram através do tempo, a mente humana é um pobre simulador de comportamentos dinâmicos. Contudo, mesmo um estudante iniciando o ensino médio com um computador pessoal e **aprendizagem em comportamentos dinâmicos** pode avançar notavelmente no *entendimento* de sistemas complexos, como o próprio autor já comprovou em diversos estudos envolvendo crianças, estudantes do ensino fundamental e médio, com o projeto de educação Road Maps do MIT que utiliza-se da dinâmica de sistemas, (disponível em <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>).

### 1.3.3 O Enfoque Sistêmico e a Dinâmica de Sistemas

De acordo com Checkland (1999), duas correntes de estudo aparecem dentro do enfoque sistêmico: a de sistemas concretos ou duros (*Hard Systems*) e a de *sistemas* conceituais (*Soft Systems*). A diferença fundamental entre eles está na visão que o observador

tem do mundo. O observador “*Hard*” vê o mundo como um conjunto de sistemas e subsistemas que interagem e que podem ser reorganizados caso não funcionem muito bem e o observador “*Soft*”, percebe o mundo como sendo muito complexo, problemático e misterioso, mas que, entretanto pode ser organizado como um “sistema de aprendizagem”.

Alguns autores consideram que a corrente “*Hard*” é apropriada para questões que tenham uma abordagem técnica mais definida - como é o caso da engenharia de sistemas - e que a abordagem “*Soft*” seria mais adequada para situações menos definidas como atividades humanas sociais e culturais. “Isto não é uma *inverdade*, mas não define a diferença entre pensamento sistêmico “*hard*” e “*soft*”. A definição se origina de como a palavra “sistema” é usada, que é da atribuição de sistemicidade.” (CHECKLAND, 1999, p.A10, tradução nossa<sup>36</sup>)

Um dos métodos utilizados para aprendizagem ou resolução de problemas no enfoque sistêmico é a modelagem. “Um modelo é o diagrama que mostra importantes relações em forma simplificada”. (ODUM, 1987 p.5)

Com relação aos sistemas *dinâmicos* – tais como os ecossistemas urbanos, por exemplo – Forrester (1995) afirma que nossa mente possui limitações na construção de modelos mentais deste tipo de sistema.

A mente humana é bem adaptada para construir e usar modelos que relacionam objetos no espaço. É excelente para manipular modelos associados com palavras e idéias, quando confrontada com sistemas tecnológicos e sociais, mas não é adequada para construir e interpretar modelos dinâmicos que representam mudanças através do tempo em sistemas complexos. (FORRESTER, 1995 p.32 tradução nossa).

Devido a essas limitações da mente humana, que atrapalham a comunicação dos modelos/representações mentais a outras pessoas e pela dificuldade de se manipular todas as facetas de um sistema complexo na mente, o que acaba por gerar fragmentações em subsistemas da realidade, é que a utilização de ferramentas de modelagem ou simulação mostram-se excelentes recursos para solucionar essa lacuna.

Com base nos preceitos desenvolvidos por Forrester foram criados softwares de modelagem quantitativa, semiquantitativa e softwares de simulação. Entre os softwares que utilizaram esses princípios e que possuem potencial como ferramentas educativas, pode-se citar: IDONS<sup>37</sup>, VISQ<sup>38</sup>, STELLA e o *game* de simulação SimCity que trata justamente da

---

<sup>36</sup> A expressão “*tradução nossa*” é recomendada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através da norma NBR 10520:2002 item 5.8, para citações de língua estrangeira traduzidas pelo autor do trabalho.

<sup>37</sup> Software de modelagem qualitativa com a utilização de figuras geométricas – ídones - tais como hexágonos.

<sup>38</sup> Software de modelagem semiquantitativa desenvolvido pelo Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos – Universidade Federal de Rio Grande. <http://www.fisica.furg.br/modelciencias>

questão urbana e que, segundo Morato (2005) foi desenvolvido por um ex-aluno de Jay Forrester, *Will Wright*.

Softwares de modelagem, tais como IDONS, VISQ ou STELLA, apesar de não terem em sua interface a riqueza de detalhes e o atrativo oferecido por um *game*, permitem fazer representações que possibilitam a visão do todo, da complexidade do fenômeno, considerando tempo e espaço. Os modelos externalizados permitem aprimoramento de conceitos e a própria reformulação dos modelos mentais, que podem então entrar em um processo de construção através do entendimento das diversas variáveis interligadas no processo em estudo.

Depois que Forrester (1973) desenvolveu os estudos em dinâmica urbana, ele aplicou os conceitos da dinâmica de sistemas a um modelo global, (Modelo de Mundo) que produziu reações ambientalistas no mundo todo a partir das análises feitas com base neste modelo. O autor relata o seguinte:

Em 29 de junho de 1970, eu compareci a uma reunião do Clube de Roma em Bern, na Suíça. O Clube de Roma é um grupo privado contabilizando cerca de 75 membros provenientes de muitos países que se uniu para encontrarem juntos, caminhos para compreender melhor as alterações que estão ocorrendo agora no mundo. Os membros atuam como cidadãos no âmbito privado. Eles não estão em posições de tomada de decisões governamentais. Sua orientação é ativista, isto é, eles desejam fazer mais do que estudar e entender. Eles desejam desvelar o curso dos eventos humanos de forma que possa ser transmitido aos governos e pessoas para influenciar a tendência de aumento populacional, aumento de poluição, maior adensamento, e crescimento de conflito social. (FORRESTER, 1973 p. x<sup>39</sup> tradução nossa).

A **modelagem computacional** de sistemas urbanos pode, a exemplo do projeto desenvolvido pelo Clube de Roma, ajudar a prever cenários possíveis de crescimento das cidades a partir do ritmo de crescimento passado e atual. Com isso, se pode planejar a médio e longo prazo ações que considerem essas projeções feitas com o objetivo de estudos e auxílio para tomada decisão e não, naturalmente, feita com pretensões de “oráculo”, uma vez que o próprio resultado da modelagem pode vir a mudar o rumo que o comportamento dinâmico irá tomar.

### 1.3.4 Modelagem Computacional para Sistemas Dinâmicos

Existem basicamente três tipos de ferramentas de modelagem computacional: as qualitativas, semiquantitativas e quantitativas.

---

<sup>39</sup> O fragmento de texto de autoria de Forrester foi destacado do Prefácio da 2ª edição do livro *World Dynamics* - 1973, cujas páginas são em números romanos.

As ferramentas *qualitativas* se destinam ao desenvolvimento de modelos sem a necessidade da utilização de equações matemáticas ou determinação de valores quantitativos às variáveis em estudo. Um exemplo de software qualitativo é o “IDONS *for thinking*”, que associa uma idéia ao uso de figuras (ícones), como hexágonos, por exemplo, agrupando as variáveis do sistema em estudo de acordo com a relação entre elas.

A construção de mapas conceituais com ícones é o processo de tornar modelos tácitos visíveis e disponíveis para análise de todas as pessoas. Os hexágonos adicionam dimensões de flexibilidade e velocidade ao rearranjo constante que acontece quando o pensamento criativo se faz visível. A modelagem qualitativa está presente principalmente na fase de desenvolvimento do modelo conceitual. É quando o modelador pensa sobre as principais entidades e como estas devem estar relacionadas. (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p. 6)

Um passo a frente no processo de modelagem poderá ser dado utilizando uma ferramenta *semiquantitativa* – como o software VISQ, por exemplo. Nesta fase, o modelador tem condições de visualizar gráficos que mostram o comportamento do sistema. É possível, de forma bastante intuitiva, a construção das relações entre variáveis, com elos de realimentação e escalas de maior ou menor influência de umas sobre as outras.

Já as ferramentas *quantitativas* de modelagem trabalham mais fortemente com o conceito de taxas e níveis entre as variáveis do sistema dinâmico em estudo, mostrando o comportamento do sistema no tempo. Aqui, já se faz necessário, ao menos para a geração de gráficos, a inserção de quantificações e equações. O software STELLA, um exemplo deste tipo de ferramenta, cria automaticamente uma série de equações dependendo da relação entre as variáveis do sistema construído pelo usuário.

A utilização dos três sistemas de modelagem em conjunto, de forma didático-evolutiva mostra-se bastante promissor *no desenvolvimento* de modelos mentais (para compreensão, análise e pesquisa) e também na *construção do conhecimento educativo* pelo usuário acerca de um determinado tema como o ambiental, por exemplo.

Uma das questões que parecem criar uma certa dificuldade no uso dos softwares mais conhecidos para estudo da dinâmica de sistemas é a pouca atratividade que eles podem ter a alunos jovens. Os ambientes, apesar de poderosos e bem delineados, são “áridos” e técnicos, além de utilizar um bom número de equações matemáticas em nível de usuário, como no caso do STELLA, isto é, o usuário necessita manipular algumas equações para simular comportamentos no modelo.

As limitações mencionadas no parágrafo anterior fizeram com que se procurasse uma ferramenta atrativa, que falasse a “língua” da geração jovem de alunos, que fosse lúdica e permitisse trabalhar a visão sistêmica e a dinâmica do ambiente urbano, sob uma ótica da EA, na formação de profissionais que se dedicam aos estudos urbanos. Ao pesquisar-se ferramentas computacionais que atendessem a essas condições, objetivando a introdução da **dinâmica de sistemas na educação**, encontrou-se um *game*<sup>40</sup>, o **SimCity**.

---

<sup>40</sup> Expressão da língua inglesa que designa os jogos de computador, utilizada neste trabalho por ser a expressão mais comumente utilizada pelos usuários de jogos.

### 1.3.5 A Dinâmica de Sistemas na Educação e o *Game SimCity*

Segundo artigo publicado no *site* da *Computer History Foundation* (2004), a proposta de Forrester para a educação auxiliada por computadores persegue uma visão de mundo mais global, que se inicia pelo conhecimento e estudo de estruturas genéricas que podem ser encontradas em diferentes negócios, profissões, e situações da vida real. De acordo com o mesmo artigo, Forrester afirma que esta forma de educação provocaria uma transferência de percepções entre diferentes contextos que por sua vez conduziriam à derrubada dos muros que separam as diferentes disciplinas (o que poderia levar à transdisciplinaridade na educação). *Games* como *SimCity*, e os demais da série que Forrester inspirou, seriam grandes aliados às estratégias que a dinâmica de sistemas propõe. Algumas das deficiências que Forrester, segundo a *Computer History Foundation* (2004), veria na educação seriam plenamente atendidas pelos *games* de simulação como *SimCity*.

Um tratamento direto da dimensão temporal está ausente na maior parte da educação. Que causas alteram a partir do passado para o presente e o presente para o futuro? Como políticas de tomada de decisão presentes determinam o futuro para o qual nós estamos nos dirigindo? Como as lições da história são interpretadas no presente? [...] Programas de educação convencional raramente oferecem tal entendimento. Respostas a questões sobre como as coisas mudam através do tempo recaem no comportamento dinâmico dos sistemas sociais, pessoais, e físicos. O comportamento dinâmico comum para todos os sistemas, pode ser ensinado como tal. (FORRESTER, 1991 p. 10)

Segundo Henn (2005), a base original de todos os jogos foi a simulação, e apesar de atualmente existirem diversas categorias de *games* tais como ação/aventura, estratégia, esportes, luta/combate, RPG<sup>41</sup>, *Shooters* (tiro), no fundo todos são simuladores. *SimCity* encontra-se na categoria simulação. Segundo o autor, os jogos desta categoria:

São jogos que **estimulam a visão sistêmica, global**. Por exemplo, alguns *managers* (como se chamam os simuladores de administração de times de futebol) exigem além de entender do esporte, colocando o melhor esquema e os melhores atletas, que o jogador entenda de finanças, fazendo contratos de patrocínios e de salários com os atletas, saiba negociar vendas, trocas e compras de atletas, e ainda entenda de psicologia esportiva [...], caso tenha de punir algum subordinado por indisciplina em campo. Já em jogos como **SimCity**, simulador de cidade, é preciso entender um pouco de arquitetura e urbanismo, para planejar onde ficará a zona rural, a zona industrial, o comércio, as residências, os órgãos do governo, etc...Ter noção de administração pública [...], cobrando impostos altos ou baixos e sabendo onde aplicá-los. Ter controle sobre violência, empregabilidade e até de crescimento populacional da cidade. (HENN, 2005 p. 5-6 grifo nosso).

De acordo com Morato (2005), os jogos de Will Wright, nome que não seria muito conhecido pelos usuários de videogame, mas que teria suas criações entre as mais vendidas do mundo, teriam iniciado com seu primeiro projeto, o *SimCity*, na década de 80 quando ainda era aluno de urbanismo de Jay W. Forrester no MIT<sup>42</sup> (<http://web.mit.edu/sysdyn/index.html>). De acordo com Lobo & Schooler (2004), Wright e Braun

---

<sup>41</sup> Acrônimo para Role-Playing Games. São jogos de computador em que o jogador encena um personagem que passa a ser ele próprio.

<sup>42</sup> Massachusetts Institute of Technology.

fundaram a empresa Maxis, que teria partido do interesse de ambos por dinâmica de sistemas. Lobo & Schooler (2004), comentam ainda que o “pai fundador” do campo da dinâmica de sistemas e que seria um “leigo” em planejamento de cidades, professor de administração do MIT Jay W. Forrester consagrou a moderna simulação computadorizada em seu livro *Urban Dynamics*, originalmente publicado em 1969. Forrester (1998) teria tentado refutar concepções populares sobre o porquê da deterioração de cidades, demonstrando através de um modelo computacional que contemplava relações entre indústria, habitação e população, que políticas de habitação popular em Boston por vezes estariam de fato agravando o desemprego. Ao invés de simples intuição sobre política urbana que tratava sintomas ao invés de causas de decaimento urbano, seu livro defendia um equilíbrio, uma avaliação multivariada de condições existentes e de que maneira elas poderiam flutuar com alterações em variáveis tais como capacitação para emprego, novos empreendimentos e habitação para baixa-renda. Na visão dos mesmos autores, se a proposta de Forrester (1969) não foi totalmente sucedida, foi devido ao fato de que nem todos os comportamentos puderam ser modelados e por causa da ampla escala das hipóteses, que até mesmo para um pequeno sistema são difíceis de prever. O modelo de Forrester aplicaria dados estatísticos para a cidade como um todo ao invés de tratar seus efeitos mais localizados, como por exemplo, na hipótese de o modelo ser aplicado em políticas direcionadas ao dimensionamento da força policial, onde apareceria a taxa do total de crimes para o número de policiais empregados na cidade como um todo ao invés de focar nas diferenças de cobertura policial e tendências criminosas em determinados bairros. Versões mais antigas de SimCity usam quantificações gerais também, mas SimCity 4 corrige este problema, uma vez que o jogador tem a noção do raio de ação que determinado serviço atinge. Lobo & Schooler (2004) contam que o produtor de SimCity 4 diz: “nós procuramos a melhor localização; então os locais onde você colocou suas escolas fazem a diferença”. (KEVIN HOGAN, apud LOBO & SCHOOLER 2004, p. 1 *tradução nossa*).

Com base nas questões anteriormente expostas, este trabalho objetivou consolidar uma proposta para a introdução do pensamento sistêmico, na formação de cidadãos envolvidos em planejamento e/ou gestão urbana, apoiando-se na dinâmica de sistemas e na utilização de tecnologias contemporâneas de fácil assimilação e acesso.

## 1.4 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

Partiu-se do pressuposto de que o planejamento urbano deve ser participativo e transdisciplinar, ou seja, capaz de transpor limites entre as diversas disciplinas que compõe o assunto, fundamentalmente seguindo-se as diretrizes da EA e do Estatuto da Cidade<sup>43</sup>. Desta forma, a proposta - que originalmente seria focada na educação formal de arquitetos e geógrafos - evoluiu para a seleção de um grupo de pesquisa heterogêneo, com idades e graus de formação diversos, transformando-se em uma proposta que tanto pode ser direcionada à educação formal quanto à educação não-formal, caso seja destinada à sociedade civil

---

<sup>43</sup> Lei federal nº 10.257 de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais de desenvolvimento urbano, exigida constitucionalmente, que regulamenta os instrumentos de política urbana que devem ser aplicados pela União, Estados e especialmente pelos Municípios

envolvida na elaboração ou revisão de Planos Diretores participativos, que é o instrumento legal de planejamento urbano.

#### **1.4.1 Objetivo Geral da Pesquisa**

Desenvolver uma proposta educativa capaz de introduzir a compreensão sistêmica na formação de cidadãos envolvidos em planejamento urbano-ambiental a partir do aprofundamento teórico em dinâmica de sistemas urbanos e EA. Analisar os padrões resultantes da interação do grupo de pesquisa com o material instrucional e os softwares STELLA e o *game* SimCity, objetivando validar a proposta como ferramenta de EA capaz de despertar o entendimento acerca da complexidade dos sistemas urbanos e a visão crítica a respeito da lógica capitalista dominante nas cidades que se reflete tanto nos modelos urbanos quanto no *game* utilizados.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

São os seguintes os objetivos específicos:

- a. Encontrar meios, ligados à tecnologia de informação, que possibilitem a construção de conhecimento por alunos e professores em um processo de mediação, no que diz respeito à compreensão dos processos dinâmicos e sistêmicos que caracterizam os sistemas urbanos, sob a ótica da EA.
- b. Preparar material instrucional, tendo como base o software STELLA e o *game* SimCity, direcionado ao grupo selecionado para pesquisa com a finalidade de contribuir com uma proposta educativa voltada para a problematização e o entendimento de questões que digam respeito à sustentabilidade ambiental, tais como a inserção do pensamento sistêmico e a complexidade.
- c. Analisar as interações de alunos com o material instrucional proposto, de forma a auxiliar a avaliação da efetividade do método como processo didático capaz de estimular a reflexão à respeito das questões ambientais-urbanas e o entendimento da complexidade sistêmica de sua estrutura dinâmica.

#### **1.4.3 Grupo de Pesquisa**

O grupo selecionado para a pesquisa, que inicialmente seria composto por estudantes de arquitetura ou geografia, foi diversificado extrapolando essas formações restritas e tradicionalmente responsáveis pelo planejamento urbano, de forma a incluir profissionais de áreas diversas a fim de buscar transpor limites entre disciplinas avaliando o comportamento de diversos perfis de formação frente à proposta, incluindo participação de representantes da

sociedade civil, como forma de testar a eficiência do material com diferentes públicos. Os métodos utilizados para seleção, bem como o perfil resultante do grupo, está detalhado no Capítulo IV - Discussão dos Resultados.

#### 1.4.4 Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa são as seguintes:

- a. A proposta educativa, elaborada nesta pesquisa, tem a capacidade de estimular discussões problematizadoras que conduzam ao entendimento da complexidade dinâmica dos sistemas urbanos despertando a visão crítica a respeito das estruturas sociais capitalistas de forma que se possa trabalhar conceitos sobre a viabilidade do desenvolvimento sustentável neste modelo?
- b. Que conceitos internalizados (modelos/representações mentais), podem emergir a partir da experiência com a proposta educativa que apontem indícios de como os alunos interpretam as diversas inter-relações urbanas?
- c. Como vem sendo abordada a questão ambiental na educação formal dos profissionais e cidadãos do meio urbano?
- d. Pode-se construir uma proposta educativa, através de material instrucional com utilização do SimCity e STELLA, que leve o aluno a refletir sobre as limitações impostas pelo modelo econômico vigente? Qual a estrutura desse material instrucional?

#### 1.4.5 Justificativa do Estudo

A modelagem ou a simulação computacional pode estimular a reflexão e (re)formulação de conceitos sobre determinada temática que seja baseada em sistemas dinâmicos, por auxiliar o aluno a manipular diversas variáveis simultaneamente, o que se mostra difícil de ser feito mentalmente.

As modificações que ocorrem nos centros urbanos são estruturalmente dinâmicas e complexas. Para compreender essa complexidade dinâmica, as ferramentas de modelagem ou de simulação computacional se mostram extremamente úteis.

Nos sistemas urbanos, a Modelagem pode ser do tipo físico-espacial ou conceitual. A primeira modela com auxílio de ferramentas computacionais do tipo CAD (Computer Aided Design – Desenho Auxiliado por Computador) e auxílio de imagens de satélite georeferenciadas com sistemas do tipo SIG (Sistema de Informações Geográficas), e têm a finalidade de analisar e planejar fisicamente espaços urbano-ambientais. Já na modelagem conceitual a preocupação é analisar variáveis e suas evoluções temporais a fim de prever ou compreender o comportamento dinâmico. Este trabalho se concentra no estudo dos ecossistemas urbanos sob o enfoque da dinâmica de sistemas criada por Jay W. Forrester. Forrester (1973), provocou uma revolução de conceitos com o estudo conhecido como *Modelo de Mundo*. Este modelo mostra que ao seguir os padrões da época do estudo com relação às variáveis tais como utilização de recursos naturais, qualidade de vida, população,

investimento de capital e poluição, a qualidade de vida começaria a decair em 1950 a ponto de que em 2020 diminuiria de tal maneira que geraria uma pressão capaz de reduzir gradualmente a população mundial. Forrester (1973), também demonstrou com esse estudo, que ações pontuais visando atacar conseqüências visíveis dos problemas mundiais ou urbanos normalmente piorariam as condições existentes em um prazo maior ao invés de melhorá-las. Isso se daria, devido à tendência humana em tratar os problemas como sistemas lineares de causa e efeito, e que isto não se aplicaria aos sistemas dinâmicos. Estes sistemas seriam regidos por elos de realimentação causais que estariam interligados de forma dinâmica tal como uma rede.

Forrester (1973) demonstrou como seria o comportamento mundial, simulando políticas públicas dirigidas às variáveis do estudo e que ainda hoje são comuns de serem vistas como “soluções” dos problemas sociais. A questão da redução da natalidade, por exemplo, mostraria que o aumento do grau de qualidade de vida acabaria por gerar um aumento no consumo de bens e alimentos *per capita*, e a população a partir daí, mais rica, continuaria utilizando sobremaneira os recursos naturais, acumulando capital de tal forma, que o colapso se daria da mesma maneira - devido à alta industrialização - gerando uma grande crise de contaminação e acarretando novamente o decaimento da população mundial.

O modelo de mundo foi aprimorado por uma equipe gerenciada por Dennis Meadows e apresentado pelo Clube de Roma na conferência das Nações Unidas de 1972 como um relatório que se chamou *Os Limites do Crescimento* e que estimulou ações ambientalistas em todo o mundo.

Antes deste trabalho, Forrester havia desenvolvido um modelo para melhor compreensão dos problemas que acometiam as cidades. Esse estudo gerou o livro com o título *Urban Dynamics* a partir do qual ele afirma:

Em uma hierarquia de sistemas, sempre existe um conflito entre as metas de um subsistema e o bem estar de um sistema mais amplo. O conflito é percebido em um sistema urbano. A meta de uma cidade é a expansão e o aumento de sua qualidade de vida. Mas as políticas de crescimento aumentam a população. O sistema social mais amplo de um país e do mundo requer restringir as metas das áreas urbanas, e essas pressões de tais restrições aumentam tanto que mantém as áreas urbanas e a população nos limites que, sistemas maiores consideram satisfatórios e aos quais pertencem as cidades. Se este país segue as tradicionais metas urbanas, o resultado somente intensificará a angústia de todo país e com o tempo intensificará a crise nas mesmas cidades. Talvez estejamos no ponto em que se necessitem pressões mais graves na atualidade para que se evite pressões insuperáveis no futuro. (FORRESTER, 1995 p. 32 tradução nossa)

Analisando-se a colocação de Forrester (1995) acima, é possível perceber o quanto se faz importante uma análise feita a partir de um viés que possa mostrar a grande diferença que existe entre os conceitos obtidos intuitivamente e os construídos por investigações que contemplem a dimensão sistêmica, e que podem ser até mesmo surpreendentes.

Em projetos do Programa de Pós Graduação em EA da FURG, a modelagem computacional tem tido ênfase, particularmente, nos softwares STELLA e VISQ. Estes projetos podem ser interpretados de duas formas:

1. Modelagem de sistemas dinâmicos reais com a finalidade de ajudar os alunos a compreender o comportamento complexo derivado das diversas variáveis que compõem o sistema em estudo;
2. Modelagem de representações mentais que alunos sob estudo têm sobre determinados sistemas dinâmicos reais. Estes projetos objetivam compreender estes modelos de forma a apoiar a construção de métodos de ensino/aprendizagem e auxiliar os alunos a aprimorar conceitos não coerentes aos aceitos pela “ciência normal”, que conforme Thomas Kunh, seria aquela “que é atualmente aceita por um grupo de cientistas que trabalhem em um paradigma”.

Ambas as formas de estudo com a utilização da modelagem abordam um aspecto com relação à aprendizagem: *a construção de conhecimento pelo usuário das ferramentas computacionais*. Esta construção acontece já que, ou estudando o comportamento real de um sistema dinâmico ou formulando/reformulando conceitos sobre esse sistema dinâmico o aluno constrói conhecimento, que é mediado pelo método de modelagem, pelo orientador do estudo ou pelos modelos criados via sistema computacional. A diferença é apenas o enfoque da pesquisa, onde na primeira busca-se ajudar o aluno a compreender a dinâmica do sistema em estudo e na segunda busca-se compreender como este aluno percebe esta dinâmica pela exteriorização do pensamento estimulada pela modelagem. Posteriormente, em ambos os casos, o objetivo é ajudar o aluno a compreender os comportamentos dinâmicos.

Kurtz dos Santos (2002), afirma que através da modelagem pode-se apreender e analisar modelos mentais das outras pessoas.

Modelos mentais são representações da realidade que possuímos de acordo com nossas visões de mundo, cultura e vivências e que tem a mesma relação-estrutura com o fenômeno que representa. (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p. 2).

Esta pesquisa concentrou-se inicialmente na primeira forma de aplicação da modelagem – a modelagem e a simulação dos sistemas reais – configurando-se como auxílio para o apoio à decisão pela contribuição à compreensão dos comportamentos dinâmicos dos sistemas urbanos, sob a ótica ambiental. Porém, tendo em vista que as atividades propostas tiveram a capacidade de propiciar a análise de alguns conceitos internalizados dos alunos - uma vez que estes puderam imprimir visões pessoais às simulações - pode-se dizer que esta pesquisa conseguiu ser uma ponte entre as duas formas de estudo anteriormente conceituadas.

#### 1.4.6 Atividades Exploratórias e Expressivas

##### ***Dois tipos de atividades têm sido usadas pelos pesquisadores em modelagem na área de educação: atividades expressivas e atividades exploratórias.***

Nas atividades exploratórias o pesquisador fornece ao grupo de estudo um modelo pronto ou semipronto que pode ter sido construído através do levantamento preliminar de informações com o mesmo grupo. Este levantamento pode ser feito através de questionários ou entrevistas, por exemplo. Assim, é possível que o grupo *retrabalhe* o modelo, o seu próprio modelo, de forma a aperfeiçoá-lo. No caso de um modelo pronto, que pode ser mostrado ao final da construção do modelo anterior, o grupo pode compreender e interpretar o sistema em estudo e fazer uma construção ou reconstrução do conhecimento sobre o tema.

Já as atividades expressivas permitem uma total liberdade para que o grupo crie seus modelos. O pesquisador fornece um texto sobre algum assunto de interesse, tal como poluição, exploração predatória de recursos, ou outra temática qualquer, e o grupo ou aluno tenta modelar com as informações recebidas. O resultado desta atividade mostrará como o aluno compreende e visualiza a questão.

O modelo é um meio de apoiar o processo de pensamento e discurso dentro do grupo. O modelo e seu comportamento são continuamente checados contra o modo com o qual as pessoas pensam que o problema se comportaria. Quando o modelo preliminar é construído, o time do projeto conseguirá informações de uma ou mais fontes distintas: (a) entrevistas com alunos; (b) emprego de documentos e análise de conteúdo, ou (c) delineamento de questionários e livros de trabalho que têm que ser completados pelos alunos. (KURTZ DOS SANTOS, 2002, p. 7)

No caso do *game* de simulação *SimCity*, o aluno tem a possibilidade de trabalhar com uma cidade iniciada - que pode vir com o *game* ou ser obtida a partir dos *sites* oficiais ou das comunidades de jogadores que disponibilizam cidades criadas por eles mesmos, ou iniciar sua própria cidade. O comportamento dinâmico é simulado pelo jogo onde decisões como zoneamento de áreas industriais, residenciais ou comerciais, implantação de serviços públicos como escolas, delegacias ou usinas de energia, afetam o padrão de crescimento físico e populacional da cidade, influenciando a qualidade de vida da população que pode ser constantemente medida através de gráficos e pesquisa de opinião com os cidadãos. As equações são escondidas do usuário à semelhança do software VISQ, porém como acompanha-se o comportamento do sistema urbano através de índices e gráficos, considera-se o *game* como sendo um simulador semi-quantitativo que pode ser utilizado tanto em atividades exploratórias quanto expressivas.

#### 1.4.7 Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido visando responder às questões de pesquisa apresentadas no item 1.4.4. Para tanto, combinou elementos de pesquisa documental no que diz respeito aos referenciais teóricos à técnicas experimentais práticas com alunos pertencentes ao grupo de estudo. O método utilizado para análise dos dados obtidos foi a Análise Textual Qualitativa, e o autor utilizado como referência para essa análise foi Moraes (1999).

O estudo prático foi realizado através do oferecimento de um curso de extensão de 10 horas-aula contemplando atividades que utilizaram o software tradicional de modelagem STELLA ao *game* SimCity,

buscando explicitar a compreensão e motivação dos alunos na utilização destas ferramentas, bem como, as facilidades ou dificuldades de aprendizagem que as mesmas possibilitaram.

O programa do curso se desenvolveu da seguinte forma:

1. *Título:*

**SimCity e STELLA como apoio ao estudo de Sistemas Urbanos sob o enfoque da EA.**

2. *Programa:*

Tendo como base um material instrucional, cujos conceitos de elaboração estão detalhados no capítulo III, foram abordados os seguintes tópicos:

- Introdução à dinâmica de sistemas – o que é; quem criou; apresentação do modelo de mundo de Forrester (1990); conceito de taxas e níveis;
- Introdução ao software STELLA – construção de modelos que abordaram assuntos ligados à temática ambiental;
- Trabalho baseado em atividades expressivas com a utilização do *game* SimCity em estudos urbanos;
- Trabalho com o software STELLA, com atividades exploratórias, mostrando conceitos que norteiam o *game* SimCity baseado no livro Urban Dynamics de Jay W. Forrester.
- Desenvolvimento pelo aluno, de depoimentos, escritos que tiveram o objetivo de oferecer subsídios para análise por parte da pesquisadora, a respeito da evolução do entendimento dos sistemas complexos e da visão crítica construída através da problematização da temática abordada.

O material produzido pelo aluno, bem como os dados coletados, a partir da observação, registro da interação no computador, e gravação das discussões e reflexões foram utilizados para análises conclusivas da pesquisa de forma a explicitar a adequação da proposta como ferramenta de EA.

#### **1.4.8 Abordagem Utilizada**

Procurou-se, através do material instrucional intercalar atividades teóricas, que introduziram conceitos de dinâmica de sistemas, com atividades expressivas no SimCity de forma que o aluno construísse conhecimentos de forma paralela, experimentando os problemas e complexidades do sistema urbano, através da simulação proporcionada pelo *game*. Neste percurso foram estimuladas as associações entre as duas abordagens e a questão da sustentabilidade ambiental. A proposta fôra construída de forma a cativar e motivar o aluno desde o início do curso com a atividade lúdica propiciada pelo *game*, ajudando-o a ter intimidade com os softwares.

A coleta de dados iniciou-se com a aplicação de um pequeno questionário, que teve por objetivo explicitar *se e de que forma* os conceitos da dinâmica de sistemas, da sustentabilidade e da EA têm sido introduzidos na educação formal dos alunos com o intuito de revelar possíveis respostas para a questão de pesquisa: *Como está sendo abordada a questão ambiental na formação dos profissionais e cidadãos do meio urbano participantes do grupo de pesquisa?*

Este questionário foi inicialmente escrito em forma de entrevista e testado com alguns arquitetos, através da utilização de mensagem pela internet e foi posteriormente adaptado e reduzido para compor o material instrucional.

Nos capítulos seguintes, serão apresentados os resultados da pesquisa, iniciando-se no Capítulo II pela revisão bibliográfica dos assuntos contemplados no trabalho, de forma a mostrar os elos conceituais que nortearam a construção da proposta educativa.

No Capítulo III, traça-se um panorama dos softwares utilizados e suas características utilizadas como ferramentas didáticas.

Posteriormente, no Capítulo IV faz-se a discussão dos resultados obtidos com a investigação, de forma detalhada e categorizada de acordo com as questões de pesquisa, para finalmente, no Capítulo V, fazer-se um fechamento do trabalho, discutindo-se limitações e recomendações para futuras pesquisas que proponham-se a dar continuidade a essa proposta.

# CAPÍTULO II

## CAPÍTULO II

### *Revisão da Literatura*

*A cidade é fruto do trabalho coletivo de uma sociedade. Nela está materializada a história de um povo, suas relações sociais, políticas, econômicas e religiosas. Sua existência ao longo do tempo é determinada pela necessidade humana de se agregar, de se inter-relacionar, de se organizar em torno do bem estar comum; de produzir e trocar bens e serviços; de criar cultura e arte; de manifestar sentimentos e anseios que só se concretizam na diversidade que a vida urbana proporciona. Todos buscamos uma cidade mais justa e mais democrática, que possa de alguma forma, responder a realização dos nossos sonhos.*

(BRASIL - Estatuto da Cidade, 2001 p. 9)



Vista da Cidade de Florianópolis – Outubro 2005  
Foto: **Rita de Cássia Gnutzmann Veiga**

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

ESTE CAPÍTULO TEM POR OBJETIVO CONTEXTUALIZAR A TEMÁTICA DOS SISTEMAS URBANOS DINÂMICOS, DISCUTINDO AS INTER-RELAÇÕES COM A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL E A EDUCAÇÃO, PASSANDO PELO ENTENDIMENTO DE ALGUNS ASPECTOS COGNITIVOS, COM BASE EM FORRESTER E EM VIGOTSKY, QUE ESCLARECEM ALGUNS PONTOS SOBRE A FORMAÇÃO DE MODELOS MENTAIS. OBJETIVA TAMBÉM, MOSTRAR UM PANORAMA GERAL DA DINÂMICA DE SISTEMAS, BEM COMO ALGUNS DE SEUS PRINCÍPIOS, COMPREENDENDO ASSIM, TODAS AS TEMÁTICAS QUE SE INTER-RELACIONAM COM ESSE TRABALHO.

### 2.1 *sistemas urbanos e Educação Ambiental*

[...] a cidade permanece uma criação histórica particular; ela não existiu sempre, mas teve início num dado momento da evolução social, e pode acabar, ou ser radicalmente transformada, num outro momento. Não existe, por uma necessidade natural, mas uma necessidade histórica, que tem um início e pode ter um fim. (BENÉVOLO, 2005, p. 9)

#### 2.1.1 Educação para Cidade Ambientalmente Sustentável

A atualidade é marcada pela discussão sobre duas questões opostas entre si, aparentemente uma em detrimento à outra: o *desenvolvimento* mundial e a *sustentabilidade* dos ecossistemas naturais, que é o que irá garantir a manutenção da vida no planeta terra e todos os seus desdobramentos humanos.

A população mundial cresce, sem refletir muito sobre a auto-suficiência do meio em que vive, exigindo para sua manutenção e subsistência elementos naturais - muitos deles não renováveis - provenientes do ambiente. Cerca de 60% se aglomera em cidades, por razões geográficas, políticas, sócio-culturais ou econômicas, fazendo do meio urbano, conforme Odum (1985), um “parasita” dos ecossistemas naturais e comprometendo a saúde do planeta.

No Brasil o Estatuto da Cidade salienta que:

[...] a imensa e rápida urbanização pela qual passou a sociedade brasileira foi certamente uma das principais questões sociais experimentadas no país no século XX. Enquanto em 1960, a população urbana representava 44,7% da população total – contra 55,3% de população rural – dez anos depois essa relação se invertera, com números quase idênticos: 55,9% de população urbana e 44,1% de população rural. No ano 2000, 81,2% da população brasileira vivia em cidades. Em números absolutos, nos 36 anos entre 1960 e 1996, a população urbana aumenta de 31 milhões para 137 milhões, ou seja, as cidades recebem 106 milhões de novos moradores no período. (BRASIL, 2001 p. 23)

O ecossistema urbano precisa extrair do meio ambiente natural suas necessidades. Um sistema pressupõe um conjunto interdependente onde uma falha em uma das partes compromete a estabilidade das demais e do todo. Porém, o que se percebe é que apesar da população depender do restante da natureza para sua

sobrevivência, parece que muito poucos têm consciência da destruição que algumas atitudes podem causar não só ao meio, mas em longo prazo, a si próprios. Este quadro fica ainda mais evidente nas grandes cidades, onde além das questões ambientais também as questões sociais se mostram extremamente prejudicadas.

Quais as causas desse *caos* urbano que se vê na atualidade? Ganância dos empresários que exploram a terra sem se preocupar com o impacto ambiental causado por ocupações irregulares em áreas de preservação? Falta de recursos econômicos das populações que criam assentamentos nas margens de rios, encostas ou mangues? Descrença da população no esgotamento das reservas naturais? Será que o caos urbano acontece pela falta de conhecimento? Por falta de conscientização e sensibilização da sociedade, isto é, pela falta de *educação* voltada para o entendimento dos limites e *capacidade de suporte dos ecossistemas e da biosfera*? Que motivos outros estariam por trás desta caminhada da sociedade humana, quase que predominantemente urbanizada, rumo a uma possível auto-destruição?

Segundo o Guia de Implementação do Estatuto da cidade (2001), a urbanização vertiginosa do país, principalmente depois de um período de acelerado crescimento econômico, retratou e reproduziu as injustiças e desigualdades sociais, que se apresentam sob várias morfologias conhecidas: “imensas diferenças entre áreas centrais e periféricas de regiões metropolitanas; ocupação precária do mangue em contraposição à alta qualidade dos bairros da orla nas cidades de estuário; na eterna linha divisória entre o morro e o asfalto” (BRASIL, 2001 p. 23)

O Guia salienta ainda que este quadro de contraposição entre uma minoria qualificada e uma maioria com condições urbanísticas precárias, seria muito mais do que a expressão da desigualdade de renda e das desigualdades sociais, ele seria o “agente de *reprodução* dessa desigualdade”, através da restrição ao acesso às oportunidades de trabalho, cultura e lazer.

Com tudo isso, a cidade se estende cada vez mais para áreas periféricas, que são mais baratas, uma vez que é impossível para as populações de baixa renda obter recursos financeiros suficientes que permitam sua instalação em áreas que poderiam ser adensadas, pela disponibilidade de infra-estrutura urbana, mas que possuem alta valorização no mercado imobiliário, restando à essa classe marginalizada a auto-construção vagarosa de suas casas e a ocupação de áreas ambientalmente frágeis. Esse comportamento não se restringe aos agentes do mercado informal, o próprio poder público tem reforçado a “expulsão dos pobres das áreas mais bem localizadas, à medida que procura os terrenos mais baratos e periféricos para a construção de grandes e desolados conjuntos habitacionais”. (BRASIL, 2001 p. 24) Assim se dá uma expansão horizontal sem limites que avança sobre áreas que deveriam ser preservadas, como margens de rios ou encostas, e que gera a necessidade de transportar multidões, já que normalmente as oportunidades de emprego situam-se em uma área concentrada longe das periferias. Além disto, a alta valorização das áreas com melhor infra-estrutura acaba por gerar especulação e conseqüente degradação pelo excesso de concentração ou mau uso.

O Guia de Implementação do Estatuto da Cidade aponta algumas causas desta evolução predatória das cidades, como segue:

Esse modelo de crescimento e expansão urbana, que atravessa as cidades de Norte a Sul do país, tem sido identificado, no senso comum, como ‘falta de planejamento’. Segundo esta acepção, as cidades não são planejadas e, por esta razão, são ‘desequilibradas’ e ‘caóticas’. Entretanto, como tentaremos sustentar a seguir, trata-se não da ausência de planejamento, mas sim de uma interação bastante perversa entre processos sócio-econômicos, opções de planejamento e de políticas urbanas, e

práticas políticas, que construíram um modelo excludente em que muitos perdem e pouquíssimos ganham. (BRASIL, 2001 p. 24)

Nas cidades tem-se, de forma concentrada, representantes do desequilíbrio ao meio ambiente como crescimento desordenado, assentamentos irregulares, poluição causada aos rios, mares, lagos e lençóis freáticos pelos esgotos domésticos não tratados, degradação causada pelos materiais de construção, destino do lixo urbano, impermeabilidade do solo, aquecimento e mudança do clima, poluição atmosférica pela descarga de veículos, impactos causados pelas indústrias em geral, consumismo exagerado de bens, entre tantos outros problemas de cunho sócio-ambiental.

A EA focada nos segmentos responsáveis pelo planejamento urbano - planejamento este que deve ser interdisciplinar e participativo com a inclusão da sociedade civil - se mostra um caminho que pode contribuir para a manutenção ambientalmente sustentável das cidades. É preciso contribuir, através da educação, com o aperfeiçoamento dos modelos/representações mentais da sociedade, tornando-os mais coerentes com a realidade sistêmica do meio e possibilitando o despertar de uma consciência ambiental que permita aos cidadãos buscarem melhores condições de desenvolvimento social, humano e econômico de forma a não esgotar os ecossistemas, ou seja obter *qualidade de vida* dentro de um *desenvolvimento sustentável*, nos moldes do conceito adotado por Sachs (1993), a seguir :

[...] a União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais – IUCN (1991) – considera desenvolvimento sustentável o processo que melhora as condições de vida das comunidades humanas, e ao mesmo tempo, respeita os limites da capacidade de carga dos ecossistemas. (SACHS, 1993)

De acordo com o mesmo autor cinco dimensões de sustentabilidade devem ser consideradas ao se fazer o planejamento para o desenvolvimento: *sustentabilidade social, sustentabilidade econômica, sustentabilidade ecológica, sustentabilidade espacial e sustentabilidade cultural*.

Com relação à sustentabilidade espacial, esta deverá ser voltada para uma configuração rural – urbana mais equilibrada para uma melhor distribuição territorial de assentamentos humanos e atividades econômicas. No que diz respeito ao ecossistema urbano deve-se dar ênfase na concentração excessiva das áreas metropolitanas e na destruição de ecossistemas frágeis, mas vitalmente importantes, por processos de colonização descontrolados.

A ANTAC (2002) - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, enfatiza a necessidade de evolução do Macro-complexo da Construção Civil no sentido de contribuir para a sustentabilidade, econômica, social e ambiental no país.

Ainda segundo essa associação, a construção civil se mostra particularmente importante por *transitar* pelas *três dimensões de sustentabilidade*. Economicamente por representar uma considerável participação no PIB, no âmbito social por responder por expressiva parcela na geração de empregos e em relação à questão ambiental, a construção civil influi diretamente no meio ambiente com a utilização dos recursos naturais (tal como pedras, cimentos, argilas, etc...) e a modificação do ambiente natural através da criação do ambiente construído. Justamente por transitar por todas essas esferas, o setor de construção civil, que em última instância é responsável pela produção e crescimento das cidades, necessita urgentemente de ações educativas que se destinem não só aos técnicos e empresários do setor, mas também à população em geral, que são os usuários e produtores do espaço construído.

De acordo com a visão da ANTAC, o Estado tende a ter seu papel paternalista diminuído. A tendência é de que cada vez mais a sociedade seja “intimada” a participar das decisões relativas ao meio

ambiente urbano, que tradicionalmente eram tomadas pelo primeiro. Este fato gera uma grande necessidade de educação para a população, uma vez que somente tendo compreensão dos fatores e variáveis, que fazem parte dos sistemas envolvidos na criação e manutenção de sociedades sustentáveis, bem como de suas influências diretas e indiretas, os cidadãos terão condições de gerar idéias e apoiar decisões adequadas a cada região e realidade. Desta forma a sociedade civil, uma vez consciente, pode buscar a transformação de seu meio, através da própria mudança de hábitos ou através de pressão exercida ao poder público pelas organizações comunitárias, nos moldes das idéias de Freire (1987) a seguir:

[...] através da educação, podemos de saída compreender o que é o poder na sociedade, iluminando as relações de poder que a classe dominante torna obscuras. Também podemos preparar e participar de programas para mudar a sociedade. (FREIRE, 1987 p. 26)

Através de propostas no âmbito da EA, focada no ambiente urbano-construído, pode-se criar melhores condições nos assentamentos irregulares, seja pela capacitação para autoprodução do habitat (autoconstrução ou mutirão), na qualificação profissional dos agentes intervenientes ou na busca de alternativas para regularização fundiária e tecnologias de implantação de serviços urbanos.

Com o Estatuto da Cidade, aumenta a responsabilidade dos municípios e da sociedade, uma vez que a referida lei coloca algumas diretrizes como preservação ambiental, justa distribuição dos ônus e benefícios do processo de urbanização e a participação das populações no processo de decisão das questões que dizem respeito ao desenvolvimento e às políticas urbanas.

As diretrizes gerais da política urbana estabelecidas no Estatuto da Cidade como normas gerais de direito urbanístico são, em especial para os Municípios, as normas balizadoras e indutoras da aplicação dos instrumentos de política urbana regulamentados na lei. A aplicação pelos Municípios do Plano Diretor, da operação urbana consorciada, do direito de preempção, da outorga onerosa do direito de construir, tem que atender às diretrizes como a de combater a especulação imobiliária, da gestão democrática da cidade, da implementação do direito a cidades sustentáveis, da promoção da regularização urbanística e regularização fundiária das áreas urbanas ocupadas pela população de baixa renda. (BRASIL, 2001 p. 31)

A visão de futuro, colocada pela ANTAC, mostra a necessidade do desenvolvimento de projetos não convencionais, estabelecendo novos padrões de parcelamento específicos e adequados a cada contexto da cidade informal, considerando-se não só as edificações, mas também os espaços urbanos. A integração e re-qualificação da cidade informal à cidade formal e legal requerem também um grande esforço de mobilização e organização de seus usuários e parceiros para viabilizar as intervenções físicas e a regularização da propriedade.

A falta de recursos das populações de baixa renda tem sido considerada uma das principais causas das cidades informais considerando que as áreas com infra-estrutura adequada ficam reservadas as classes médias e altas, já que a valorização imobiliária causada pelas boas condições de saneamento, tais como sistemas de esgotos, água tratada, pavimentação, coleta de lixo, etc., torna inacessível aos menos favorecidos tais áreas, seja pelo investimento necessário, seja pelos impostos exigidos para que se obtenha tais serviços de infra-estrutura.

Sem muita escolha, a população sócio-economicamente marginalizada cria cinturões irregulares em torno das cidades, ocupando e degradando áreas de preservação, encostas, mangues ou regiões de matas ciliares dos rios, como pode-se ver com frequência em regiões metropolitanas, em consequência da má distribuição de renda e de todos os problemas sociais que o Brasil enfrenta.

Com uma política de conscientização e sensibilização da sociedade civil e classes profissionais envolvidas em planejamento urbano, com enfoque nas questões relativas ao meio, aliada à políticas que possibilitem oferecer conhecimentos técnicos que propiciem uma auto-construção com melhor qualidade, pode-se aprimorar condições de saneamento, contribuindo assim para a saúde do meio e da própria população envolvida. Oferecer conhecimentos e subsídios financeiros às populações envolvidas no sistema da construção civil propiciaria uma maior consciência de que suas cidades seriam sócio-ecossistemas urbanos, partes de uma cadeia que não pode ser quebrada sob risco do comprometimento da própria vida no planeta.

Ferramentas computacionais de simulação podem contribuir com este processo de forma positiva e construtiva mostrando-se um dos caminhos para a preservação ou restauração do equilíbrio e do desenvolvimento urbano sustentável.

### **2.1.2 Evolução Urbana**

Os padrões dos assentamentos humanos sempre estiveram estreitamente relacionados com o modelo de subsistência e de produção de bens das civilizações humanas.

Quando o homem apareceu na face da terra há cerca de 500.000 anos atrás, sobreviveu coletando seu alimento e procurando abrigo no ambiente natural, sem modificá-lo de maneira permanente. Assim foi durante um tempo muito longo (que em geologia, corresponde ao período pleistocênico), sendo que para esta época os arqueólogos dão o nome de Período Paleolítico (pedra antiga) e que segundo Benévolo<sup>50</sup> (2005), “compreende mais de 95% da aventura total do homem”. Este modo de subsistência ainda hoje pode ser encontrado em algumas regiões do planeta em que vivem algumas sociedades isoladas em selvas e em desertos.

Na passagem do Período Pleistoceno para o Holoceno há cerca de 10.000 anos atrás, acontece a última transformação profunda do ambiente natural com a fusão das geleiras, obrigando os habitantes da faixa temperada a aprender a produzir seu alimento, através do cultivo de plantas e criação de animais. Com esses novos conhecimentos, segundo Benévolo (2005), “os homens organizaram estabelecimentos estáveis – as primeiras aldeias – nas proximidades dos locais de trabalho”, caracterizando a época Neolítica e que “para muitos povos se prolonga até o encontro com a colonização européia [para os Maoris da Nova Zelândia até o início do século XIX]”. (BENÉVOLO 2005 p. 10).

Ainda de acordo com Benévolo (2005), cerca de 5.000 anos atrás nas planícies aluviais do Oriente Próximo, algumas aldeias se transformaram em cidades; os produtores de alimentos foram, então, persuadidos ou obrigados a produzir um excedente a fim de manter uma população de especialistas: artesãos, mercadores, guerreiros e sacerdotes, que residem num estabelecimento mais complexo - a cidade - e daí controlam o campo. Com essa forma de organização social, que passa a requerer o invento da escrita, os assentamentos humanos começam a se caracterizar a partir das funções sociais do trabalho, o que acarreta de fato o começo da civilização e da história escrita, em contraposição à pré-história. Todos os acontecimentos históricos sucessivos dependem da quantidade e da distribuição deste excedente de produção.

---

<sup>50</sup> Leonardo Benévolo é autor do livro História da Cidade, largamente utilizado como referência nos cursos de arquitetura e urbanismo.

Os estudiosos, de acordo com Benévolo (2005), distinguiram a Idade do Bronze, na qual os metais usados para os instrumentos e as armas são raros e dispendiosos, sendo reservados, portanto a uma classe dirigente restrita que absorve todo o excedente disponível, mas que, com seu consumo limitado, também limita o crescimento dos habitantes e da produção;

A Idade do Ferro, que se inicia por volta de 1.200 a.C. com a difusão de um instrumental metálico mais econômico, da escrita alfabética e da moeda cunhada, amplia assim a classe dirigente e permite um novo aumento da população. A civilização greco-romana desenvolve esta organização numa grande área econômica unitária, a Bacia Mediterrânea, mas escraviza e empobrece os produtores diretos e caminha para o colapso econômico, do século IV d.C em diante.

Ainda de acordo com Benévolo (2005), outras transformações históricas, a civilização feudal e a civilização burguesa, preparam a transição histórica seguinte: o desenvolvimento da produção com os métodos científicos, que caracterizam nossa civilização industrial. O excedente assim produzido, crescente e ilimitado, não é reservado necessariamente a uma minoria dirigente, mas é distribuído para a maioria, e teoricamente para toda a população, que pôde crescer sem obstáculos econômicos, até atingir ou ultrapassar os limites de equilíbrio do ambiente natural. Nesta situação nova, a cidade (sede das classes dominantes) ainda se contrapõe ao campo (sede das classes subalternas), mas este dualismo não mais é inevitável e pode ser superado. “Desta possibilidade nasce a idéia de um novo estabelecimento, completo em si mesmo, como a cidade antiga (chamado, portanto, com o mesmo nome), mas estendido a todo o território habitado: *a cidade moderna*. “ BENÉVOLO, 2005 p. 11).

### 2.1.3 Capitalismo e Urbanidade

A atual crise mundial que passa o planeta e a humanidade tem, segundo diversos autores, suas raízes no modelo de produção capitalista vigente que, principalmente após a globalização, domina praticamente todo o mundo na atualidade. Este modelo de certa forma *animaliza* o ser humano uma vez que o aliena de seu trabalho e do produto deste, gerando uma relação de dependência com os donos do capital e das ferramentas de produção. Isto faz com que este ser humano se sujeite, contra sua vontade e natureza, à realização de tarefas de acordo com as vontades e modelos do capitalista para fim de subsistir e dar subsistência a sua família.

Além da questão humana, o modelo capitalista, que tem como lema praticamente *o ganho a qualquer custo*, tende a esgotar os recursos naturais do planeta, uma vez que as leis de *mercado* impõem que cada vez mais o capitalista procure formas de baratear o custo de produção a fim de competir com outros capitalistas, baixando salários e explorando recursos naturais sem o devido cuidado e preservação da saúde do meio.

A crítica que é feita neste trabalho a respeito do modo capitalista de produção não significa dizer que modos de produção praticados por países que se dizem socialistas, por exemplo, sejam simplesmente inofensivos aos elementos naturais, à biosfera e em última instância à vida. É necessário salientar, que além do modelo político-econômico, também o crescimento populacional juntamente com o crescente consumo, são prejudiciais. Porém, aqui se faz uma crítica explícita ao modelo capitalista, já que esse, independente do capital ser privado ou estatal, objetiva a geração de lucro e crescimento constante principalmente através de ferramentas de marketing que têm por objetivo “criar necessidades” para novos produtos e em cada vez mais número. Podemos citar como exemplo corriqueiro, a criação de modelos novos de telefones celulares a cada dia, onde através do marketing e da publicidade, “consumidores” são levados a “trocar” equipamentos novos e em

excelente estado para atender a uma demanda social de status, por exemplo. Talvez na atualidade, até mais a globalização do que o próprio capitalismo seja ainda mais responsável pela degradação dos elementos naturais uma vez que, frente ao mercado global, os países que se dizem socialistas já se abrem para a concorrência internacional como forma de gerar recursos, o que acaba por transformar-se também em uma forma “disfarçada” de capitalismo.

Frente a esse quadro, se mostra urgente e necessário, a busca de modelos alternativos de produção que permitam ao ser humano a liberdade de decisão e escolha, a busca consensual das decisões e a preservação da saúde do meio ambiente. Essas diretrizes se configuram como três normas éticas deduzidas por Sírío Lopez Velasco em sua proposta alternativa ao modelo capitalista denominada por ele de “Ecomunitarismo” (Lopez Velasco, 2003).

Lefévre considera que dentro do modelo capitalista o espaço não é mais pertencente à terra, ao solo, mas se trata do espaço social e que o urbanismo como vem sendo praticado serve ao capitalismo. Ele explica:

O espaço não é mais simplesmente o meio indiferente, a soma dos lugares onde a mais-valia se forma, se realiza e se distribui. Ele se torna produto do trabalho social, isto é, objeto muito geral da produção, e por consequente, da formação da mais-valia. É assim, por esse caminho, que a produção torna-se social nos próprios marcos do neocapitalismo. [...] Hoje, o espaço inteiro entra na produção como produto através da compra, da venda, da troca de parcelas do espaço. [...] A produção do espaço, em si, não é nova. Os grupos dominantes sempre produziam este ou aquele espaço particular, o das cidades antigas, o dos campos [...] O novo é a produção global e total do espaço social. Essa extensão enorme da atividade produtiva realiza-se em função dos interesses dos que a inventam, dos que a geram, dos que dela se beneficiam (largamente). O capitalismo parece esgotar-se. Ele encontrou um novo alento na conquista do espaço, em termos triviais, na especulação imobiliária, nas grandes obras (dentro e fora das cidades), na compra e venda do espaço. E isso à escala mundial. Esse é o caminho (imprevisto) da socialização das forças produtivas, da própria socialização do espaço. É preciso acrescentar que o capitalismo, visando sua própria sobrevivência, tomou a iniciativa nesse domínio? A estratégia vai muito mais longe que a simples venda, pedaço por pedaço, do espaço. Ela só não faz o espaço entrar na produção da mais-valia, ela visa uma reorganização completa da produção subordinada aos centros de informação e decisão. (LEVÉBFRE, 2002 p. 142 a 143).

Na opinião de Levébfre (2002), o “urbanismo encobre essa gigantesca operação”. O urbanismo dissimularia e ocultaria sob uma aparência positiva, humanista tecnológica, a estratégia capitalista, que segundo Levébfre (2002), seria ter o domínio do espaço e a constante luta contra a queda tendencial do lucro médio, entre outras. Na opinião do autor, a estratégia capitalista “oprima o ‘usuário’, o ‘participante’, o simples ‘habitante’”, reduzindo às funções do habitar à “função de comprador do espaço, realizando a mais-valia”.

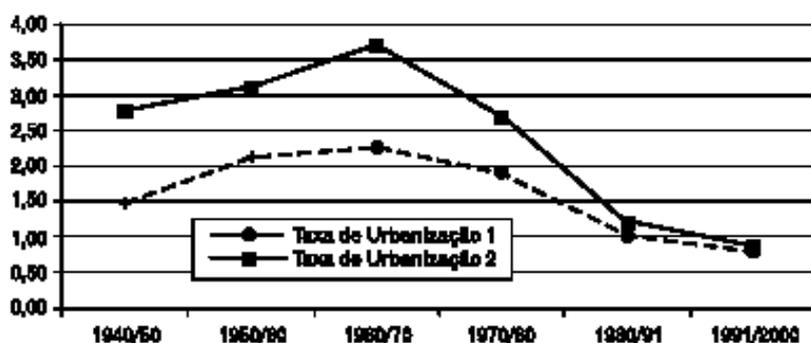
Os padrões de desenvolvimento urbano de nossas cidades estão fortemente ligados ao modelo de desenvolvimento econômico predominante no planeta, onde a especulação imobiliária se mostra normalmente mais forte do que as ações preservacionistas que podem ser implementadas por políticas públicas. A questão da pobreza e do déficit habitacional também estão ligados à capacidade de suporte econômico das cidades e das nações. Atualmente, como ainda não temos um modelo alternativo ao capitalismo que tenha uma aceitação expressiva por parte da população e do poder público, nos resta tentar estudar os padrões vigentes a fim de tentar suavizar as conseqüências não desejáveis decorrentes destes, e através destas investigações, quem sabe, possa-se no decorrer do tempo encontrar alternativas.

#### **2.1.4 Fotografia Urbana do Brasil**

Segundo o GEO Brasil 2002, a rede urbana brasileira situa-se primordialmente na faixa litorânea com uma grande concentração populacional na região sudeste e sul. O modelo de desenvolvimento econômico adotado no país estimulou os investimentos predominantemente na região sudeste, particularmente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, o que acarretou um grande fluxo de migração interna que já na década de 80 apresentava sinais de saturação. A esse respeito o GEO Brasil, 2002 coloca que:

Esse ciclo de expansão urbana caminhou, até 1980, na direção da concentração de população nos grandes centros. Naquele momento, 57% da população residia em cidades com mais de 100 mil habitantes, sendo que 35% em cidades maiores que 500 mil habitantes. Este ciclo decorreu das mudanças estruturais na sociedade e do intenso crescimento da economia urbano-industrial que, até o final dos anos de 1970, revelou-se bastante desequilibrado espacial e socialmente. (GEO BRASIL, 2002 p. 170).

O gráfico da figura 01 mostra a evolução de crescimento das cidades brasileiras através do acompanhamento da taxa de urbanização. Na década de 80 a taxa de crescimento urbano, pela definição do IBGE, chegou próximo de 4% e iniciou declínio, atingindo no ano 2000 um valor abaixo de 1% , demonstrando uma estabilização.



**Figura 01** – Evolução da Taxa de Urbanização no Brasil entre 1940 a 2000. A taxa de urbanização 1 utiliza a definição do IBGE de população urbana e rural, enquanto que a taxa de urbanização 2 emprega a definição de população rural, como sendo aqueles indivíduos que residem nas cidades com menos de 20 mil habitantes. A taxa de urbanização é definida pela seguinte expressão:  $\left( \frac{1 + ru}{1 + rt} - 1 \right) \cdot 100$ . Essa fórmula foi elaborada por CARVALHO, J. A. (BRITO et al. , 2001). Fonte: Geo Brasil 2002.

Ainda segundo o GEO Brasil 2002, nas cidades com população entre 100 e 500 mil habitantes a taxa de crescimento continuou aumentando. A rede urbana, se configura atualmente como dois tipos de sistemas um de cidades polarizadoras e outro de cidades organizadas em forma de eixo. As metrópoles exercem forte poder polarizador das atividades econômicas e as migrações internas, causadas pela industrialização, redistribuíram a população do campo nas cidades, dando origem a uma grande concentração de pessoas nas periferias de forma a dar origem a criação de nove regiões metropolitanas no país, com a finalidade de melhor gerenciamento de problemas sócio-ambientais-urbanos gerados.

A industrialização acelerada induziu uma mudança de comportamento na sociedade urbana que significou a médio e longo prazo uma diminuição nas taxas de fecundidade. O êxodo rural também decorrente da industrialização - migração esta que atingiu o auge entre as décadas de 60 e 80 respondendo por 53% do crescimento da população urbana – alterou as características econômicas do país que em 30 anos deixou de ter base agrária para tornar-se fundamentalmente uma sociedade urbanizada e industrializada. De acordo com o GEO Brasil:

Esse processo produziu efeitos diversos sobre o ambiente natural - fruto dos impactos sobre os ecossistemas na implantação de infra-estrutura e na exploração dos Recursos Naturais para a industrialização - e sobre as cidades – resultado da intensa migração de população e da nova dinâmica de instalação de atividades econômicas no espaço. (SANTOS; CÂMARA, 2002, p. 179)

As aglomerações metropolitanas concentram grandes índices de ocupação informal e carências em infra-estrutura e serviços básicos, que são atribuídos ao rápido processo de urbanização, sem que tenha havido o proporcional acompanhamento das políticas públicas de habitação, saneamento, educação e saúde e à desigualdade social causada pelo modelo de desenvolvimento do país.

De acordo com o GEO Brasil, uma das tendências para o sistema urbano brasileiro é a migração negativa das cidades pequenas em todo o país com concentração nas regiões metropolitanas e crescimento acima da média para cidades médias e grandes.

Com relação à dinâmica de crescimento populacional, o Brasil está bastante adiantado nas taxas de redução de mortalidade infantil e de fecundidade que acarretou uma diminuição nas taxas de crescimento. A alta taxa de crescimento ocorrida nos anos 80, é devida à fase intermediária onde as taxas de fecundidade ainda eram altas ao passo que diminuiu também as taxas de mortalidade infantil que eram altas na década de 40.

### 2.1.5 Dinâmica de Sistemas Urbanos

Planejar ou projetar cidades teórica e legalmente seria atribuição dos arquitetos urbanistas. Teoricamente, pois o número de variáveis envolvidas no desenvolvimento de uma cidade é tão grande e de tantas diferentes naturezas que é praticamente impossível que apenas um profissional tenha preparação suficiente para tamanha responsabilidade. Mas esse profissional pode ser - e possivelmente seja o mais indicado - o *elo agregante* entre especialidades distintas como administração, política, infra-estrutura, sociologia, gestão ambiental, economia, direito, dentre outras.

Nem só de definição físico-espacial, é feito um projeto urbano. A definição de funções, a preocupação com o conforto ambiental da cidade, a estética, o paisagismo, a infra-estrutura viária, infra-estrutura de saneamento e pavimentação são variáveis absolutamente importantes, mas outras de cunho sócio-ambiental como capacidade de absorção de mão de obra, quantidade de habitações, educação, capacidade de suporte dos ecossistemas e saúde têm se mostrado capazes de, como consequência do mal planejamento, deixar marcas negativas refletidas no espaço urbano.

Sistemas urbanos se configuram como sistemas complexos, que apresentam relações de interdependência e complementaridade. Por essa razão as cidades devem ser planejadas através da contribuição de equipes transdisciplinares, capazes de transpor os limites de suas formações em prol da cidade e do ambiente natural, que contemplem a participação popular, seja na elaboração ou revisão de seu instrumento legal de regulamentação - o plano diretor - seja através da fiscalização, a fim de que se façam cumprir as exigências e orientações estabelecidas.

As cidades são exemplos de sistemas abertos, ou seja, não são auto-suficientes, precisam do meio rural para produzir comida, necessitam de fontes de água potável que vêm muitas vezes de outros municípios, da energia provinda da natureza, como petróleo, carvão ou a força das águas para movimentar sua máquina tecnológica. Além disso, os ecossistemas urbanos são dinâmicos e possuem “vida própria”, isto é, são formados por variáveis sociais cujas relações e interações podem ser fruto da capacidade de “escolha” das populações de forma individual ou coletiva bem como do poder público.

Intuitivamente a tendência é tentar trabalhar com os sistemas urbanos de uma forma linear considerando-os relações de causa e efeito. Porém, isso se mostra um grande equívoco quando se percebe que o sistema urbano é um sistema complexo, onde diversas variáveis se movem juntas e onde muitas vezes a “causa”,

ou mesmo o “efeito” de um determinado comportamento poderá estar muito distante no tempo e ser fruto da combinação de comportamentos de diversas variáveis envolvidas e que podem nem mesmo, serem associadas ao fenômeno em um primeiro momento, como um estudo superficial ou de raciocínio reducionista poderia mostrar.

Como um sistema aberto, dinâmico e complexo os ecossistemas urbanos estão sujeitos às interações de troca com o meio externo. Estas trocas podem ser de diversas naturezas tais como matéria, energia e informação, o que acarreta a constante evolução do sistema, ou seja, a busca pelo equilíbrio dinâmico. Essas relações de troca tornam a cidade ainda mais difícil de ser entendida e planejada, uma vez que variáveis externas (tais como política monetária do país, emprego, recessão, etc.), afetam de diferentes formas, em diferentes proporções e em tempos diversos o comportamento de um sistema urbano de escalas diversas, como uma região metropolitana ou subsistemas como cidades do interior, por exemplo. Quanto mais rapidamente for a capacidade de um sistema se auto-ajustar às perturbações externas maior a probabilidade dele adquirir um equilíbrio dinâmico. A esse respeito afirma Machado:

[...], a possibilidade do sistema urbano se ajustar a novas condições e permanecer estável não ocorre sempre. Cada componente do sistema pode interagir com a ‘novidade’ não só em tempo como em modo diferenciado, dependendo da ‘história’ de cada um. Quando isso ocorre, o sistema ou partes dele entra numa fase de turbulência ou instabilidade. Novos ajustes podem surgir, e o resultado pode ser uma estrutura de relações (regularidades) diferentes das iniciais (tempo longo). (MACHADO, 2001 p. 4).

Ainda segundo Machado (2001), a história particular da cidade desde a escolha geográfica do local onde está inserida, o perfil da população que a constituiu e a constitui, aspectos culturais, políticos, econômicos, etc, faz com que cidades de mesmo tempo cronológico e até mesmo de organização física semelhante, apresentem dinâmica evolutiva distintas. “Isso sugere que cada cidade tem uma temporalidade própria, embora sua história particular não possa ser compreendida isoladamente, sendo parte de um processo urbano” (MACHADO, p. 5 2001).

A teoria da auto-organização trabalha com a hipótese de que as estruturas coletivas se adaptam à indeterminação e são capazes de criar, a partir dela, novas ordenações. Quer dizer que as características internas dos atores participantes mudam ‘endogenicamente’: novas variáveis e novos mecanismos de interação podendo aparecer espontaneamente no interior do sistema e levar a mudanças taxonômicas. As cidades são os melhores exemplos de auto-organização. Emergem do encontro e interação entre uma série de fatores. Mesmo quando a intervenção de planos e políticas urbanas é forte, os efeitos dessa intencionalidade geram formas espontâneas de adaptar-se ao novo. (MACHADO, 2001 p.6).

Além disso, não pode ser esquecida a propriedade dos sistemas complexos evolutivos de não serem controlados por elos lineares de causa e efeito e sim por elos de realimentação causais.

Segundo Forrester (1998) para modelar o comportamento dinâmico de um sistema, quatro hierarquias de estrutura devem ser reconhecidas:

1. *Uma fronteira (limite) fechada* em torno do sistema;
  2. *Elos de realimentação* como elementos básicos estruturais dentro dos limites;
  3. *Variável nível* (estado) representando acumulações dentro dos elos de realimentação;
  4. *Variáveis Taxa* (fluxo) representando atividades dentro dos elos de realimentação;
- Como componentes de uma variável taxa podemos ter: objetivo, condições observadas, detecção de discrepância, ação baseada na discrepância.

### *Borda fechada do sistema:*

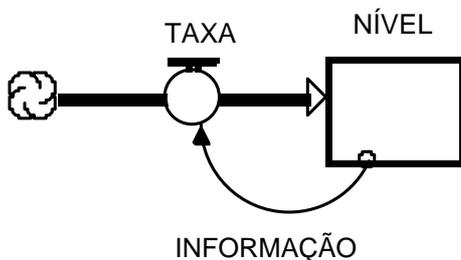
Segundo Forrester (1998), para desenvolver um conceito completo de um sistema, os limites devem ser estabelecidos dentro do qual as interações do sistema tomem lugar dando ao sistema seu comportamento característico. O limite é escolhido para incluir aquelas interações componentes necessárias para gerar os modos de comportamento de interesse. Se uma dificuldade particular em um sistema está sendo investigada, o sistema descrito dentro do limite deve ser capaz de gerar aquela dificuldade. O conceito de limite fechado implica em que o comportamento do sistema de interesse não é imposto a partir do lado de fora, mas criado *dentro* do limite.

Borda fechada não significa que o sistema não seja afetado por ocorrências externas, mas diz que aquelas ocorrências podem ser visualizadas como acontecimentos casuais que interferem no sistema mas não oferecem por si só, a este sistema seu crescimento intrínseco e estabilidade característicos.

Para construir um modelo de simulação computacional de um sistema, deve-se primeiro estimar que componentes estão interagindo para produzir o comportamento sob investigação. A escolha seleciona aqueles componentes que se encontram dentro dos limites dinâmicos para o estudo em particular e excluem todos os outros componentes potenciais considerados irrelevantes para o estudo e entretanto externos ao limite dinâmico.

### *Estrutura dos Elos de realimentação :*

O comportamento dinâmico dos sistemas é gerado dentro de elos de realimentação. Elos de realimentação são blocos de construção fundamentais dos sistemas.



**Figura 02** - Modelo básico mostrando um elo de realimentação, gerado no software de simulação STELLA.

Um elo de retroalimentação (ou realimentação) é composto de dois tipos de variáveis, chamadas, aqui, de variável *taxa* e variável *nível*. Estes dois tipos de variáveis são necessários e suficientes. O mais simples elo de realimentação possível deve conter uma de cada variável. Um elo de realimentação é uma estrutura dentro do qual um ponto de decisão – uma equação de taxa – controla um fluxo ou ação contínua. A ação é acumulada (integrada) para gerar um nível no sistema. Informação sobre o nível é a base no qual o fluxo taxa é controlado.

## **2.1.6 Estrutura de um Modelo Urbano**

Apesar dos estudos de Jay W. Forrester (1969) terem sido feitos utilizando como base a simulação urbana dentro da lógica capitalista, cabe dizer que o autor utiliza-se de métodos científicos pertencentes ao positivismo sem contudo defender ou posicionar-se a favor de

algum sistema político-econômico. Seu objetivo é a busca de métodos de análise que possibilitem o entendimento sistêmico e dinâmico de seus objetos de estudo. É extremamente válido como ação de EA, compreender suas análises de forma a melhor entender os padrões de desenvolvimento e comportamento das cidades para que, ao menos enquanto não houver condições de migrar deste modelo para um outro alternativo este possa ser gerenciado da melhor forma possível em direção a uma sociedade sustentável. Também é extremamente válido propor ações que contemplem o estudo da lógica sistêmica dinâmica das cidades, da forma como elas são atualmente, para estimular a percepção de que a lógica de produção capitalista dificulta extremamente a busca de soluções ambientalmente sustentáveis, despertando nos estudantes o espírito crítico a esse modelo.

Forrester (1998) afirma que quando se modela pela primeira vez um sistema social é normalmente melhor modelar a classe geral do sistema, ao invés de um sistema específico. Ou seja, no caso dos sistemas urbanos deve-se modelar um padrão urbano em geral ao invés de se escolher uma cidade específica para estudo. Isto pode significar um modelo para representar o processo central comum a todas as áreas urbanas, por exemplo, ao invés de representar uma área específica. O modelo geral será mais simples e mais básico porque ele omite as considerações periféricas que podem ser especiais para um lugar em particular. Está focado naqueles componentes do sistema que são sempre encontrados interagindo em crescimento e estagnação urbana. O modelo deve incluir somente aqueles processos necessários para a criação e correção da decadência urbana.

### *Limite do sistema urbano*

Em seu livro *Urban Dynamics*, Forrester (1998) afirma que o primeiro passo na modelagem das interações urbanas é escolher um limite do sistema que defina os conceitos que interagem para produzir o comportamento de interesse. O modelo deve mostrar como uma área se desenvolve partindo de uma região desocupada até o eventual preenchimento dessa região com moradias e industrialização decadentes a ponto de produzir estagnação econômica. Para uma área urbana em sua fase de estagnação, o interesse se dirige em direção às alterações políticas que podem produzir revitalização e um retorno a saúde econômica, o que acarretará consequências positivas na qualidade de vida da população, se os investimentos corretos forem feitos, incluindo-se empregos, habitações e meio ambiente adequado.

Segundo Forrester (1998), crescimento urbano e estagnação não parecem ser decorrentes de alterações no ambiente mundial. O problema urbano não está limitado a algum país único, sociedade, ou era histórica. O comportamento de uma cidade é muito mais diretamente dependente de seu próprio mérito econômico, através de seu conjunto de alterações internas de indústria, moradia e população, uma vez que no modelo capitalista o desenvolvimento econômico é um “mal” necessário para que outros tipos de desenvolvimentos se tornem viáveis, como o desenvolvimento social, espacial e cultural. A maioria das áreas urbanas parece envolver do início ao fim um padrão semelhante.

Para Forrester, os sistemas urbanos são sistemas evolutivos complexos controlados por relações causais não-lineares. De acordo com Machado, (2001) isso se deve ao fato de que os sistemas complexos apresentam uma multiplicidade de *redes de interações*. Diz a autora:

Cada variável não só pode ser associada a eventos ou ocorrências distantes, como o efeito ‘local’ pode ser muito maior ou muito menor do que grandeza da ‘causa’ original. Isso ocorre em geral porque cada variável pode manter interações simultâneas com outras. (MACHADO, 2001 p. 7)

No entendimento de Machado, (2001) “relação” seria uma propriedade emergente<sup>51</sup> da conexão entre unidades de observação. As redes de interação dizem respeito a redes “viventes” ou seja, redes sociais. Essas redes, segundo a autora, seriam as mais importantes no processo evolutivo das cidades e do sistema urbano. A esse respeito ela comenta:

---

<sup>51</sup> Propriedades emergentes são aquelas que são resultado da interação entre variáveis de um sistema que só aparecem no todo e não em suas partes isoladas.

[...], a cidade e a rede de cidades constituem organizações (temporal e historicamente) 'provisórias' das redes de coordenação social e é com elas que a geografia urbana trabalha, não com as redes sociais propriamente ditas. Existem outras formas de conceber as redes de interações, que incidem na compreensão das redes urbanas. Uma delas é através da energia (trabalho); os sistemas complexos evolutivos 'captam' a energia difusa na Natureza e que se esgota em pura perda. (MACHADO, 2001 p. 7)

Conforme nos explica Machado, (2001) "os viventes" tentam canalizar e concentrar esta energia o que explica a existência de redes de transporte e distribuição, ou seja, as redes físicas. Devido a essa necessidade, a organização do espaço em pólos e centros seria uma consequência da acumulação primitiva e da estocagem de energia. "Nenhuma forma de organização social é tão radical quanto o capitalismo no vínculo com a energia, através da organização centralizada do *habitat* em torno de lugares de colheita, de jazidas, de estocagem de energia." (MACHADO, 2001 p. 7).

### 2.1.7 Ecossistema Urbano

Segundo Odum (1987) as cidades tem diversas características em comum com os sistemas naturais, tais como produção, consumo, concentração de energia, decomposição e ciclo de materiais o que permite considerá-las um ecossistema. Uma das diferenças entre os ecossistemas naturais e os ecossistemas urbanos é a "intensidade de atividades que é muito maior" (ODUM, 1987 p. 69).

Em tempos anteriores tais como na idade média, por exemplo, as cidades eram pequenos povoados que se abasteciam com a produção das terras agrícolas vizinhas e reciclavam lixo para ser aproveitado na agricultura já que ainda não existiam fertilizantes químicos. Com o crescimento dos povoados e com a transformação destes em cidades, áreas vizinhas utilizadas para agricultura foram ocupadas por ruas, lotes e edificações, acarretando o excesso de lixo e detritos que são descarregados no solo e nos mananciais de água.

[...], o próprio ato de fixação em aldeias ajudava a fazer com que a agricultura se sustentasse sozinha, exceto nos trópicos do Novo Mundo onde, mais tarde, com métodos mais primitivos de cultivo, empregando o fogo para abrir a selva, a aldeia carecia de estabilidade e os centros cerimoniais muitas vezes não tinham população permanente. Mas, onde as fezes humanas tanto quanto as animais eram amplamente empregadas, como na China, até mesmo a cidade que crescia compensava o fato de ocupar valiosas terras de lavoura pelo enriquecimento dos campos circunvizinhos. Se soubéssemos onde e quando começou essa prática, teríamos uma visão mais profunda da história natural das cidades mais antigas. As privadas, os esgotos e a poluição dos rios assinalam a data de encerramento do processo : do ponto de vista ecológico, um passo atrás, e até agora um avanço técnico mais ou menos superficial. (MUNFORD, 2004 p. 21)

As cidades normalmente são organizadas em uma rede colaborativa que apresenta uma certa hierarquia e onde geralmente as cidades menores dão suporte às maiores através do fornecimento de materiais e energia. Também nas cidades maiores a hierarquia se faz presente, com uma concentração de atividades e adensamento populacional, com edificações normalmente no centro, e a diminuição gradativa de adensamento e estrutura física em direção aos subúrbios.

A produção industrial de uma cidade se processa pelo setor comercial, alguns produtos são vendidos a pessoas que vivem na cidade, outros são consumidos no setor governamental, e alguns são exportados a outros mercados. As pessoas proporcionam o trabalho para a indústria, comércio e serviços estatais. Os

diferentes departamentos do governo, como saúde, educação e polícia, têm influência controlada em outros setores da cidade; para pagar por esses serviços, o governo cobra impostos das pessoas, comércio e indústria. Todas as cidades possuem conexões com o governo estadual e federal. Além disso, recebem dinheiro, arrecadado pelas cidades e governos locais, para programas como correios, modernização urbana, escolas comunitárias, tribunais, etc. (ODUM, 1987 p. 72)

Como nos sistemas naturais, fontes renováveis de energia como o sol, a chuva, o vento e as marés são extremamente importantes às cidades lhes prestando valiosos serviços tais como energia para vegetação, afastamento da poluição do ar, transporte de dejetos sólidos e líquidos provenientes de esgotos ou de indústrias.

Conforme salienta Odum (1987), outro fluxo importante nos ecossistemas urbanos é o de pessoas. Esse fluxo de imigração impacta fortemente as cidades uma vez que o aumento populacional exige a criação e melhoria de infra-estrutura urbana, empregos, habitações, etc. Fatores esses também considerados por Forrester (1969), em seus estudos de dinâmica urbana.

Odum (1987), chama a atenção também para o consumo gerado pelas áreas residenciais de água, eletricidade, bens e serviços sendo que o principal “produto” oferecido pelas áreas residenciais ao ecossistema urbano é o trabalho. Também são “produzidas” nestas áreas as águas servidas, a drenagem urbana e o lixo, produtos que se mal gerenciadas ou colocadas em locais inapropriados tornam-se fontes poluentes dos sistemas vizinhos, naturais ou urbanos.

### 2.1.8 Uma Cidade no SimCity

Quando pretende-se utilizar um *game* de simulação como proposta de EA, todas as questões anteriormente abordadas devem se fazer presentes, seja na construção ou análise de uma cidade ou assentamento humano, seja na crítica ao modelo desenvolvido caso não se tenha considerado algumas das questões que envolvem os ecossistemas sócio-urbanos.

De acordo com Lobo, (2004) o utópico começo de SimCity enfatizou um desejo de influenciar ações políticas, em particular a educação, através de reflexões sobre cidades ideais. Lobo (2004) conta, que David Lublin, professor do Departamento de Governo na Universidade Americana, tem usado SimCity para ensinar administração local no século XX. Após criarem sua própria simulação no SimCity, os alunos do professor Lublin tem que escrever um artigo analisando os princípios sob os quais o jogo funciona. Um aspecto fundamental do artigo é focar como SimCity refletiu condições do mundo real e quais aspectos foram ignorados ou enviados a um segundo plano.

Quando se projeta uma cidade simulada no SimCity, todas as decisões tomadas refletem-se em variáveis que muitas vezes podem não terem sido pensadas por quem está jogando. Escolher a implantação de uma usina de lixo, por exemplo, poderá reverter em mais dinheiro na caixa da administração pública em um primeiro momento, mas logo o índice de poluição irá aumentar e os cidadãos das cidades irão cobrar providências ou deixarão a cidade. Os Sims, nome dado aos cidadãos das cidades criadas no SimCity, cobram da administração pública empregos, escola, habitação, saneamento e qualidade de vida, entre outras exigências, o que permite ao jogador aprender a visualizar e lidar com diversas variáveis ao mesmo tempo, à semelhança de uma cidade real, e essa experiência pode ser extremamente produtiva na compreensão do pensamento complexo aplicado aos sistemas urbanos dinâmicos, principalmente porque o *game* considera a variável tempo, uma das principais características dos sistemas dinâmicos, e mostra claramente que as causas das ações atuais podem estar distantes no tempo, em decisões tomadas anteriormente.

## 2.2 MODELAGEM DE SISTEMAS DINÂMICOS E COGNIÇÃO

Nesta seção são enfocadas conexões entre teorias cognitivas e a modelagem ou simulação computacional como contribuição em EA. Abordam-se alguns aspectos da teoria de Vygotsky, que entende-se como sendo importantes por complementar os argumentos utilizados pelos pesquisadores da área de modelagem, na utilização das simulações dos sistemas dinâmicos como ferramenta auxiliar no processo de percepção da realidade, melhor compreensão da complexidade dos fenômenos dinâmicos e auxílio no apoio à decisão.

Partindo de uma análise sobre a abordagem sócio-cultural para o desenvolvimento humano de Vygotsky, o trabalho sobre modelagem dos sistemas dinâmicos de Forrester e a analogia feita por Johnson-Laird em relação às funções mentais, é possível perceber algumas conexões que se mostram como complementos entre estas abordagens, e que permitem o estudo sob um novo viés para a utilização da modelagem na Educação, particularmente nas temáticas sócio-ambientais que a EA se propõe a abordar.

Ao pensar-se no desenvolvimento do indivíduo como resultado de sua interação com a cultura e relações sociais que experimenta com outros indivíduos de seu meio, percebe-se o quanto as representações sociais que os povos possuem sobre as questões sócio-ambientais, se reproduzem de forma sistemática ao longo do desenvolvimento das civilizações e dos indivíduos.

A visão antropocêntrica, que talvez tenha iniciado com as escrituras bíblicas, que ao menos aparentemente “autorizam” o homem a subjugar e dominar todas as coisas do céu e da terra, vivas e não vivas, acabou tornando-se um conceito internalizado na mente e na sociedade humana ocidentais de forma que os seres humanos vêm, ao longo de sua curta trajetória enquanto espécie, esbanjando as riquezas naturais e agredindo o meio onde estão inseridos, sem que uma mudança natural de conceito tenha acontecido de forma significativa em grande escala.

A partir de estudos feitos com a utilização da modelagem matemática de sistemas dinâmicos, os chamados Modelos Globais ou de Mundo<sup>52</sup>, uma nova visão da evolução da humanidade (baseada no rumo que esta vinha tomando na época dos estudos) pôde ser desvelada. Concluiu-se que no ritmo de crescimento populacional e utilização dos “recursos” naturais em um prazo não muito longo, para o tempo que a espécie humana vinha interferindo no planeta, a civilização entraria em colapso. Assim foi gerada uma nova percepção, de que algo deveria ser feito para conter esse ritmo. Desde então, diversas ações vem sendo implementadas e estudadas no mundo todo com a finalidade de impedir o fim da civilização humana, a longo prazo, como hoje é percebida.

Considerando a modelagem um sistema de “signos externos” (Vygotsky) que auxiliam o processo mental do indivíduo, a pesquisa objetivou explorar, analisar e criar modelos e simulações a fim de permitir o entendimento de padrões de comportamento dos ecossistemas urbanos, criando subsídios que permitam uma contribuição ao apoio à tomada de decisões relativas ao planejamento e gestão do espaço urbano. Entende-se que desta forma, planejadores/gestores do espaço urbano, incluindo-se aí sociedade civil, com o advento das novas diretrizes adotadas pelo Estatuto da Cidade, poderão contar com uma ferramenta educativa capaz de despertar nestes cidadãos, uma visão sistêmica sócio-ambiental do meio, propiciando o entendimento de suas inter-relações e possibilitando a implementação de ações coerentes com a sustentabilidade ambiental.

---

<sup>52</sup> Modelo de Mundo 1 e 2 desenvolvido por Forrester e equipe no MIT e Modelo de Mundo 3, aprimorado por Meadows e equipe no início da década de 70. Veja também a tese de doutorado de Vianna, J. C. (2005) que envolveu a tradução para o Português do modelo de mundo de Meadows e um estudo, com base no modelo, sobre representações de tempo e clima na formação agrônômica.

Se fez necessário um aprofundamento em estudos sobre o funcionamento da mente humana como forma de contribuir com o aprimoramento do método educativo aqui proposto. Assim, pretende-se discutir idéias de forma a explicitar aspectos entre algumas teorias e enfoques da cognição e da modelagem e simulação que possam se complementar.

### 2.2.1 Percepção Ambiental

Sendo a percepção da qualidade ambiental uma forma de cognição, precisa existir a preocupação, neste vasto número de variáveis que compõe a dinâmica urbano-ambiental, com a forma que o ser humano capta essas variações dinâmicas. Entender os processos mentais do indivíduo e a forma através da qual o sujeito se constitui e internaliza os significados atribuídos ao mundo externo pela sociedade onde está inserido é de fundamental importância para ações de EA que visem a sustentabilidade e o equilíbrio ecossistêmico.

Na abordagem sócio-histórica, Vygotsky afirma que o sujeito se constitui “de fora para dentro”, através da internalização dos significados que o meio sócio-cultural onde ele está inserido, e através do qual ele está em constante processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento, oferece .

Partindo desta hipótese, a visão a respeito do diálogo entre sociedade e indivíduo, considerada nesta pesquisa, é a de um processo que tende a criar conceitos “viciados” que já vêm de longa data distorcidos. A construção simultânea do indivíduo e da sociedade tenderá a propagar idéias, que podem estar equivocadas ou não, ininterruptamente a menos que intencionalmente esta sociedade busque por uma mudança de conceitos através da auto-reflexão que altere conceitos já internalizados, a exemplo dos preceitos bíblicos que elevam o ser humano a uma condição de espécie superior, e que vem há séculos sendo transmitido às gerações humanas. Desta forma se faz necessário encontrar maneiras de despertar nos indivíduos uma nova “visão de mundo” que mostre razões que justifiquem essa mudança de atitude.

‘O mundo que todos vêem’, segundo Maturana e Varela, ‘não é o mundo, mas *um* mundo, que criamos juntamente com outras pessoas’. Esse mundo humano tem por elemento central o nosso mundo interior de pensamentos abstratos, conceitos, crenças, imagens mentais, intenções e autoconsciência. Numa conversa entre dois seres humanos, nossos conceitos e idéias, nossas emoções e nossos movimentos corporais tornam-se intimamente ligados numa complexa coreografia de coordenação comportamental. (CAPRA, 2003 p. 68).

Com a ajuda das novas tecnologias computacionais, que permitem a simulação de nossa realidade em ambientes virtuais de aprendizagem, a exemplo do software STELLA e do *game* SimCity, a sociedade civil pode passar a compreender melhor os conceitos de sistemas dinâmicos e complexidade, de forma a concluir que uma maneira diferente da atualmente existente, de tratar o “sistema” mundo e seus subsistemas sociais, tais como os sistemas urbanos, deve passar por uma reestruturação, de valores, crenças, conceitos e fundamentalmente de modelo econômico. A simulação dos sistemas reais criados dentro do modelo capitalista vigente, como os modelos urbanos e de mundo desenvolvidos por Forrester e nos quais os *games* SimCity e SimEarth<sup>53</sup> foram baseados, nos levam a compreender que uma grande mudança se faz necessária. Ao estudar-se os comportamentos desses sistemas, com o auxílio destas ferramentas, percebe-se que não existe muita saída na

---

<sup>53</sup> Jogo de computador do tipo simulação desenvolvido pela Máxis e distribuído pela Electronic Arts, baseado no Modelo de Mundo desenvolvido pela equipe de Meadows.

busca do desenvolvimento sustentável dentro de uma economia que necessita de constante crescimento do consumo e ampliação de sistemas de negócios. Caberia perguntar se, em um sistema capitalista - que só se sustenta se visar o lucro constante e onde os cidadãos se tornam reféns deste sistema, pois necessitam vender seu trabalho, isto é necessitam que empregos disponíveis existam, o que pressupõe ampliação dos sistemas geradores de mão de obra (indústria, serviços, etc.) de acordo com a demanda por emprego - seria possível um “desenvolvimento sustentável” dentro de um mundo finito?

Foi na busca de uma reconstrução de conceitos internalizados na mente dos alunos participantes do grupo de pesquisa, no que diz respeito a essas questões, que este trabalho com a utilização da dinâmica de sistemas, STELLA e SimCity se realizou.

## 2.2.2 Representações ou Modelos Mentais

Segundo Moreira (2001), “representações internas, ou *representações mentais*, são maneiras de ‘re-presentar’ internamente o mundo externo”. Estas representações podem ser de dois tipos: representações *analógicas* (as representações visuais, auditivas, olfativas, táteis são exemplos) e *proposicionais* (entidades individuais e abstratas formuladas em linguagem própria da mente). Segundo este autor existe polêmica entre os psicólogos cognitivos, uns defendendo as imagens como sendo formas proposicionais de representação e outros defendendo as imagens como formas diferenciadas de representação. Johnson-Laird (1983), propõe um terceiro viés, que ele denomina de *modelos mentais*.

Para Johnson-Laird (1983) existiria uma diferenciação entre os três tipos de representações mentais, e segundo ele, proposições seriam representações totalmente abstraídas e verbalmente expressáveis, enquanto as imagens se refeririam a eventos com significado espaço temporal de determinados objetos ou eventos, enquanto os modelos mentais seriam um misto entre essas duas formas de representação.

*Modelos mentais* são representações analógicas, um tanto quanto abstraídas, de conceitos, objetos ou eventos que são espacial e temporalmente análogos a impressões sensoriais, mas que podem ser vistos de qualquer ângulo (e aí temos imagens!) e que, em geral, não retêm aspectos distintivos de uma dada instância de um objeto ou evento. (STERNBERG, 1996, p.181 apud MOREIRA, 2001 *on line*)

De acordo com Moreira (2001), os modelos mentais seriam “como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaados conforme necessário”. Esse conceito vem ao encontro das idéias de Vygotsky, quando ele fala nos processos de internalização do que ele chama de *signos de mediação*, onde a partir das representações do mundo real o indivíduo passa a ser capaz de manipular conscientemente suas ações de acordo com sua realidade, sem que precise da presença física dos objetos ou situações.

[...] representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são modelos vistos de um determinado ponto de vista (JOHNSON-LAIRD 1983, p. 165).

Na época que Vygotsky desenvolveu suas idéias sobre desenvolvimento e psicologia humana, predominavam duas vertentes de psicologia: a psicologia como ciência natural, preocupada com a explicação de processos elementares sensoriais e reflexos, fundamentalmente estudando o homem enquanto corpo, e outra vertente que era uma psicologia com enfoque mentalístico, que se propunha a descrever as propriedades dos processos psicológicos superiores, tomando o homem como mente, consciência, espírito, e se aproximava mais das ciências humanas e filosóficas.

Vygotsky e sua equipe buscaram então, uma abordagem que fosse uma síntese entre essas duas tendências, mas não a simples soma ou justaposição delas e sim a emergência de uma abordagem nova, antes inexistente, “[...] integrando numa mesma perspectiva o homem enquanto corpo e mente, enquanto ser biológico e ser social, enquanto membro da espécie humana e participante de um processo histórico”. (OLIVEIRA, 1995, p. 23)

As três idéias centrais do pensamento de Vygotsky, segundo Oliveira (1995, p. 23) consideram que:

- as funções psicológicas têm um suporte biológico pois são produtos da atividade cerebral;
- o funcionamento psicológico fundamenta-se nas relações sociais entre o indivíduo e o mundo exterior, as quais desenvolvem-se num processo histórico;
- a relação homem / mundo é uma relação mediada por sistemas simbólicos.

Com relação ao suporte biológico das funções psicológicas provenientes da atividade cerebral, Johnson-Laird faz uma analogia com o funcionamento de um computador.

Porque alguém deveria supor que o cérebro contém símbolos? Ele é composto de células nervosas, e células nervosas produzem impulsos, os quais são alterações eletroquímicas que se propagam relativamente devagar ao longo de fibras nervosas e que saltam a junção (ou sinapse) entre um nervo e outro via outro processo químico ou elétrico. O fenômeno mental se dá no cérebro, e eles podem melhor ser explicados em termos de símbolos. O número de diferentes símbolos correspondendo a imagens, crenças e memórias é potencialmente infinito, mas o cérebro não pode conter um número infinito de símbolos pré-existentes – não mais do que uma biblioteca pode conter um número infinito de volumes. A vasta diversidade de símbolos mentais deve ser construída a partir de significados finitos – a partir de símbolos primitivos. Impulsos nervosos e os outros eventos eletroquímicos podem entretanto ser tratados como as bases subjacentes primitivas – talvez análogas em forma – a partir da qual os símbolos são contruídos. Aqui o computador e a força de símbolos numéricos fornecem a idéia crucial. Não importa quão complicado o desempenho do computador, não importa o que o rege, não importa quão profundos são os resultados, tudo que um computador pode fazer é levar adiante uns poucos tipos de operações básicas em números binários. Em conseqüência, processos computacionais devem ser aptos para modelar símbolos mentais e suas manipulações. (JOHNSON-LAIRD, 1988, p. 35 tradução nossa)

Confrontando essas idéias com a abordagem sócio-histórica, convém chamar a atenção que Vygotsky e sua equipe afirmam que o cérebro é um sistema aberto que tem seu funcionamento e estrutura moldada a partir do desenvolvimento da espécie e da história individual do sujeito. Desta forma, o indivíduo passaria de biológico a sócio-histórico, pois a vivência cultural e a relação de mediação entre o homem e o mundo que o cerca são influências diretas no processo de constituição deste.

Fundamentalmente, são dois os elementos neste processo de mediação entre o homem e o objeto de suas funções superiores, aquelas ações consciêntes e intencionais praticadas pelos ser humano: *os instrumentos e os signos*.

Por instrumentos entende-se aqueles objetos externos ao homem que o auxiliam em *suas intervenções com o meio*, como o caso dos instrumentos de trabalho, e os signos se configuram em elementos que auxiliam o sujeito nos seus *processos internos*, como cordões no dedo para ajudar a lembrar um compromisso, desenhos para auxiliar o raciocínio, etc.

Partindo destes pressupostos propostos pela abordagem sócio-histórica com relação à cognição humana, considera-se a modelagem ou a simulação de sistemas dinâmicos, como auxílio para o apoio à decisões, também como um sistema de signos.

Ao expressar através de modelos uma simulação de situações reais, o indivíduo consegue visualizar de maneira sistêmica ou integrada a realidade ao seu redor e estudar padrões de comportamento que este modelo poderá apresentar conforme a simulação de suas variáveis. Com base nestas simulações o indivíduo

poderá então obter auxílio para decidir, quais políticas seriam mais adequadas para se atingir um comportamento desejado para aquele sistema dinâmico.

Segundo a teoria de Vygotsky, conforme o homem se desenvolve, os signos mediadores vão sendo gradualmente internalizados passando a estar não apenas externos a ele mas também dentro de sua mente, ou seja o indivíduo passa a se apoiar em *representações mentais* (ou signos internos) que substituem os signos externos no processo de mediação psicológica. Conforme afirma Oliveira, 1995:

[...] a própria idéia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo – isto é, fazer relações, planejar, comparar, lembrar, etc. – supõe um processo de representação mental. Temos conteúdos mentais que tomam o lugar dos objetos, das situações e dos eventos do mundo real. (OLIVEIRA, 1995, p. 35).

A capacidade que o ser humano possui de imaginar objetos e fatos que não estão presentes ou mesmo que nunca existiram de fato permite ao homem fazer planos, ter intenções e sem que para isso necessite ter os objetos de seus processos mentais presentes. Os *signos interiores* ou *representações/modelos mentais* possibilitam esse processo de mediação de forma extremamente importante para o desenvolvimento do indivíduo.

Quando trabalhamos com os processos superiores que caracterizam o funcionamento psicológico tipicamente humano, as representações mentais da realidade exterior são na verdade, os principais mediadores a serem considerados na relação do homem com o mundo. (OLIVEIRA, 1995, p. 35)

Porém, para que as representações mentais possam ter significado para o sujeito de forma que este tenha condições de se comunicar com o grupo no qual ele está inserido, as *relações sociais* que o ser humano experimenta são fundamentais. É o grupo social que dá significado para as associações do indivíduo, de acordo com a cultura onde ele está inserido.

Os sistemas de representação da realidade – e a linguagem é o sistema simbólico básico de todos os grupos humanos – são, portanto, socialmente dados. É o grupo cultural onde o indivíduo se desenvolve que lhe fornece formas de perceber e organizar o real, as quais vão constituir os instrumentos psicológicos que fazem a mediação entre o indivíduo e o mundo. [...] esses sistemas de representação da realidade consistem numa espécie de ‘filtro’ através do qual o homem será capaz de ver o mundo e operar sobre ele. (OLIVEIRA, 1993 p. 36)

Segundo Vygotsky a linguagem se desenvolveu no ser humano devido à necessidade de comunicação mais sofisticada que demonstrasse mais do que apenas a expressão de estados gerais, como ocorre em um bebê que emite sons que podem significar desconforto ou prazer, e que para atingir esse propósito foram necessárias a elaboração de signos que fossem *compreendidos e compartilhados* com outras pessoas, traduzindo sentimentos, vontades, pensamentos, etc. Em um segundo momento, a linguagem torna-se através de sua propriedade generalizante, um instrumento de pensamento, fornecendo conceitos e formas de organizar o real de maneira a constituir a mediação entre o sujeito e seu objeto de conhecimento.

Assim como ocorreu no desenvolvimento da espécie humana, num determinado momento do desenvolvimento da criança (por volta dos dois anos de idade) o

percurso do pensamento encontra-se com o da linguagem e inicia-se uma nova forma de funcionamento psicológico: a fala torna-se intelectual, com função simbólica, generalizante, e o pensamento torna-se verbal, mediado por significados dados pela linguagem. Enquanto no desenvolvimento filogenético foi a necessidade de intercâmbio dos indivíduos durante o trabalho que impulsionou a vinculação dos processos de pensamento e linguagem, na ontogênese esse impulso é dado pela própria inserção da criança num grupo cultural. A interação com membros mais maduros da cultura, que já dispõem de uma linguagem estruturada, é que vai provocar o salto qualitativo para o pensamento verbal. (OLIVEIRA, 1995, p. 47).

A partir daí, apesar de continuarem existindo ambas as formas de raciocínio, pensamento verbal e pensamento sem linguagem, o primeiro passa a predominar na ação psicológica típica dos seres humanos e por essa razão é objeto privilegiado em estudo de psicologia que se interessam pelos processos mentais superiores, a fim de tentar compreender o funcionamento do homem enquanto ser sócio-histórico.

É no significado da palavra que o pensamento e a fala se unem e onde se encontra a unidade das duas funções básicas da linguagem: o *intercâmbio social* e o *pensamento generalizante*. Através do significado é que se propicia a mediação simbólica entre o sujeito e o mundo que o cerca, significado esse que passa a ser uma lente através da qual o indivíduo consegue compreender o mundo e agir sobre o mesmo. Como a psicologia considera o significado da palavra como uma generalização ou um conceito, e como estes são atos de pensamento, pode-se considerar o significado das palavras como sendo um fenômeno do pensamento.

Porém, esses significados não são imutáveis, pois são construídos ao longo da história dos grupos humanos baseados nas relações dos homens com o mundo físico e social em que vivem, e estas estão em constantes transformações. As transformações de significado não somente ocorrem devido a “experiência vivida, mas principalmente, a partir de definições, referências e ordenações de diferentes sistemas conceituais, mediadas pelo conhecimento já consolidado na cultura.” (OLIVEIRA, 1995, p. 50) Além disso, existe também a questão do sentido, que liga o significado objetivo ao contexto de uso da língua e aos motivos afetivos e pessoais de seus usuários, mostrando que a experiência individual é muito mais complexa do que a generalização contida nos signos.

As relações sociais interferem também, segundo Vygotsky, na questão do aprendizado, possibilitando o despertar de processos internos no indivíduo ligando o desenvolvimento da pessoa a sua relação com o ambiente sócio-cultural em que vive, e sem o qual ele não pode se desenvolver plenamente.

Assim, devido à ampla interferência das relações sociais e do meio cultural na formação do indivíduo é que se faz extremamente importante um trabalho focado nas concepções coletivas, as representações sociais, de modo a alterar a forma de relacionamento das sociedades e dos indivíduos com o meio natural visando a sustentabilidade da vida *na e da* terra. Nesta tarefa, o aprendizado com auxílio de ferramentas de simulação é de grande valia para que os indivíduos consigam visualizar sua realidade dinâmica de forma sistêmica aperfeiçoando suas representações para uma forma mais coerente com a proposta de sustentabilidade ambiental, para a partir destes novos conceitos ter atitudes e ações que contribuam com este objetivo.

### 2.2.3 Modelagem como Sistema de Signos

De acordo com Forrester (1991), a dinâmica de sistemas não apresenta modelos às pessoas pela primeira vez. Modelos já estão presentes em tudo que fazemos. Ninguém possui uma família, corporação, cidade ou país dentro de sua cabeça. Ao invés disto a pessoa possui observações e hipóteses sobre aqueles sistemas. Tais observações e hipóteses constituem modelos. Tais modelos são então usados como bases para ação. O sucesso máximo de uma investigação que utiliza a dinâmica de sistemas depende de uma identificação inicial clara de uma importante proposta e objetivo. Presumivelmente um modelo de sistema dinâmico

organizará, esclarecerá e unificará conhecimento. O modelo deve oferecer às pessoas uma compreensão mais efetiva sobre um importante sistema que tem exibido previamente um comportamento confuso ou controverso. Em geral, projetos bem sucedidos na área de dinâmica de sistemas são aqueles que alteram a maneira de pensar das pessoas sobre um sistema. A simples confirmação de que crenças de uso comum e políticas estejam corretas poderá ser satisfatória, mas dificilmente necessária, a menos que existam diferenças de opiniões para serem resolvidas. É substituindo e unificando pontos de vista que os modelos mentais relevantes são alterados. Mas caberia perguntar: os modelos mentais de quais pessoas devem ser influenciados? Em primeiro lugar, uma modelagem de sucesso deve iniciar pela identificação do grupo social para o qual o modelo terá utilidade.

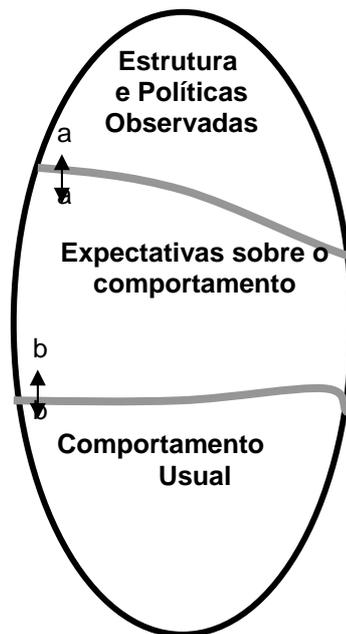
Sistemas complexos desafiam soluções intuitivas. Mesmo uma equação diferencial linear de terceira ordem é insolúvel pela investigação. Situações importantes em gerenciamento, economia, medicina e comportamento social, normalmente perdem o aspecto de realidade se simplificados para menos do que um sistema não-linear dinâmico de quinta ordem<sup>54</sup>. Frequentemente um modelo representando um sistema como os citados, poderá ser de vigésima ordem ou de uma ordem superior. Tentativas de consenso, com a utilização de métodos costumeiros de descrição e debate, em questões que envolvam sistemas dinâmicos não lineares, frequentemente levam a inconsistências de forma que hipóteses fundamentais podem não ficar claras e parecerem contraditórias. Modelos mentais possuem frequentemente uma lógica incompleta.

A modelagem de sistemas dinâmicos pode ser eficiente porque constrói a parte confiável de nosso entendimento do sistema enquanto compensa a parte não confiável. O método explicita diversos aspectos que causam confusão em debates normais, de forma a separar considerações sobre hipóteses de fundamentação tais como estrutura, políticas e parâmetros, daqueles comportamentos que ainda são confusos. Por considerar hipóteses independentemente do comportamento resultante, há menos inclinação das pessoas divergirem em hipóteses com as quais elas poderiam verdadeiramente concordar simplesmente porque elas inicialmente discordaram das conclusões dinâmicas que podiam se seguir.

Apresenta-se na figura 03 da página 65, o conhecimento de sistemas em três categorias de forma a ilustrar dentro de quais encontram-se os pontos altos e as fragilidades de modelos mentais e modelos de simulação.

---

<sup>54</sup> Sistemas de ordem “n” em modelagem computacional significa o número de “níveis” ou “acumulações” que estão presentes no sistema. Um sistema de quinta ordem terá cinco variáveis do tipo “níveis”. Veja no ítem 2.3 os princípios de sistemas de Forrester para um maior entendimento.



**Figura 03** - Três categorias de informação que compõe os dados básicos utilizados pela mente humana na construção dos modelos/representações mentais. Adaptado de Forrester (1991)

O topo da figura 03, representa o conhecimento acerca de estrutura e políticas, ou seja sobre as partes elementares de um sistema. Este é um local de conhecimento não-dinâmico, que descreve a informação disponível em cada ponto de apoio à decisão e que identifica quem controla cada parte do sistema. Esta área revela como as pressões e crises influenciam decisões. De maneira geral as informações acerca de estrutura e políticas são confiáveis e mais frequentemente vistas da mesma maneira por diferentes pessoas, do que geralmente se supõe. Somente se faz necessário explicitar estas informações, guiando-se pelo conhecimento de como a estrutura está relacionada à dinâmica, pela utilização da compreensão oferecida pela dinâmica de sistemas sobre como organizar informação estrutural para apontar um conjunto particular de questões dinâmicas.

O meio da figura 03, representa hipóteses de como o sistema irá se comportar, com base na estrutura e políticas observadas da parte superior da figura. Este corpo central de crenças é, de fato, as soluções intuitivamente simuladas para as equações dinâmicas descritas pela estrutura e políticas na parte superior do diagrama. Esta parte central representa as soluções provenientes da reflexão, debate e conciliação, para o sistema não-linear descrito na parte superior da figura. É também nesta parte central que encontram-se as suposições que levam gerentes a alterar políticas ou levam governantes a alterar leis. Com base em hipóteses sobre o comportamento esperado, políticas e leis na parte superior são alteradas em um empenho para atingir hipóteses aprimoradas na parte central.

A parte inferior da figura 03, na página 64, representa o comportamento usual do sistema como observado na vida real. Muito frequentemente, o comportamento usual difere substancialmente do comportamento esperado. Existem discrepâncias ao longo do limite b-b (“expectativas sobre o comportamento”-“comportamento usual”). A surpresa vinda do fato de que a estrutura e as políticas observadas não levam ao

comportamento esperado, normalmente é explicada pela suposição de que as informações sobre estas estruturas e políticas devem estar incorretas. Injustificavelmente, responsabilizar conhecimento inadequado sobre partes do sistema, tem resultado em incontados milhões de homens-horas de trabalho em reuniões de coleta de dados, questionários, e entrevistas que tem falhado em melhorar significativamente a compreensão de sistemas.

Uma investigação com a utilização da dinâmica de sistemas, normalmente mostra que a discrepância importante que um sistema apresenta não está ao longo do limite b-b, ou seja entre “as expectativas sobre o comportamento” e o “comportamento usual” mas sim ao longo do limite a-a, que é o caminho entre “estruturas e políticas observadas” e o “comportamento esperado”. Quando um modelo é construído a partir do que é observado e acordado na parte da estrutura e políticas, este modelo normalmente exhibe o comportamento vigente do sistema real. O conhecimento existente sobre as partes do sistema é mostrado para explicar o comportamento vigente. A divergência no diagrama é devido a inconsistência entre o comportamento esperado intuitivamente na parte central do esquema e a estrutura e políticas conhecidas da parte superior.

## 2.3 PRINCÍPIOS DE SISTEMAS

Os Princípios de Sistemas explicitados a seguir<sup>55</sup>, foram desenvolvidos por Forrester e são os fundamentos para a construção e entendimento de modelos de sistemas dinâmicos criados para estudos e análises de situações do mundo real.

### **Princípio de Sistemas 01:**

O elo de realimentação é elemento estrutural básico do sistema.

Um sistema simples é composto de um elo de realimentação positivo e um negativo. Chama-se atenção para a estrutura circular de um elo de realimentação. Elos de realimentação são blocos de construção de sistemas que se interligam para construir sistemas mais complexos.

### **Princípio de Sistemas 02:**

Taxas e níveis são sub-estruturas fundamentais dos elos

Um elo de realimentação é feito de dois tipos de variáveis distintas, os níveis (também chamados estoques ou estados) e as taxas (também chamadas de fluxos ou ações). Estas duas variáveis são necessárias para representar a estrutura em um elo de realimentação. Níveis e taxas são componentes primários da estrutura dos modelos, são fundamentais à estrutura do sistema. Deve-se fazer distinção entre o princípio 01 e o princípio 02, pois os elos de realimentação são blocos de construção dos sistemas dinâmicos e níveis e taxas são blocos de construção dos elos de realimentação.

---

<sup>55</sup> Compilados, adaptados e traduzidos a partir do material disponibilizado pelo MIT em Road Maps de 1 a 9 (projeto do MIT de educação com a utilização da dinâmica de sistemas) disponível em <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>

**Princípio de Sistemas 03:**

Taxas e níveis não são definidos por suas unidades de medida.

Unidades não determinam se uma variável é um nível ou uma taxa. Este princípio é importante em modelagem porque determina que não se deve supor que um componente particular de um sistema é um nível ou uma taxa somente a partir da aparência de sua unidade de medida.

**Princípio de Sistemas 04:**

Níveis são acumulações.

Níveis enfatizam as quantidades que acumulam no decorrer do tempo, ou seja, níveis acumulam os resultados de taxas (ações) no sistema.

**Princípio de Sistemas 05:**

Níveis são alterados somente pelas taxas.

Somente taxas podem alterar níveis. Este princípio se mostra importante em modelagem porque ajuda a esclarecer as interações entre os diferentes níveis e taxas.

**Princípio de Sistemas 06:**

Níveis existem em subsistemas conservativos.

Uma quantidade conservada tem a propriedade de nunca ser criada ou destruída (dentro de seu sistema), podendo apenas mover-se ao redor.

**Princípio de Sistemas 07:**

Taxas têm relação de dependência apenas com níveis e constantes.

Duas taxas não podem influenciar diretamente uma a outra, taxas dependem somente de níveis e constantes. O valor de uma variável taxa depende somente dos valores atuais de variáveis níveis e constantes. Nenhuma variável taxa depende diretamente de qualquer outra variável taxa. As equações de taxa (ou declarações políticas) de um sistema

são formas algébricas simples, não envolvem o tempo e também não são dependentes de seus próprios valores passados.

**Princípio de Sistemas 08:**

Decisões estão sempre dentro de elos de realimentação.

Não importa qual a natureza do processo de decisão – humana, subconsciente, biológica, química, mecânica, elétrica, etc. – ela sempre pertence pelo menos a um elo de realimentação. Pode ser difícil pensar em uma máquina ou uma reação química como uma tomada de decisão, mas neste princípio considera-se um “processo de decisão” como sendo qualquer caso onde uma alteração seja feita com base em uma informação encontrada no sistema.

**Princípio de Sistemas 09:**

Toda equação deve ter uma uniformidade de unidades.

Em qualquer equação, todos os termos devem ser medidos na mesma unidade. “Não se pode somar maçãs com laranjas”. Diferença entre os termos indica uma formulação errada da equação.

**Princípio de Sistemas 10:**

Elos de primeira ordem apresentam comportamento exponencial.

O Elo de realimentação de primeira ordem sempre exhibe um comportamento exponencial no tempo, que pode ser tanto de crescimento quanto de decaimento.

**Princípio de Sistemas 11:**

Níveis descrevem completamente a condição do sistema.

Níveis descrevem completamente o estado do sistema. Os valores de todas as outras variáveis (as variáveis taxa) podem ser computadas a partir destes valores e o sistema de equações sozinho.

**Princípio de Sistemas 12:**

Variáveis têm as mesmas unidade dentro de subsistemas conservativos.

Níveis conectados dentro de um subsistema conservativo tem a mesma unidade de medida.

**Princípio de Sistemas 13:**

Solução de intervalo DT está em todos as equações de níveis

O DT (também chamado período de medida, delta tempo, passo de tempo) é o período de tempo no qual o nível é alterado pela taxa. DT é multiplicado pela taxa atual e somado ao valor do nível existente – determinando o valor do nível após o próximo intervalo DT de tempo. O DT é essencial para a equação de nível.

**Princípio de Sistemas 14:**

Elos negativos de segunda ordem exibem comportamento oscilatório

Todos os sistemas em estruturas genéricas oscilatórias são elos negativos de segunda ordem, e todos eles oscilam. A oscilação é independente dos valores dos parâmetros e deve-se a sua estrutura qualitativa.

**Princípio de Sistemas 15:**

Objetivo, observação, discrepância e ação criam um subsistema

Uma equação de decisão (política) ou de taxa reconhece um objetivo local através do qual aquele ponto de decisão busca, e compara o objetivo com a aparente condição do sistema para detectar uma discrepância, e usa a discrepância para guiar a ação.

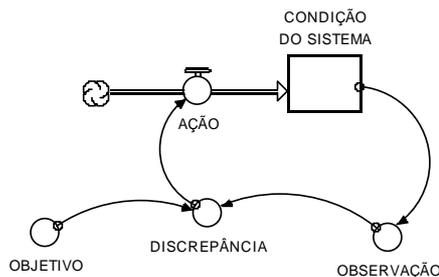


Figura 04 – Sistema de Decisão.

**Princípio de Sistemas 16:**

Variáveis níveis e variáveis taxas devem se alternar.

Conversores são partes algébricas das taxas às quais são conectadas. Qualquer caminho através da estrutura de um sistema encontra taxas e níveis alternadamente. Níveis dependem somente de taxas e taxas dependem somente de níveis (e constantes), respectivamente. Então para qualquer elo no sistema, se iniciar em um nível, a próxima variável que procura-se não pode ser outro nível, ela deve ser uma taxa. Da mesma forma, se no movimento através de qualquer elo iniciando por uma variável taxa, a próxima variável não pode ser outra taxa (ou mesmo uma constante, elas não são influenciadas por alguma variável), a próxima variável deve ser agora um nível. Este poderia ser o mesmo nível ou poderia ser um novo.

**Princípio de Sistemas 17:**

Elos de realimentação positivos normalmente mostram comportamento exponencial.

Elos de realimentação positivos de qualquer ordem normalmente exibem crescimento exponencial simples. Crescimento exponencial é o único comportamento estável de elos positivos de realimentação. Todos os outros comportamentos são instáveis, uma perturbação muito leve nos valores iniciais dos níveis causará o comportamento desestabilizador no crescimento exponencial. Na maioria dos sistemas do mundo real, os valores iniciais são tais que o elo positivo de realimentação gerará crescimento exponencial.

**Princípio de Sistemas 18:**

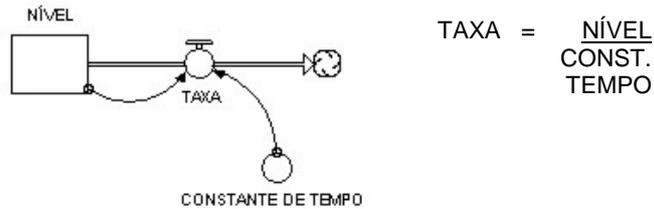
Coefficientes de conversão são identificáveis dentro de sistemas reais.

Coefficientes de conversão devem sempre ter um significado claro e real. Eles não são inseridos apenas para balancear equações.

**Princípio de Sistemas 19:**

Constante de tempo de um elo de primeira ordem relaciona um nível a uma taxa

A constante de tempo exponencial de um elo de primeira ordem é o multiplicador que define a taxa em termos do nível. Ela relaciona um nível a taxa que a afeta.



**Figura 05 – Elo de Primeira Ordem.**

A taxa é igual ao nível dividido pela constante tempo, ou ao nível multiplicado pela recíproca da constante tempo (a fração 1/constante tempo). Kurtz dos Santos (2002) algumas vezes chama a Constante de Tempo como K, que é um multiplicador e representa a equação acima da seguinte forma:

$$NIVEL = NIVEL + (NIVEL / CONST TEMPO) * DT$$

“Ao dividir DT pela Constante de Tempo, teremos um adimensional que define, ao ser multiplicado pelo valor anterior do nível o quanto deste nível é agregado ao seu novo valor” (KURTZ DOS SANTOS, 2005<sup>56</sup>).

Exemplo:

DT= 1SEMANA

CONST TEMPO = 10SEMANAS

$$N = N + (N/10) * 1$$

OU

$$N = N + 0,1N$$

A cada semana é agregado (1/10) de não estoque.

**Princípio de Sistemas 20:**

Taxas não são instantaneamente mensuráveis.

<sup>56</sup> Informações fornecidas na orientação pelo Prof. Dr. Arion de Castro Kurtz dos Santos a esse trabalho.

Nenhuma taxa de fluxo pode ser medida instantaneamente. Uma taxa é uma alteração no tempo. Sem uma observação sobre um intervalo de tempo, uma taxa não pode ser medida. A taxa é determinada como a alteração no valor do nível sobre o tempo. Não existe forma de medir valores instantâneos de uma taxa.

**Princípio de Sistemas 21:**

Todo sistema tem uma borda fechada (limites).

Ao se criar um sistema real, qualquer interação que é essencial para o modo de comportamento sob investigação deve estar incluso dentro dos limites do sistema. Se o modelo é para gerar o mesmo comportamento que o sistema real apresenta, então a estrutura do sistema, que é a responsável por aquele comportamento, deve estar inclusa dentro do modelo. O comportamento e seu gerador são endógenos para o sistema fechado.

**Princípio de Sistemas 22:**

Ligações de informação conectam níveis à taxas.

Ligações de informação ou conectores ligam níveis para controle de taxas. Através dos conectores, valores da variável nível vão para a equação de taxa, determinando a taxa de fluxo.

**Princípio de Sistemas 23:**

Decisões (taxas) são baseadas somente em informações disponíveis.

Decisões são tomadas com base unicamente em estados políticos em equações de taxa. As equações de taxa em um modelo de sistema dinâmico são afirmações políticas que determinam como “decisões” são tomadas.

**Princípio de Sistemas 24:**

Variáveis auxiliares encontram-se somente nos conectores.

Uma variável auxiliar, ou conversor, é uma subdivisão de uma equação de taxa. Ela permite que um modelo seja desagregado dentro de uma compreensão mais fácil das equações. Variáveis auxiliares ajudam na formulação de um entendimento facilitado nas equações de taxa.

**Princípio de Sistemas 25:**

Modelos de simulação matemática pertencem a ampla classe de modelos abstratos.

Um modelo é um substituto para um objeto ou um sistema. Alguns modelos são físicos tais como um avião de brinquedo ou uma maquete de arquitetura. Alguns modelos são abstratos. Os modelos abstratos incluem imagens mentais, descrições literárias, regras de comportamento para jogos ou *games* e códigos legais. Modelos de simulação matemática também pertencem a ampla classe de modelos abstratos. Devido a grande difusão da modelagem computacional nos últimos anos, é importante compreender as hipóteses e aplicações das várias técnicas de modelagem.

**Princípio de Sistemas 26:**

A validade de um modelo é uma matéria relativa.

A utilidade de um modelo de simulação matemática deve ser julgada em comparação com uma imagem mental ou outros modelos abstratos que seriam usados em lugar deste. Nenhum modelo é uma representação perfeita de um objeto real. Um modelo é bem sucedido se ele abre caminho para aprimorar a exatidão com a qual nós podemos representar a realidade.

*As atividades humanas evoluíram a tal ponto que mudaram para sempre nossa visão da Terra e do papel que desempenham nela os diversos povos que a habitam. O desafio educacional do momento é aprender a ver o ambiente e a sociedade como um sistema único. A educação que cada pessoa recebe deve mostrar como o indivíduo está ligado à economia, e como, tanto ele como a sociedade e sua economia, dependem dos recursos (finitos) do meio ambiente. (ODUM, 1987 p. 2)*



Vista da Cidade de Florianópolis – Outubro 2005  
Autor da Foto: **Rita Gnutzmann Veiga**



### 3 SIMULAÇÃO Urbana COMO PROPOSTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

*Neste capítulo apresenta-se os softwares que compuseram a proposta educativa, mostrando alguns dos aspectos de cada um que demonstraram potencial para utilização em atividades didáticas e problematizadoras do ambiente urbano a partir da ótica da Educação Ambiental.*

A simulação de comportamentos dinâmicos através de ferramentas computacionais, tais como o *game* SimCity e o software STELLA, de forma a auxiliar no processo de compreensão da realidade - realidade essa que pode assumir diversas abordagens entre as quais a ambiental ou a social - é um importante instrumento para que através destes estudos os próprios indivíduos externalizem suas visões de mundo, tenham oportunidade de compará-las com outras e possam vir a concluir que uma mudança nos rumos que a humanidade vem dando à sua trajetória no planeta se faz necessária.

#### 3.1 O GAME SIMCITY

Nesta pesquisa, trabalhou-se com a versão 4 de *SimCity Classic*. O jogo, atualmente conta com uma extensão chamada a *Hora do Rush* e também um pacote contendo ambos que é o *SimCity Delux*, não disponível no Brasil. Estes adicionais oferecem ferramentas extras tais como a escolha do nível de dificuldade no jogo.

SimCity 4, a mais atual versão do *game* lançada pela *Electronic Arts* em 2003 e com versão em português, trabalha em três *modos* de jogar: *o modo Deus*, *o modo prefeito* e *o modo Sims*.

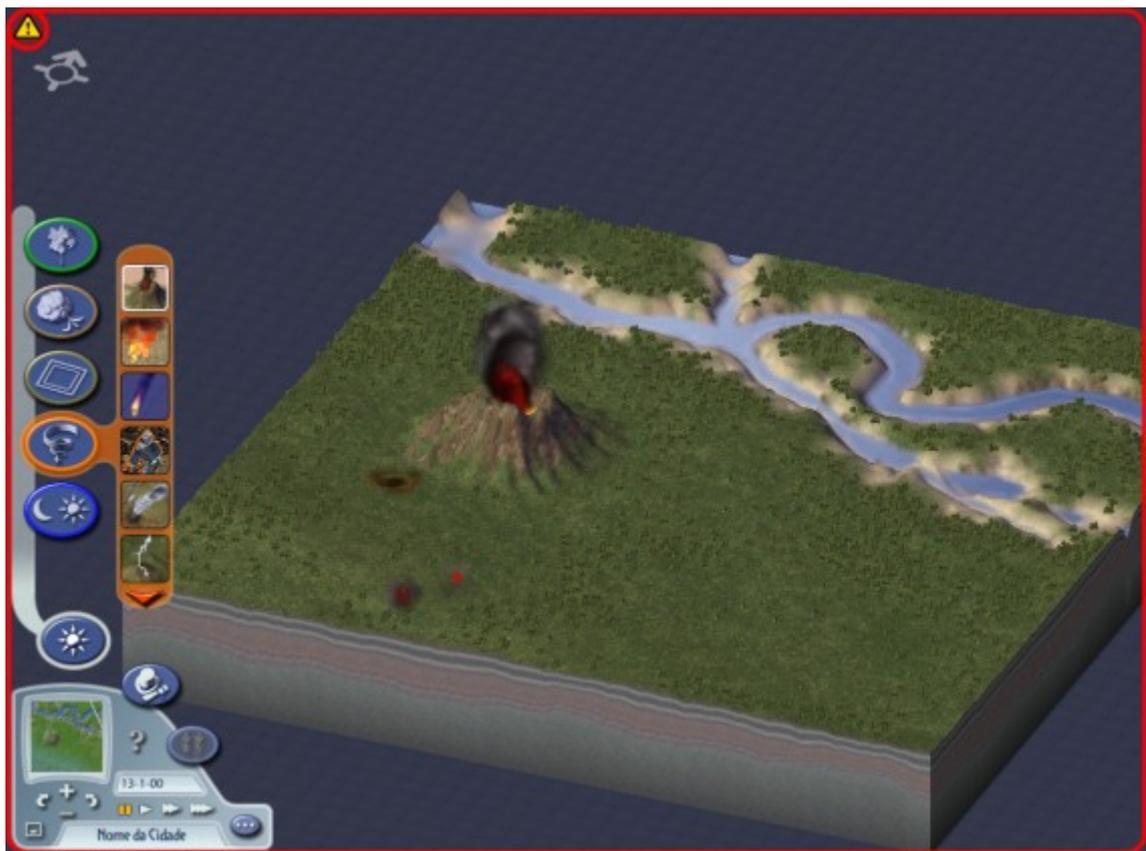
Ao iniciar o jogo, escolhendo uma das regiões fornecidas com o *game*, tal como a região de Londres ou Berlim, uma região fictícia ou ainda uma criada pelo próprio jogador ou compartilhada por outros jogadores através das ferramentas disponibilizadas na página oficial do *game*, (<http://simcity.ea.com>), o jogador decide em qual área implantará sua nova cidade. Pode-se também iniciar em uma cidade já implantada que esteja disponibilizada no jogo ou nas páginas web, onde outros jogadores compartilham suas criações.



**Figura 06** – Região de Berlim disponibilizada no SimCity4.

Como pode-se observar na figura 06, SimCity fornece informações sobre a área escolhida. Caso já exista uma cidade, ele mostra dados como população, orçamento e satisfação com o prefeito anterior.

Após selecionar a área, o *game* é carregado diretamente para o modo Deus - como pode ser observado na figura 07 da página 80 - onde o usuário terá condições de alterar totalmente topografia e vegetação, inserir fauna, ou mesmo implantar cursos de água ou vulcões. Tudo sem comprometer nada do orçamento da cidade por enquanto.



**Figura 07** – Ferramentas de Criação Geológica da Área no Modo Deus.

Decididas as configurações físico-geográficas da cidade o jogador entra no *modo Prefeito*, onde de fato o *game* começa.

Iniciando uma nova cidade o jogador, enquanto prefeito é recebido com fogos de artifício, seu terreno vazio como fôra criado, nenhum cidadão e 100.000 *Simeleons* – a moeda da nação Sim.

A partir daí, ferramentas de planejamento e gestão urbanas são disponibilizadas, tais como zoneamento – residencial, comercial, industrial – de baixa, média e alta densidade, ruas, avenidas, estradas, infraestrutura de água, esgoto, geração e distribuição de energia, sistemas de educação, estrutura policial, bombeiros, parques, monumentos, etc.

Todas as ferramentas trazem informações sobre custo de implantação e de manutenção mensal, como pode ser observado na figura 08 da página 81. Alguns dos serviços disponíveis, como a implantação de usinas ou o zoneamento industrial, trazem também informações sobre o grau de poluição ambiental.



Figura 08 – Cidade Criada no SimCity e a interface do jogo.

A partir do zoneamento e da implantação mínima de alguns serviços, e áreas que possibilitem trabalho aos Sims, os cidadãos, por iniciativa própria, começam a vir para a cidade. Os Sims constroem suas próprias casas de acordo com o padrão econômico que possuem e nos locais que oferecem estrutura compatível com suas aspirações. Da mesma forma os empresários do setor comercial e industrial decidem ou não implantar negócios na cidade, sempre de acordo com a estrutura ou “conveniência” que a cidade oferece. E esta estrutura e conveniência é determinada pelo prefeito, ou seja, pelo usuário do *game*, e é maior ou menor conforme as decisões tomadas por ele.

O maior desafio do jogo, é propiciar aos cidadãos adequadas condições de ambiente, infraestrutura e emprego, sem quebrar os cofres da prefeitura.

Todas as ações do prefeito devem ser planejadas com muito cuidado. A falta de investimentos em educação acarretará em uma população de Sims com baixa cultura, indústrias poluidoras compatíveis, com o tipo de mão de obra, e cidadãos que irão construir residências de baixo padrão. Investimentos em infraestrutura e educação, além de estruturas de lazer podem transformar os Sims em cidadãos que gradualmente terão melhor poder aquisitivo e na cidade indústrias mais limpas e ambientalmente equilibradas.



Figura 09 – Ferramenta de Ajuste e Acompanhamento Orçamentário da Cidade.

Na figura 09 vê-se a janela de acompanhamento do Orçamento Mensal, onde é possível notar ferramentas de ajuste de impostos de acordo com três faixas de renda da população distribuídos pelos três tipos de zoneamento possibilitado no jogo, que são o zoneamento residencial, comercial e industrial. Também está explicitado na figura, despesas mensais e a relação entre despesas e receitas, dados fundamentais para que o usuário planeje a administração da cidade.

O outro modo de jogo, o *modo Sims*, permite ao prefeito receber o *feedback* da população com relação às expectativas e carências dos cidadãos. Neste modo pode-se nomear algumas pessoas, definir um lugar para morarem, seu perfil, etc. Neste modo de jogo pode-se pensar em uma administração e planejamento participativo da cidade, (de forma dialética) através do acompanhamento das reivindicações, necessidades e anseios da população local.

Fazendo-se uma análise dos fóruns existentes em *sites* oficiais de fãs do jogo, pode-se perceber que a grande maioria deles espera que suas cidades *creçam* e que nela exista a presença de arranha-céus, monumentos, e “*desenvolvimento*”. Isso sinaliza o que as pessoas esperam de uma cidade real.

No modo prefeito, várias ferramentas que demonstram os elos do jogo com a dinâmica de sistemas podem ser encontradas, tais como gráficos de evolução temporal de diversas variáveis, à semelhança do modelo de dinâmica urbana proposto por Forrester, como níveis de poluição, de renda, de habitação, de emprego, infra-estrutura, segurança, etc, como demonstrado na figura 09 da página anterior. O jogo também permite que se façam ajustes nos orçamentos destinados a serviços como educação, saúde ou segurança,

adequando os níveis orçamentários à demanda. Caso se reduza muito o orçamento, poderão ser observados na cidade servidores em greve ou manifestações públicas dos Sims, assim como as manchetes nos jornais.

Todas essas ferramentas servem de exercício aos jogadores de forma a auxiliar a manipulação de diversas variáveis ao mesmo tempo. O usuário aprende que não basta apenas um bonito e eficiente zoneamento se as questões políticas e orçamentárias não se fizerem uma preocupação simultânea. Perde-se o

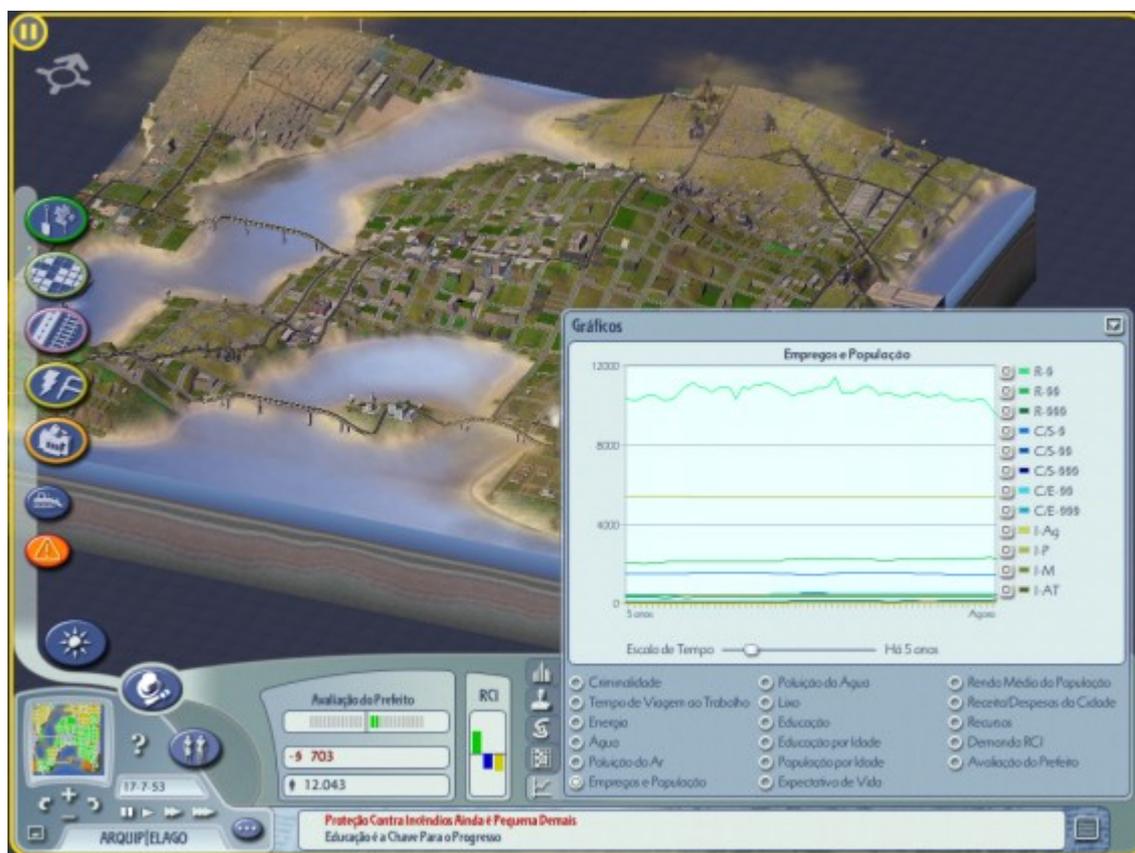


Figura 10 – Gráfico mostrando faixa de renda e emprego da população.

jogo, caso o prefeito seja demitido da cidade.

O objetivo do jogo – que é o mesmo de uma cidade real situada em um país que siga a lógica capitalista - é a busca do desenvolvimento, e aqui não estamos falando *ainda* de um “desenvolvimento sustentável” *nos moldes* que se pretende atingir com ações de educação ambiental, mas sim aquele que se daria através de um crescimento econômico *compatível* com o crescimento populacional, permitindo uma manutenção ambientalmente “saudável” da cidade. Para isso a administração precisa compatibilizar “sucesso econômico, social, cultural e ambiental com arrecadação de impostos adequada às despesas geradas e sempre oferecendo à cidade a estrutura de serviços básicos demandada.

Essa lógica de jogo, que é a mesma que se vivencia atualmente nas cidades reais, permite discutir com os alunos, questões como espaço *finito* e *limite* dos recursos naturais, pois fica muito evidente a complexidade do sistema urbano e a dificuldade, consequente da lógica capitalista, de se chegar a um desenvolvimento *verdadeiramente* sustentável, isto é aquele tipo de desenvolvimento que ao buscar a melhora *qualitativa* e *conjunta* dos diversos setores da sociedade humana, tal como o ambiental, social e econômico, atua de forma a não prejudicar o manutenção da qualidade de vida das gerações futuras.

A imersão no jogo, através da simulação, permite perceber que dentro deste modelo econômico, onde se vislumbra a necessidade constante de *crescimento*, tanto econômico quanto populacional, e aqui falamos em aumento quantitativo e não em melhora qualitativa, fica muito difícil não haver um esgotamento das riquezas naturais, seja pelo excesso de utilização provocado pelo consumismo, seja pela poluição causada às águas, à atmosfera e aos ecossistemas naturais como um todo.

Se a cidade não for atraente para os Sims, isto é se for poluída ou não houver empregos, por exemplo, estes a abandonarão, o que atestará a incompetência do prefeito em planejar e gerir o sistema urbano.

Apesar de ter sido criado dentro da lógica capitalista, e dificilmente poderia ser diferente já que ainda não temos muitos modelos alternativos conhecidos ou implantados em grande escala, o *game* traz algumas ferramentas que demonstram sua preocupação com o espaço natural e a manutenção de uma cidade ambientalmente saudável. Uma destas ferramentas é a visualização de dados, que aparece em forma de mapas temáticos da cidade, e contempla diversos itens tal como risco de incêndio por zonas da cidade, áreas com maior ou menor criminalidade, áreas com maior ou menor coeficiente de educação, áreas mais atingidas pela poluição do ar e áreas mais atingidas pela poluição das águas, essa duas últimas podem ser observadas respectivamente nas figuras 11 na página 85 e figura 12 na página 86.

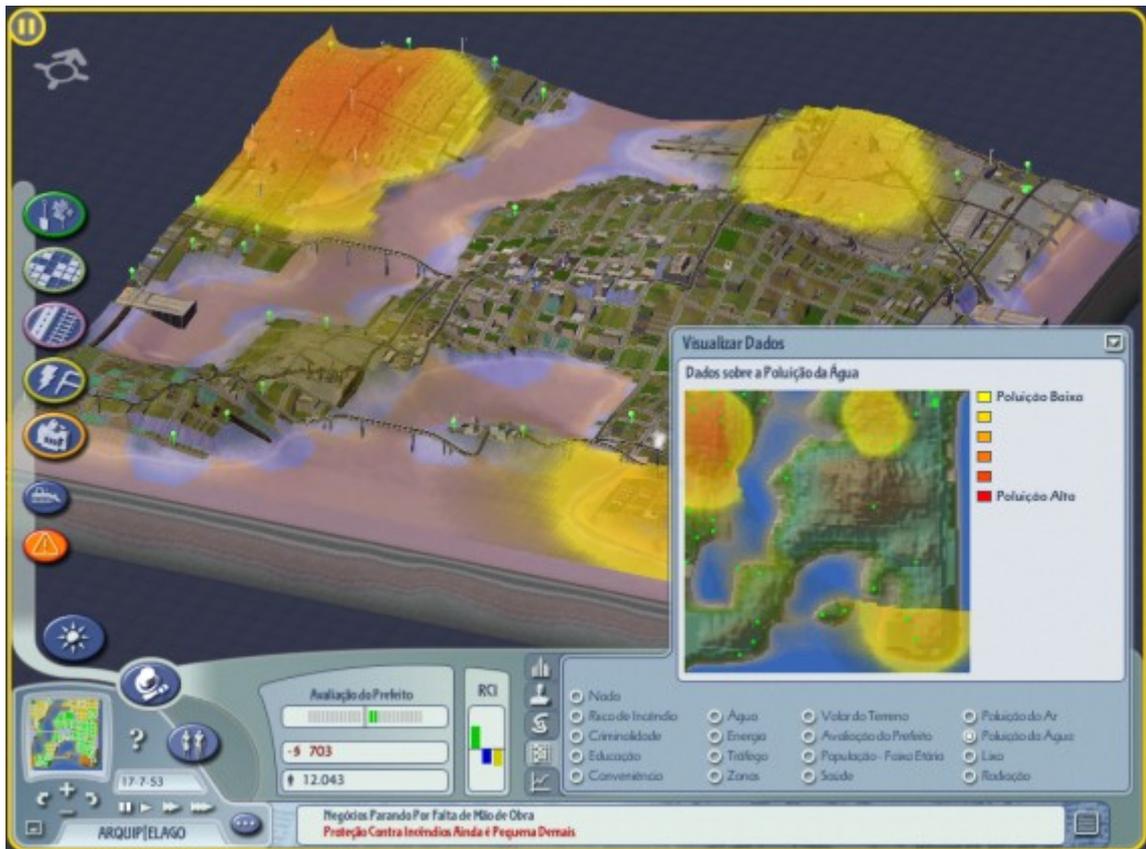


Figura 11 – Ferramenta de análise de qualidade do ar por zonas e níveis de população.

SimCity combina, de forma lúdica, ferramentas normalmente utilizadas em softwares de Geoprocessamento, tal como a geração de mapas temáticos, um deles mostrado na figura 11, que alia *dados* à *organização espacial* da cidade. Também possui gráficos de comportamentos dinâmicos utilizados em

ferramentas de dinâmica de sistemas, tal como STELLA, gerados a partir de dados matemáticos que ficam escondidos do usuário, ou seja, sem que este necessite manipular variáveis e suas interações através de modelos matemáticos.

Somada a essas ferramentas do jogo, a visualização tridimensional da cidade - à semelhança das maquetes eletrônicas feitas em softwares CAD e de renderização - e a constante animação do jogo, mostrando os Sims em atividade, trânsito, nascer do sol e chegada da noite com acendimento da iluminação pública, torna o *game* especialmente atraente, estimulando a motivação dos alunos.



**Figura 12** – Ferramenta de análise de qualidade da água por zonas e níveis de população.

Os prédios da cidade e até mesmo os quintais das casas refletem sua prosperidade ou decadência através de construções de alto padrão em edificações simples ou em processo de deterioração. Jardins floridos ou campos de ervas daninhas também podem aparecer como reflexo dos dados estatísticos de nível de renda e cultura da população. O ajuste de orçamento nos serviços públicos, se for superestimado, poderá sair nas manchetes dos jornais com frases do tipo: “Multidão de professores briga por punhado de alunos”. (SimCity, E.A. 2005)

Caso seja feito um corte de verbas abusivo, ocorrerão greves (ou buracos nas ruas quando o corte for em manutenção de vias), como pode-se observar na figura 13 da página 87.

Na figura 13, pode-se notar também uma janela de ajuste orçamentário para o colegial da cidade, e onde existe uma relação direta entre a verba destinada, e a capacidade de alunos e o número de professores. Também existe dentro da janela um opção de definição de verba para ônibus escolar, neste caso o aumento ou diminuição acarretará uma interferência na área de influência da escola, possibilitando atingir um maior ou menor número de estudantes de áreas vizinhas ou distantes de onde localiza-se o estabelecimento de ensino.



Figura 13 – Ferramenta de ajuste orçamentário com degradação das vias ao fundo devido a baixa destinação de verbas.

### 3.2 O SOFTWARE STELLA<sup>57</sup>

STELLA é um software específico para modelagem computacional amplamente utilizado e referenciado pelos pesquisadores da área de dinâmica de sistemas, (ao lado de outros softwares semelhantes tais como Vensim, DYNAMO , PowerSim, etc.), que utiliza a metáfora de tanques e válvulas como base de construção dos modelos. Trata-se de uma ferramenta quantitativa bastante poderosa. A modelagem de sistemas dinâmicos com STELLA permite a inclusão de dados verídicos e comportamentos bastante próximos dos padrões esperados para sistemas reais.

STELLA é apropriado para trabalhos com Educação porque permite um tipo diferenciado de aprendizagem: *a construção de entendimento*. Uma das filosofias educativas utilizadas pelas propostas que se apoiam no software é a de que não se pode memorizar compreensão

<sup>57</sup> Structural Thinking Experimental Learning Laboratory with Animation. Ver nota de rodapé 2.

mas que esta deve ser construída. É com esse conceito que o software trabalha. A construção de entendimento através da modelagem e da simulação de sistemas reais.

Por esse motivo, o software foi escolhido como complementação ao *game* SimCity, fundamentalmente para ajudar o aluno a compreender o raciocínio quantitativo que está escondido do aluno no *game*, de forma a aliar a forma lúdica de aprendizagem com a proposta de raciocínio quantitativo que STELLA oferece.

Ao expressar-se no STELLA, através de modelos de simulação de situações reais, o indivíduo consegue visualizar de maneira sistêmica a realidade ao seu redor e estudar padrões de comportamento que este modelo poderá apresentar conforme a simulação de suas variáveis. Com base nestas simulações o aluno poderá então, obter auxílio para a tomada de decisão, sobre quais políticas seriam mais adequadas para se atingir um comportamento desejado para certo sistema dinâmico e, no caso da proposta de Educação Ambiental explicitada nesta dissertação, compreender o raciocínio sistêmico presente na programação do *game* SimCity através da analogia com os sistemas urbanos reais, obtendo maior entendimento em sistemas complexos, particularmente os urbanos.

A ferramenta computacional STELLA tem sido utilizada em diversas áreas, tanto como um software de auxílio ao apoio a decisões gerenciais, por exemplo, quanto na modelagem de sistemas ecológicos tais como o clássico modelo predador-presa, ou para padrões de crescimento populacional.

Na Educação existem registros de várias propostas de utilização de STELLA para a compreensão de sistemas dinâmicos, tal como no ensino de Física ou na Educação Ambiental, a exemplo do projeto PROFECOMP desenvolvido na FURG, anteriormente citado.

Também o pai da dinâmica de sistemas, (Prof. Jay W. Forrester) vem desenvolvendo no M.I.T. projetos de aprendizagem envolvendo dinâmica de sistemas em níveis de ensino fundamental, como o projeto *The System Dynamics in Education at MIT* aliado à disponibilização do material instrucional *Road Maps – A guide to learn system dynamics* (<http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>) que exige que o aluno disponha de alguns livros que abordam dinâmica de sistemas, um computador e um software de modelagem tal como STELLA.

O material instrucional do M.I.T, está composto de dez lições (Road Maps 1 a 10) e foi elaborado de acordo com o conceito de aprendizagem em espiral, “no qual cada novo

conceito é repetidamente reforçado em capítulos sucessivos” (Forrester, 2002 p. 3) . A cada lição, uma série de leituras são exigidas e exercícios de modelagem ou de *games* de simulação em STELLA são praticados. Esse material foi utilizado como apoio na elaboração de parte do material instrucional que utiliza STELLA.

Road Maps discute os princípios e características de sistemas, explora as interações entre estrutura e comportamento de modelos dinâmicos, provê diretrizes para boa prática de modelagem, e discute as aplicações de sistemas dinâmicos. Partindo de Road Maps 01, a espiral de aprendizagem retorna para estas áreas primárias diversas vezes pela introdução de material mais avançado enquanto vai construindo conceitos fundamentais. Após completar Road Maps, você deverá ter um forte conhecimento de trabalho em dinâmica de sistemas, ter desenvolvido intuição sobre os princípios fundamentais de sistemas e estar apto a explorar a aplicação de dinâmica de sistemas em qualquer área de interesse. (FORRESTER, 2002 p. 5 tradução nossa).

No que diz respeito à interface com o usuário, pode-se observar na figura 14 que o STELLA se mostra bastante amigável. O software possui uma área de trabalho dividida em três níveis ou modos: o modo de *interface do modelo*, o modo de *equações* e o modo de *mapeamento*.

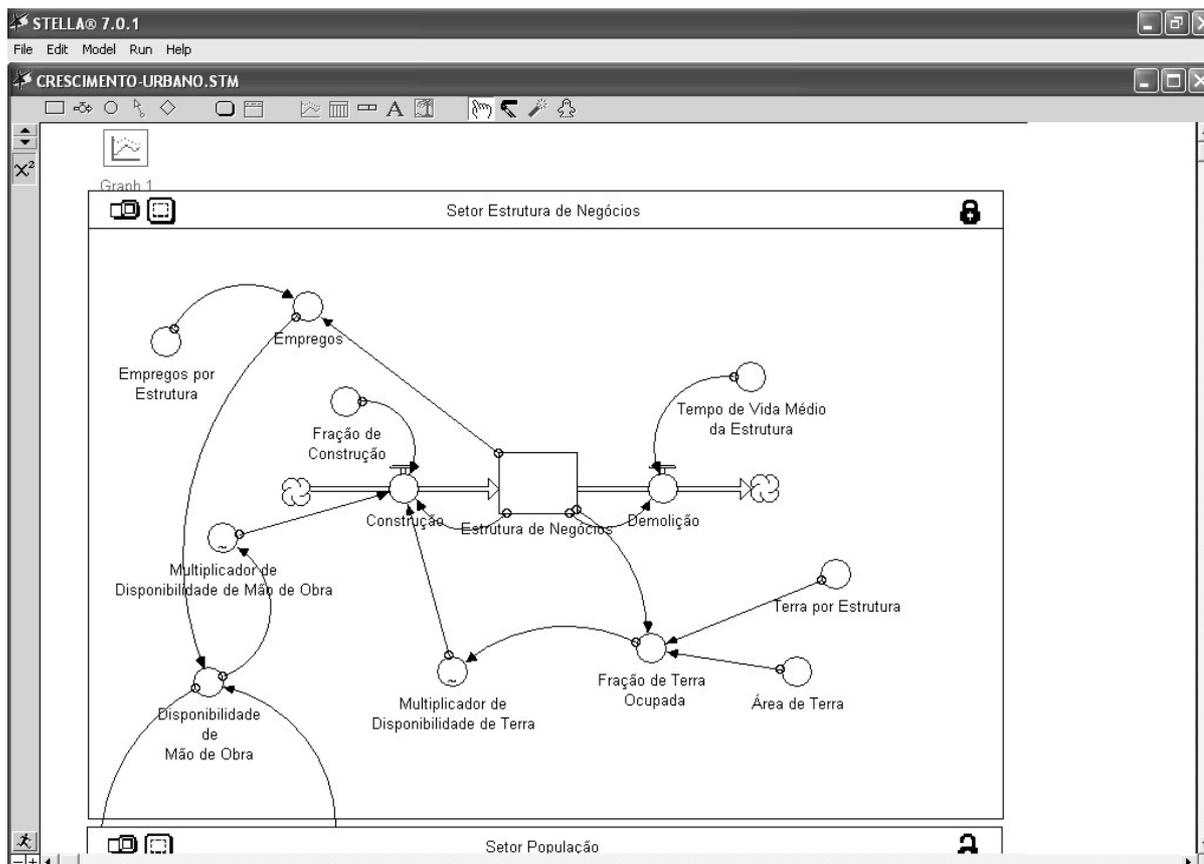
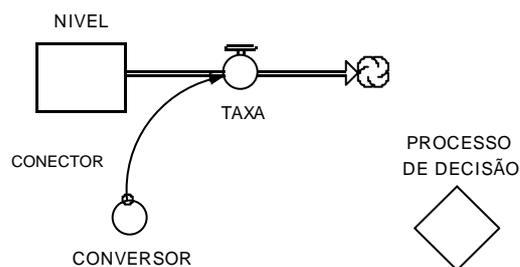


Figura 14 – Interface do STELLA 7.0.

STELLA utiliza cinco blocos de construção, mostrados na figura 15, que são utilizados na confecção de um modelo ou na representação de uma hipótese: *nível*, *conector*, *taxa*, *conversor* e *processo de decisão*.



**Figura 15** – Blocos de Construção utilizados pelo STELLA.

Enquanto o aluno constrói um mapa do sistema em estudo, o software se ocupa, por trás dos modelos, com as equações correspondentes aos esquemas gráficos que o usuário modela, de forma que se faz necessário para transformar o mapa em um modelo de simulação computadorizada, apenas a inserção de alguns números, equações algébricas e esquemas de curvas gráficas.

Ao se fazer uma simulação de um modelo em STELLA, pode-se visualizar quatro tipos de saídas gráficas: um *diagrama animado*, um *gráfico através do tempo*, uma *tabela de valores* ou uma *exposição numérica*.

O software permite não só a construção de entedimento e a simulação de hipóteses, mas também pode ser utilizado no compartilhamento destas com outras pessoas.

STELLA também permite, o que os criadores do software chamaram de “*Flight Simulator*” (simulador de voo). O simulador de voo é a criação de uma interface ainda mais amigável para o modelo construído, como pode-se observar na figura 16 da página 91. Com a utilização de botões de atalho, pode-se fazer ajustes nas quantificações das variáveis chave do modelo de forma rápida e interativa, visualizando o comportamento deste modelo a cada alteração. Pode-se ainda utilizar ferramentas ilustrativas no modo de simulador de voo, tal como imagens, mensagens de aviso quando o comportamento extrapolar determinadas definições criadas pelo usuário, etc.

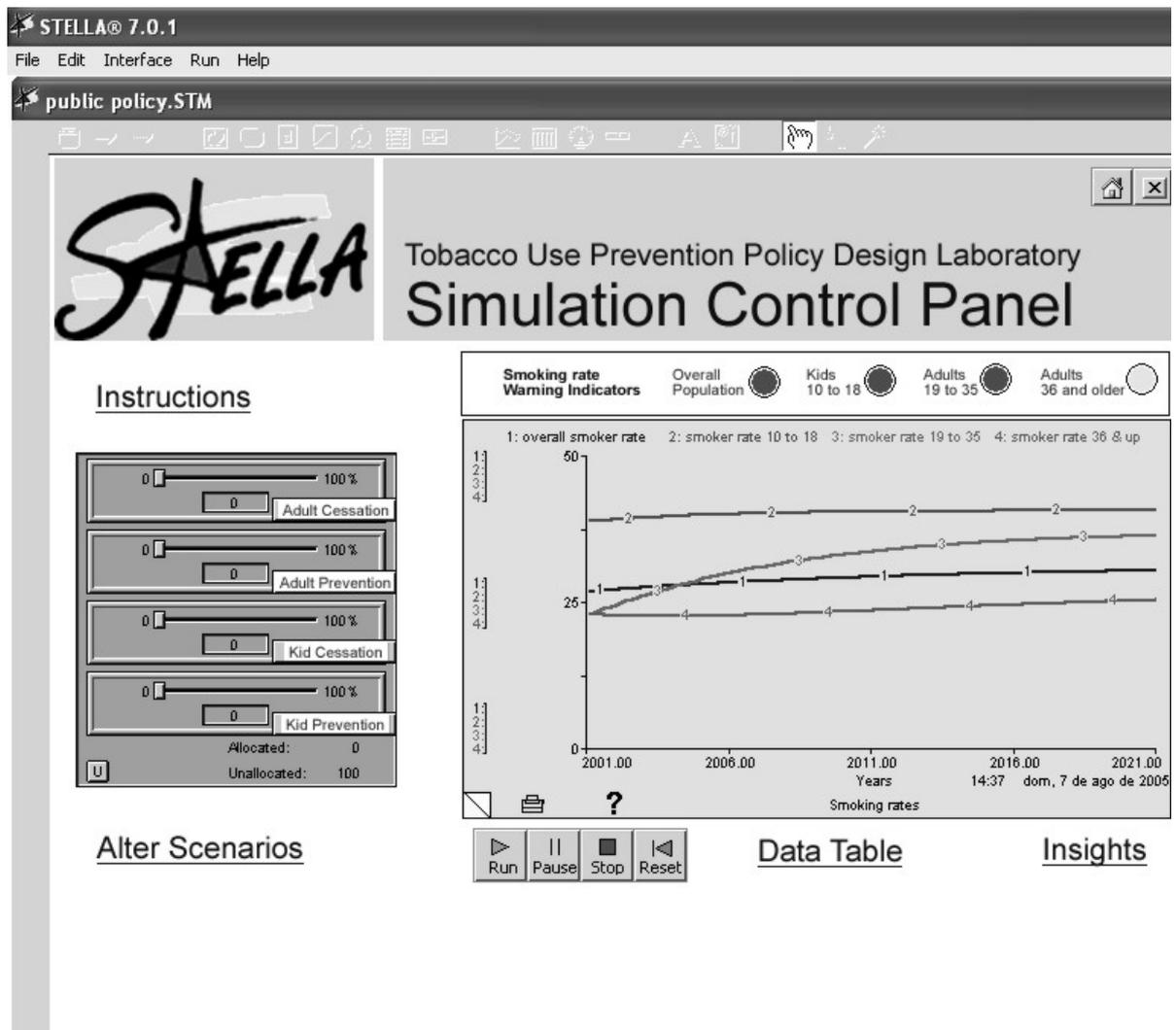


Figura 16 – Exemplo de ambiente de simulação construído em STELLA.

A partir da experiência obtida no estágio de docência realizado por essa pesquisadora dentro da disciplina de Princípios de Sistemas do Mestrado em Educação Ambiental da FURG, e com o curso extraclasse oferecido como complemento às aulas curriculares – quando foram utilizadas como apoio as ferramentas STELLA e VISQ – puderam ser observadas algumas situações que serviram de subsídio para o desenvolvimento da proposta de Educação Ambiental relatada nesta dissertação. Uma dessas observações diz respeito à necessidade de se utilizar tutoriais com o aluno, isto é criar materiais auto-explicativos de forma que o aluno desenvolva a modelagem com o auxílio de um “passo-a-passo”, facilitando o aprendizado na utilização do software, de forma que ele destine seus esforços mentais e cognitivos para a construção do modelo propriamente dito.

Provavelmente pelo fato de a versão de STELLA disponível ser em língua inglesa, observou-se que o aluno precisa de um reforço inicial na exploração do software até que tenha desenvoltura suficiente para dedicar-se apenas à construção do modelo. Também se faz necessário, o entendimento por parte do aluno, de alguns princípios de sistemas, de forma que este tenha absoluta compreensão do que são e quais são as diferenças entre níveis, taxas, conectores, conversores, etc.

Esses conteúdos, que de acordo com as observações experimentadas foram considerados de fundamental importância, foram incluídos no material instrucional especialmente elaborado para este estudo.

### 3.3 FILOSOFIA DE CONSTRUÇÃO DO MATERIAL INSTRUCIONAL

O material instrucional, elaborado nesta pesquisa, foi resultado de uma grande diversidade de experiências vivenciadas pela pesquisadora no decorrer do período entre o ingresso no Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental e sua aplicação no curso de extensão criado para coleta de dados.

A fim de contemplar todos os eixos que nortearam essa pesquisa - e que foram fundamentalmente a dinâmica de sistemas, o planejamento urbano e a Educação Ambiental - iniciou-se com um aprofundamento teórico em todas as temáticas envolvidas que entendeu-se de fundamental importância abordar em uma proposta de educação ambiental.

Inicialmente, pensou-se na elaboração de uma proposta focada exclusivamente na educação de estudantes de arquitetura e urbanismo, sendo que para atender a esse perfil de alunos, utilizaria-se como apoio os softwares VISQ e STELLA. Procurou-se nos recursos disponibilizados por estes softwares, configurações que permitissem um atrativo gráfico, já que o grupo de pesquisa seria composto por arquitetos em formação, cuja motivação normalmente passa pelos recursos visuais. Com isso em mente, iniciou-se uma busca por modelos urbanos para serem utilizados como subsídios nas tarefas, além de uma forma de enriquecer graficamente a proposta educativa. Chegou-se a conclusão de que o software STELLA, na versão para Windows não disponibilizaria recursos gráficos com a riqueza que se procurava.

Não foram encontrados muitos modelos prontos, que fossem simples o bastante, para uma proposta experimental de curta duração, então como parte da pesquisa buscou-se em autores que contassem a história da cidade - entre eles Benévolo (2005) e Munford (2004) - subsídios para a criação de modelos que representassem essa evolução e que pudessem ser utilizados no então projeto de material instrucional.

Em direção à essa idéia, seriam utilizados modelos em STELLA que demonstrassem inter-relações entre variáveis de forma a auxiliar os alunos a visualizar a evolução das civilizações antigas, sustentáveis, para a civilização contemporânea, atualmente em crise sócio-ambiental. Um destes modelos, criados nesta fase de desenvolvimento da proposta educativa, pode ser visto na Figura 17:

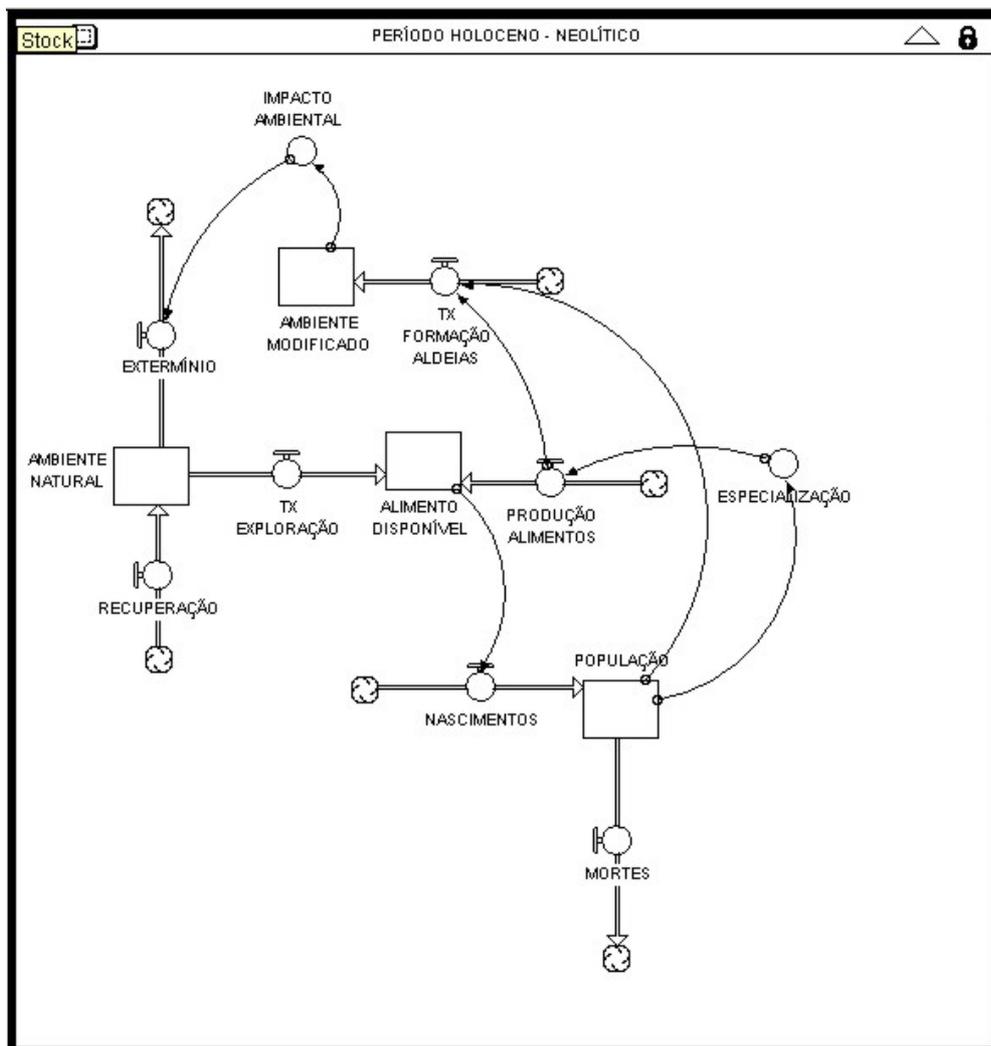


Figura 17 – Modelo de sociedade neolítica.

Este modelo, demonstra as relações da sociedade humana nômade, que viajava em busca dos elementos naturais que usavam como forma de subsistir, quando estes se esgotavam. Nesta forma de se relacionar com o meio, os elementos naturais tinham tempo para recuperarem-se novamente, apesar das ocupações humanas. Outros modelos foram elaborados mostrando a evolução da espécie humana até o estabelecimento das cidades.

Neste período de formulação do projeto, a pesquisadora iniciou a atividade de estágio de docência, como bolsista da CAPES, dentro da disciplina Princípios de Sistemas do Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental. Nesta disciplina são abordados conceitos de dinâmica de sistemas com o auxílio da modelagem computacional através da utilização dos softwares VISQ e STELLA. Com essa experiência, que contemplou o oferecimento de aulas extra-curriculares, pôde-se fazer observações e acompanhar a evolução dos alunos, bem como mensurar o tempo necessário para que estes adquirissem entendimentos a respeito dos softwares e obtivessem condições de internalizar os temas abordados com a ajuda dos mesmos. Assim, chegou-se à conclusão de que um número maior de horas-aula seria necessário para que alunos *sem* conhecimentos prévios em dinâmica de sistemas, pudessem ser submetidos a um aprofundamento dos complexos sistemas

urbanos, tema que se propôs estudar por meio desta pesquisa, o que reduziria o número de atividades possíveis de serem incluídas em poucas horas de curso.

Em paralelo a essas experiências, foi-se pesquisando as ações educativas e propostas que o autor utilizado como referência para dinâmica de sistemas, Jay W. Forrester, vinha desenvolvendo. Encontrou-se o material instrucional, em inglês, disponibilizado pelo MIT, o Road Maps. A partir deste material, foram feitas análises, de onde se conseguiu selecionar alguns exercícios básicos simples que poderiam ser traduzidos e adaptados para compor o material instrucional com a utilização do software STELLA. Em determinado momento da pesquisa teórica, encontrou-se uma referência de Forrester ao *game* SimCity, dizendo que este seria apropriado como ferramenta educativa. Assim, iniciou-se a pesquisa a respeito de tudo que envolvia o jogo, desde possíveis experiências educativas até a análise de fóruns na internet de fãs do jogo bem como as características e dinâmica do próprio jogo.

Descobriu-se algumas experiências, a maioria fora do país, onde professores estariam utilizando o *game* para fins educativos. Descobriu-se também a história do mesmo, onde ficaria clara a base de criação do *game*, que justamente, teria sido inspirado pela própria dinâmica de sistemas e pelo próprio Forrester. Assim, definiu-se que esta forma lúdica, seria mais produtiva e rápida para trabalhar os mesmos conceitos que seriam abordados com STELLA e VISQ, além de garantir um maior envolvimento e motivação por parte dos alunos uma vez que o *game* seria contemplado por excelentes recursos gráficos. Inicia-se desta forma a elaboração da parte do material instrucional que foi apoiada pelo *game* SimCity.

Com essa idéia em mente, partiu-se para pré-testes fundamentalmente utilizando SimCity - já que a experiência no estágio de docência permitiu algumas observações úteis com STELLA - que levariam a entendimentos de como o material instrucional deveria se configurar.

Aproveitando a congruência filosófica do *game* com a dinâmica de sistemas, levou-se o software para sala de aula, na disciplina Princípios de Sistemas do Mestrado em Educação Ambiental, para que fosse apresentado aos alunos, de forma a se observar suas reações frente ao jogo, e onde ficou demonstrado um grande interesse dos alunos. Assim, nas aulas extra-classe ofereceu-se uma experiência com o jogo para observar como seria a interação entre aluno e *game*, e o que, a partir destas experiências, poderia emergir de forma que fossem levantadas idéias para compor o material instrucional. Além dos alunos da disciplina, foram convidadas pessoas que ofereciam facilidade de acesso à pesquisadora pela proximidade ou parentesco. Três dos voluntários da primeira fase de investigação participaram também da fase final de coleta de dados, indicando a motivação que as experiências iniciais geraram.

Nesta primeira experiência, foram utilizados os tutoriais do jogo como forma de ensinar os comandos aos alunos, e a partir daí eles tiveram total liberdade para atuarem como achassem melhor, de forma que se construísse uma linha de raciocínio básica que levasse à composição do material para o curso, que deveria ser orientado para uma proposta educativa sob uma ótica ambiental.

Os perfis dos quatro voluntários para estas primeiras observações foram os seguintes:

**VOLUNTÁRIO A:**

Idade: 10 anos;

Profissão: cursando 4º série do ensino fundamental;

**VOLUNTÁRIO B:**

Idade: 36 anos;

Profissão: bancário (área de formação contabilidade); ativista político; atuante na diretoria de sindicato de classe.

#### **VOLUNTÁRIO C:**

Idade: 24 anos;

Formação: Biologia (aluno regular do Mestrado em Educação Ambiental - FURG); Aluno da disciplina de Princípios de Sistemas (que aborda conceitos e ferramentas de dinâmica de sistemas).

#### **VOLUNTÁRIO D:**

Idade: 30 anos;

Formação: Professor, Bacharelado em Direito (aluno especial do Mestrado em Educação Ambiental – FURG); Aluno da disciplina de Princípios de Sistemas.

Os voluntários A e B interagiram de forma individual com o *game* e os voluntários C e D jogaram em dupla, de forma a planejarem as estratégias do jogo em conjunto. As observações respectivas foram as seguintes:

#### **Voluntário A:**

Iniciou o aprendizado percorrendo os passos fornecidos pelo tutorial do jogo em modo Deus e o tutorial do Prefeito. Decidiu continuar jogando no próprio tutorial do Prefeito e a característica que mais chamou a atenção nesta primeira interação foi a busca pela cidade perfeita de acordo com suas crenças de como deveria ser esta cidade. Assim, o voluntário “A” colocou na cidade todos os serviços públicos que julgou importantes, fundamentalmente buscando educação de todos os níveis, e implantação de completos serviços de saúde e segurança. “A” abriu mão das vantagens oferecidas ao prefeito tal como a construção de sua mansão e a implantação de um depósito de lixo tóxico. Em pouco tempo utilizou todos os recursos que possuía devido ao pouco planejamento orçamentário. A cidade faliu e o prefeito “A” foi demitido.

Na segunda experiência com o jogo “A”, iniciou a exploração em modo Deus de todas as ferramentas disponibilizadas no jogo. Divertiu-se criando catástrofes como vulcões, terremotos e ciclones. Criou montanhas, buracos, vales etc, porém ao decidir passar ao modo prefeito e iniciar o jogo resolveu nivelar o terreno. “Vou deixar tudo reto!” (A).

Como já havia passado pela experiência da demissão no jogo anterior, “A” ficou de certa forma “traumatizado”, e passou a observar os custos de implantação e manutenção de tudo que pensava em fazer na cidade. Através dessa função do jogo, o usuário “A” começou a ter noções bem claras de orçamento (despesas e receitas). Com essa atitude de economia em excesso os Sims não se mudavam para a cidade causando uma grande frustração em “A”. Isso obrigou “A” a “abrir a mão” e gastar colocando serviços necessários para tornar a cidade atraente para os Sims.

O usuário “A” fez o zoneamento, colocou água luz, aumentou o zoneamento residencial e mesmo assim os Sims foram embora. Aumentou comércio a fim de tentar gerar emprego. Sempre mostrando altíssima preocupação com escolas. Construção de ruas e análise dos índices RCI (potencial para zoneamento residencial, comercial e industrial). O usuário “A” apresentava-se extremamente “revoltado” com o excesso de tarefas e extremamente preocupado com o âmbito geral da cidade. Aqui se percebe claramente que o usuário “A” começa a entender a complexidade estrutural do sistema urbano. O raciocínio lógico se faz presente, bem como análises orçamentárias mostrando extremo cuidado com o orçamento. O usuário “A” resiste muito a fazer investimentos e tem dificuldade em entender a diferença entre gastos e investimentos.

Depois de algum tempo de jogo “A” comenta: “A gente reclama que os prefeitos da nossa cidade não fazem nada..., puxa mas não é fácil ser um prefeito...tem que pensar em tudo...!”(A)

### **Voluntário B:**

Quando “A” jogava, “B” observava e oferecia sugestões. Como este usuário já havia visto um pouco do jogo, através da observação do usuário “A” e da pesquisadora, não fez o passo a passo fornecido pelo tutorial e passou diretamente à criação de uma nova cidade.

No modo Deus, o usuário “A” ajudou o usuário “B” a compreender algumas funções do jogo. A escolha do terreno se deu com a preferência da existência de recursos hídricos. Iniciou primeiramente fazendo o zoneamento de zona agrícola, residencial e comercial. As zonas criadas por “B” não se interligam por estradas. Nenhum habitante mudava-se para a cidade criada.

O usuário parte para a exploração das ferramentas, rejeitando auxílio do usuário “A”. “Quero aprender sozinho” (B).

O usuário tentava administrar através do acompanhamento das notícias que a imprensa da cidade publicava.

A cidade de “B” com um capital de 76.127 Simeleões e apenas 5 habitantes frustra o usuário que decide suspender o jogo.

## Voluntários C e D:

De forma semelhante ao usuário “A” iniciou-se pelos tutoriais do próprio jogo, pois a partir da observação de “A” e “B” pareceu que o desempenho de “A”, que havia completado o tutorial, havia sido melhor do que de “B”, que aprendeu as ferramentas do jogo ao jogar. Após terminarem o passo-a-passo decidiram continuar a jogar na cidade do próprio tutorial. Inicialmente buscaram o desenvolvimento comercial que havia sido zoneado, mas que não tinha recebido investimentos. Implementaram sistemas educacionais e ajustaram a verba destinada a educação de acordo com o número de alunos matriculados. Para atrair Sims que instalassem comércios tentaram baixar impostos e criar uma conexão viária com cidades vizinhas. Como esta dupla de usuários cursava a disciplina de Princípios de Sistemas na ocasião da experiência, já possuíam familiaridade com sistemas dinâmicos e conheciam a importância da análise gráfica de comportamento das variáveis. Estes conhecimentos se fizeram evidentes quando os alunos buscavam as informações que os gráficos do jogo oferecem no que diz respeito à variáveis como índice de emprego e renda, faixa etária dos habitantes, níveis de poluição, educação, etc. Ainda na tentativa de atrair investimentos comerciais os usuários decidem embelezar a cidade e apesar de julgarem importante, o orçamento não permitia a construção de estradas. Analisaram o orçamento e resistiram a solicitar empréstimo. Exclama “C” orientando “D”: “Não te endivida!” (C).

De acordo com o capital que possuíam decidiram pela construção de uma ferrovia. Esperançoso “D” comenta: “Agora virá o comércio!” (D)

Enquanto aguardavam investimentos comerciais decidiram implantar sistema de saúde através da construção de uma clínica médica.

Os seguintes comentários entre C e D foram destacados neste período de observações iniciais:

Ah...eu queria uma esfinge na minha cidade...(D)

Onde fica mais barato...?(C)

Perdestes a cidade! Estas no meio do mato! (D) (referindo-se ao zoom)

Ah, que tristeza...dá uma solução! (D)

Olha lá!! Botaram um comércio! Um louco! Família Batuta! Um restaurante!(D)

Nota aqui que diminuindo a verba para a ambulância diminui a área de abrangência (C)

Eu tenho outra lógica de construção de cidade. Mais perto da água. (C) (referindo-se à área utilizada pelo tutorial)

Na verdade tu fica desesperado!(D)

A pesquisadora percebe que a estrada que haviam construído não tinha conexão com ruas e chama atenção para este fato. Os voluntários comentam:

“Ah!! Por isso que não veio nada!!” (C, D) (com relação aos investimentos comerciais). “Fizemos uma obra pública no meio do nada!” (D)

Com estas experiências, foram oportunizadas observações interessantes, como por exemplo a constatação de que dos quatro voluntários que utilizaram o *game*, o que mais rápido aprendeu a manipular as diversas variáveis do jogo e que conseguiu atingir uma população de mais de 10.000 Sims foi o usuário “A”. Este usuário que não tinha conhecimento contábil algum, nem nunca havia visto o jogo e nem possuía muita habilidade computacional, além de ter apenas 10 anos de idade, ficou extremamente motivado com o *game* e não queria parar de jogar. Este fato pode indicar, que quanto mais cedo se inicia o trabalho com sistemas dinâmicos

com finalidades educacionais, principalmente com a utilização de ferramentas lúdicas, tais como os *games*, mais sucesso se pode ter. Isto viria ao encontro do que Forrester sustenta a respeito, dizendo que:

A Dinâmica de Sistemas oferece uma base para um novo tipo de educação que leva a um melhor entendimento de mudança em condições sociais e ambientais. Mas o ponto de vista dinâmico leva tempo para assimilar. Vários anos são necessários para organizar um pensamento de estudante para um quadro de referência dinâmico. Pela iniciação no primeiro ano do ensino fundamental e tecendo uma corrente dinâmica através do ensino fundamental até o ensino médio, nós podemos esperar por uma sociedade que está melhor habilitada para lidar com a crescente complexidade social. (FORRESTER, 1991, p.29)

Outro aspecto observado com a estas experiências preliminares é que nenhum jogador teve muito sucesso nas primeiras vezes. O aprendizado do jogo se mostra um processo contínuo onde os usuários vão aperfeiçoando seus desempenhos conforme vão interagindo com o jogo. A partir desta constatação concluiu-se que para propostas educacionais, as atividades expressivas, como as que foram utilizadas, devem ser limitadas a alguns exercícios para posteriormente direcionar os alunos para atividades orientadas às finalidades desejadas, possivelmente com a utilização de cidades previamente construídas e de acordo com a finalidade que se deseja salientar. Esta hipótese serviu de guia para a elaboração do material instrucional, onde optou-se pela atividade orientada como forma de aprendizagem inicial para não frustrar e desmotivar os alunos que apresentassem baixo desempenho.

Também foi percebido que os alunos interagindo em duplas tinham maior produtividade e motivação do que os alunos que trabalharam de forma individual, de forma que esta foi a configuração escolhida para a coleta de dados. O trabalho em pares de alunos.

Como foi observada uma grande dificuldade para que os alunos compreendessem a lógica do jogo sem auxílio da pesquisadora, além de não conseguirem administrar todos os pormenores que o jogo oferece, percebeu-se que seriam necessárias muitas horas de experiência individual para que se conseguisse atingir uma cidade funcional, assim optou-se por incluir no material uma atividade (Atividade 3 do Apêndice 1) orientada por um passo a passo, inspirado em um tutorial disponibilizado na página web <http://www.simcitybrasil.com.br>, de forma a agilizar o entendimento, por parte dos alunos, da lógica com que funciona o *game*, de forma a permitir o contato simultâneo com as diversas variáveis que compõem a dinâmica urbana sem desmotivar os alunos.

A fim de introduzir as ferramentas básicas do jogo, optou-se pela utilização do próprio tutorial interativo do SimCity, o que compôs a Atividade 2 (Apêndice 1), que caracterizou o primeiro contato do aluno com o *game*.

Para introdução de conceitos pertinentes à sustentabilidade que propiciassem ao aluno a construção crítica de conceitos e um entendimento acerca das estruturas sócio-ambientais urbanas da atualidade - de forma que estes fossem confrontados com a simulação vivenciada no *game* - optou-se pela introdução de atividades teóricas, com base em textos destacados da bibliografia utilizada para construção da proposta e o estímulo a discussões e debates problematizadores, que induzissem o aluno a desenvolver as atividades práticas com um olhar ambiental e social coerentes com os fins educativos propostos.

Assim, com estas filosofias, o material instrucional foi composto por uma introdução de curso e 9 atividades. Destas, duas foram de leituras e discussões, 4 foram apoiadas no *game* SimCity e três no software STELLA.

No início introdutório do material, configurou-se uma explicação aos alunos sobre os conteúdos que seriam abordados no curso, sendo solicitado o preenchimento de um questionário preliminar para avaliação dos conceitos e conhecimentos que os alunos possuíam sobre a temática a ser trabalhada e que comporiam dados de pesquisa.

Dando seqüência ao curso, foi incluído no material uma introdução da temática ambiental urbana e sustentabilidade, através de leitura e discussão problematizadora do texto que compôs a atividade 1, com posterior registro do entendimento dos alunos sobre os conceitos abordados. Essa atividade foi criada com o objetivo de iniciar o aluno no tema, de forma que fosse permitido a ele aprofundá-lo através de discussões e vivências até o fim do curso.

Como forma de motivar o aluno, partiu-se imediatamente após as tarefas iniciais de estímulo ao raciocínio, para o primeiro contato com o *game*, através da atividade 2 que se utilizou do próprio tutorial do jogo, e onde solicitou-se os alunos o registro de suas primeiras impressões que configuraram-se como dados de pesquisa.

A atividade 3, a mais demorada do curso, foi feita de forma que o aluno pudesse aprofundar o conhecimento das ferramentas e da lógica do *game* e aprender a lidar com todas as variáveis necessárias para o planejamento e gestão de sua cidade, que inicia a partir de uma área de terra vazia escolhida pelo aluno. Nesta atividade parte das decisões são sugeridas e parte são de livre escolha, permitindo que a cada experiência com alunos diferentes, novas possibilidades possam emergir e serem observadas.

A atividade 4 foi criada para que fosse introduzida a dinâmica de sistemas através de texto explicativo sobre o Modelo de Mundo<sup>3</sup>, aperfeiçoado por Meadows com base nos estudos de Forrester. Esta atividade de leitura objetivou estimular discussões sobre o panorama global e o modelo capitalista vigente na maioria dos países, bem como questões referentes à sustentabilidade. Ao final da atividade é solicitado o registro do entendimento dos alunos e dos conceitos construídos com as discussões.

Na atividade 5 retoma-se o trabalho com o *game* SimCity, esta tarefa objetivou submeter o aluno a uma atividade expressiva, já que não é oferecido no material instruções ou sugestões para a realização da mesma, mas pede-se apenas que se façam duas cidades de forma que estas se integrem à primeira, e que uma tenha perfil de cidade agrícola e a outra tenha um perfil de cidade universitária. A primeira cidade, construída na atividade 3 configura-se como sendo uma cidade industrial.

O objetivo da atividade 5 foi introduzir o conceito de regionalização, disponível na simulação feita com SimCity, ou seja, o aluno pôde perceber como o desenvolvimento de uma cidade poderia interferir em outra que se integre regionalmente a ela, e também que esta inter-relação deve ser considerada ao se fazer o planejamento das cidades.

Para trabalhar com a modelagem computacional, inicia-se na atividade 6 a introdução dos conceitos de taxas e níveis, com explicações teóricas e exercício manual de raciocínio com a utilização da metáfora de tanques e torneiras, que é utilizada pelo STELLA. A seguir, na mesma atividade, escolheu-se um cenário que aborda um pormenor envolvendo a temática ambiental através de um passo a passo, que, à semelhança do tutorial da atividade 3 com SimCity, tem o objetivo de ajudar o aluno a se familiarizar com os comandos e o raciocínio do software enquanto lida com o modelo do assunto sugerido.

Na atividade 7 retoma-se o trabalho com as cidades criadas na atividade 5 para um aprimoramento das mesmas e uma maior imersão do aluno na temática de regionalização, onde as cidades

passam a ser consideradas um subsistema do sistema urbano regional maior. Procurou-se intercalar atividades teóricas, com atividades práticas no SimCity e no STELLA de forma a tirar proveito da motivação propiciada pelas atividades lúdicas com o *game*, tornando as outras atividades mais leves para o aluno, e para que este possa construir associações entre os diferentes métodos de estudo que compuseram a proposta educativa.

Na atividade 8 com base em STELLA, nos moldes da atividade 5 - que aproveitou os ensinamentos oferecidos pela atividade 3, ambas no SimCity – o aluno não recebe orientações passo a passo. Apenas o cenário para a construção de um modelo muito simples em STELLA que tem o objetivo de observar se o aluno conseguiu assimilar os comandos e o raciocínio em nível de sistema, e associar o problema apresentado à variáveis taxa, variáveis nível e suas respectivas equações matemáticas. Até aqui, as atividades em STELLA permitiram ao aluno obter desenvoltura na modelagem e entendimento de cada modelo, para que na atividade de finalização este tenha condições de explorar o setor do modelo urbano que demonstra a relação entre o setor de negócios e o setor população, de forma que o aluno consiga fazer associações com tudo que viu no decorrer do curso, com a conclusão da atividade 9.

No projeto de elaboração do material instrucional, a atividade 9 foi projetada inicialmente para que o aluno construísse o modelo, porém entendeu-se que esta seria uma atividade muito complexa para um curso que previa três encontros de 3 horas e 20 min. Assim, o modelo foi adaptado para o modo de simulador de voo do STELLA para que o aluno interagisse com ele, mudando valores das variáveis e observando o comportamento resultante através dos gráficos, para posteriormente serem estimulados à reflexão problematizadora, de onde seriam construídos conceitos a serem registrados ao final da tarefa. A atividade originalmente desenvolvida encontra-se no Apêndice 02.

Quase todas as atividades foram criadas com a solicitação ao final do entendimento dos alunos sobre a experiência. Esses registros foram utilizados como dados de pesquisa que são discutidos no capítulo IV.

Assim configurou-se a proposta educativa, composta pelo material instrucional e pelos softwares citados, entendendo-se ser esta completa do ponto de vista dos conteúdos que se propôs trabalhar com os alunos, sucinta de modo a ser contemplada em poucos encontros e eficiente em propiciar discussões críticas problematizadoras e permitir o entendimento sistêmico do sistema urbano de forma lúdica e atual.

## CAPÍTULO IV

# CAPÍTULO IV

### *Discussão dos Resultados*

*Olhar para uma cidade pode dar um prazer especial, por mais comum que possa ser o panorama.*

*Como obra arquitetônica, a cidade é uma construção no espaço, mas uma construção em grande escala; uma coisa só percebida no decorrer de longos períodos de tempo. O design de uma cidade é, portanto, uma arte temporal, mas raramente pode usar as seqüências controladas e limitadas de outras artes temporais, como a música, por exemplo. Em ocasiões diferentes e para pessoas diferentes, as seqüências são invertidas, interrompidas, abandonadas e atravessadas. A cidade é vista sob todas as luzes e condições atmosféricas possíveis.*

*(Kevin Lynch)*



Entardecer em Bairro da Cidade de Rio Grande – Novembro 2005

Autora da Foto: **Mayara Eslabão Mendonça**



## 4 Discussão dos Resultados

*Este capítulo, objetiva discutir os dados obtidos a partir da experiência prática de aplicação da proposta educativa com o grupo de alunos, confrontando-os e categorizado-os com base nas questões de pesquisa. Os dados foram tratados com o apoio do método de Análise Textual Qualitativa, desenvolvido por Moraes, (1999).*

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

A escolha do grupo de pesquisa foi realizada através de convites a grupos de pessoas, buscando voluntários que demonstrassem interesse pela investigação e que quisessem participar. Tentou-se transpor fronteiras geográficas com a utilização de tecnologia de informação e internet, de forma a se obter dados de realidades e contextos diferenciados. O curso experimental para coleta dados fôra realizado em duas diferentes cidades: *Rio Grande* e *Chuí*, fronteira com o Uruguai, incluindo-se a participação de uma cidadã deste país.

Os convites foram feitos de forma a contemplar pessoas de diferentes formações e idades para se analisar o desempenho de um grupo heterogêneo. Assim, buscou-se incluir representantes da sociedade civil, professores da rede pública de ensino e alunos da graduação e da pós-graduação da FURG, preferencialmente em áreas afins à temática pesquisada, sendo efetuados da seguinte maneira: uma visita pessoal da pesquisadora a uma turma do curso de geografia, indicada por professores do Núcleo de Análises Urbanas – NAU, vinculado ao departamento de geociências; uma publicação na comunidade acadêmica da Fundação Universidade Federal de Rio Grande criada no Orkut (<http://www.orkut.com>) por alunos da instituição; convites individuais feitos à visitantes da I Feira de Inovação Tecnológica realizada na Mostra de Produção Universitária da Furg em 2005, onde esta proposta foi exposta; convite coletivo aos professores da Escola Municipal General Artigas na cidade do Chuí; convite à equipe comercial de uma loja de exportação de móveis na cidade do Chuí; convite à equipe de um escritório de arquitetura na cidade do Rio Grande; convite ao grupo de alunos da disciplina de Princípios de Sistemas do Mestrado em Educação Ambiental da FURG; convite aos participantes das análises preliminares para a elaboração do material instrucional; e encaminhamento de uma carta convite à coordenação do Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios da FURG. Ofereceu-se às pessoas convidadas um certificado de participação de curso.

Houve dificultantes para a formação do grupo de pesquisa, um deles foi a época em que o material instrucional ficou pronto para ser utilizado, que coincidiu com o período de provas e férias escolares, e outro foi uma certa “resistência” ou “receio” percebidos pela pesquisadora por parte de alguns candidatos a alunos, principalmente os do curso de geografia, em fazer um curso que incluía ferramentas computacionais, o que acabou reduzindo o número de voluntários interessados na proposta.

O grupo de pesquisa configurou-se, a partir dos voluntários que se apresentaram, da seguinte forma: dois mestrados da FURG, um oceanógrafo mestrando em aquíicultura e um biólogo mestrando em EA; dois estudantes de graduação do curso de geografia da FURG ; dois professores de ensino fundamental da rede municipal do Chuí, sendo um pedagogo e um bacharel em letras; duas comerciárias da cidade do Chuí com ensino médio, uma delas de nacionalidade uruguaia; um bancário sindicalista e uma estudante da 4ª série do ensino fundamental, participantes da fase de elaboração do material instrucional.

Os nomes dos alunos foram substituídos por nomes fictícios, que correspondem a alguns nomes dos cidadãos, os *Sims*, disponíveis no *game* SimCity.

O grupo de pesquisa foi organizado em pares de alunos e o curso foi ministrado a uma dupla de cada vez para permitir uma melhor observação.

A escolha de se trabalhar com pares de alunos baseou-se nos conceitos apresentados por Kurtz dos Santos (1995), sobre as vantagens neste tipo de interação, que demonstra ser benéfica aos estudantes, em função da construção conjunta de idéias e companherismo no trabalho construtivo. Essa relação social entre os pares de alunos, possibilita o melhor desempenho de tarefas de modelagem ou simulação exploratórias e expressivas. A experiência de Kurtz dos Santos em diversos trabalhos de modelagem, demonstrou que alunos trabalhando individualmente com ferramentas computacionais e sendo observados por um pesquisador, parecem ficar intimidados, principalmente em tarefas expressivas, além de que, o fato de não terem com quem discutir idéias limita os resultados obtidos pelo aluno.

## 4.2 ATIVIDADES DE PESQUISA

As ferramentas básicas de pesquisa foram compostas de um computador do tipo *notebook*, com processador TM8000 995 MHz, 480 MB RAM, sistema operacional Windows XP Professional Service Pack 2; uma instalação do *game* SimCity4; uma instalação do software STELLA 7.0; e material instrucional preparado especialmente para essa pesquisa. Como ferramentas complementares foram utilizados mini gravador, software de captura de tela e de movimento, câmera digital fotográfica e bloco para anotações de campo. É importante salientar a configuração do equipamento utilizado uma vez que por ser um software gráfico com capacidade de animação, o *game* SimCity exige um processador e uma quantidade de memória adequados para que se obtenha um desempenho satisfatório no jogo, ou seja, pouca memória ou um processador de baixo desempenho deixaria o jogo extremamente lento, desmotivando os alunos e prejudicando a pesquisa.

As atividades dividiram-se em leituras, discussões, registro das compreensões construídas pelos alunos durante o processo, e atividades práticas de simulação computacional com SimCity e STELLA, de forma a estimular os alunos à reflexão direcionando-os à pensar a cidade, e em seu planejamento e gestão, sob a ótica da sustentabilidade nas esferas ambiental, econômica, social, cultural e espacial.

Nas atividades onde foram utilizadas as simulações com o *game* SimCity, isto é na construção de cidades pelos alunos a partir de uma região pré-determinada pela pesquisadora, houve partes orientadas pelo material instrucional e partes onde as decisões do aluno permitiram algumas avaliações de seus modelos mentais.

A primeira atividade no jogo consistiu na realização do tutorial interativo disponibilizado pelo próprio SimCity, que permitiu aos alunos uma rápida e sistematizada aprendizagem dos comandos, ferramentas, objetivos e lógica do *game*.

Partindo desta etapa de ambientação com o software, passou-se à atividade orientada, isto é a um “passo-a-passo” que é chamado na linguagem cibernética de “tutorial”, feito para ser realizado com flexibilidade controlada, isto é, permitindo aos alunos decidir em que área da região determinada para sua dupla seria implantada a nova cidade, e como seriam localizados e administrados alguns serviços, como sistemas de saúde, transporte, educação ou segurança, dando condições para que suas escolhas fossem observadas e anotadas como dados de pesquisa. É importante reforçar o que já foi comentado no item a respeito da filosofia de criação do material instrucional (página 99) acerca da importância das atividades orientadas. Uma vez que, para se atingir um desempenho satisfatório no jogo são necessárias muitas horas de tentativas - o que dentro do limite de horas e objetivos propostos desmotivaria o aluno - foram criadas atividades do tipo “passo-a-passo”, oferecendo ao estudante condições de manter a cidade de forma a possibilitar as análises de suas estruturas subjacentes.

Essa forma de construção das atividades permitiu análises de possíveis modelos/representações mentais do grupo de pesquisa para determinada situação ou elemento urbano. Assim, estas atividades tornaram-se parcialmente expressivas e parcialmente exploratórias pois, uma vez que, apesar de os alunos não explorarem um modelo pronto, os moldes de criação da simulação lhes foram sugeridos pelo material instrucional, mas com lacunas que permitiram a expressividade de suas idéias e conceitos. Esta atividade orientada permitiu não só a análise da interação dos alunos e suas escolhas, mas também lhes ofereceu uma maior desenvoltura com as ferramentas computacionais lhes oportunizando condições para executar a tarefa seguinte no SimCity: a construção de duas cidades caracterizadas pela suas vocações, ou seja, uma cidade universitária e uma agrícola. Estas cidades deveriam ser criadas de forma regionalizada e interligada com a primeira cidade, maior e estruturalmente mais complexa, permitindo ao aluno lidar com as inter-relações e situações que surgem a partir dessas conexões com cidades vizinhas.

A primeira experiência de criação e administração de uma cidade possibilitou aos alunos lidar com diversos elementos e compreender a complexidade da estrutura e das relações urbanas. A orientação, se seguida à risca, culminaria em uma cidade com aproximadamente 10.000 habitantes, objetivo final da atividade, e com balanço orçamentário positivo. Por outro lado, se o aluno se equivocasse ou tomasse deliberadamente decisões que se diferenciassem um pouco da tarefa proposta, situações imprevistas poderiam ocorrer como a cidade sofrer falência orçamentária, a população não crescer ou abandonar a cidade ou criar-se um ambiente insuportavelmente poluído e caótico com problemas ambientais e de tráfego. Dicas foram oferecidas aos alunos no decorrer da experiência, tendo em vista que não estava em questão a capacidade destes alunos de administrar a cidade, mas sim a problematização crítica da experiência, sendo que um desempenho muito ruim no jogo desmotivaria o estudante e prejudicaria seu desempenho.

As atividades de leitura, simulação e modelagem, foram posicionadas no material instrucional de forma alternada, isto é, uma atividade de leitura, uma de simulação, uma de modelagem, outra de leitura, etc. O objetivo dessa combinação foi uma tentativa de auxiliá-lo o aluno a compreender os diversos assuntos abordados e permitir uma construção simultânea de conceitos, para que ao final das atividades o aluno tenha tido a possibilidade de fazer inter-relações entre os diferentes métodos utilizados no curso.

### 4.3 AMBIENTE URBANO PROBLEMATIZADO

Essa seção mapeia os indicadores do entendimento obtido pelos alunos por meio da discussão crítica sobre as temáticas abordadas na proposta, procurando responder se esta teria a capacidade de estimular a compreensão sistêmica através da crítica ao modelo atual de desenvolvimento, de forma a responder à questão de pesquisa “a”, apresentada no capítulo 1 página 30, e reescrita a seguir:

*e. A proposta educativa, elaborada nesta pesquisa, tem a capacidade de estimular discussões problematizadoras que conduzam ao entendimento da complexidade dinâmica dos sistemas urbanos, despertando a visão crítica a respeito das estruturas sociais capitalistas, de forma que se possa trabalhar conceitos sobre a viabilidade do desenvolvimento sustentável neste modelo?*

Incentivados pelas leituras, discussões e simulações computacionais, pôde-se destacar nas falas dos alunos alguns fragmentos que indicam que o material conseguiu atingir o objetivo a que se propôs.

Os alunos conseguiram organizar suas idéias a partir da temática estudada, elencando questões que visualizaram criticamente, como causas desencadeadoras dos problemas sócio-ambientais da sociedade urbana atual e como dificultantes da melhoria nos processos que buscam a sustentabilidade nas esferas econômica, ambiental, social, cultural e espacial.

Com o *game* ficou demonstrado que os alunos conseguiram perceber a finitude do planeta e dos espaços urbanos, já que trabalha-se com áreas determinadas e finitas. Limitadas. A necessidade de gerenciar simultânea e dinamicamente, elementos naturais, disponibilidade de áreas para construção, orçamento, disponibilidade de empregos, cultura, entre outros elementos urbanos, desencadeou um processo de entendimento sistêmico ao mesmo tempo que permitiu a esses alunos perceberem que dentro de uma lógica que precisa do crescimento para geração de renda fica muito difícil manter o equilíbrio dinâmico do sistema, e permitir a obtenção e manutenção da qualidade de vida “eternamente”.

A qualidade de vida dos cidadãos do *game* e o sucesso administrativo no jogo só são viáveis pelo tempo em que a cidade conseguir manter o equilíbrio entre receitas e gastos públicos, ambiente saudável, empregabilidade, educação, saúde, disponibilidade de habitações, entre outras questões.

#### 4.3.1 A Cidade pelo Olhar do Arquiteto Urbanista

Um pequeno grupo de arquitetos respondeu a um questionário preliminar de coleta de dados. Partindo-se dos depoimentos obtidos, percebe-se algumas questões passíveis de serem discutidas. Com o advento do Estatuto da Cidade, que orienta para a necessidade de implementação de um processo dialético de regulação urbana, é preocupante a opinião de profissionais legalmente habilitados para o planejamento urbano, de que a

cidade seria complexa “na medida em que se permita a participação dos cidadãos.” Entende-se o agravante de se discutir com uma sociedade pouco preparada para olhar as questões urbanas e ambientais de uma forma integrada e sistêmica, já que estas possuem por si só, limitantes políticos, econômicos e culturais suficientes para dificultar a implementação de soluções que melhorem ou possibilitem um incremento em qualidade de vida. Se faz necessário, portanto, educar a sociedade civil, tanto nos espaços formais quanto nos informais, para que esta tenha condições de se fazer parte dos processos de regulação do espaço construído, viabilizando o planejamento urbano dialético. Sobre o entendimento da dinâmica urbana Gustav, um dos arquitetos participantes da pesquisa preliminar, opina:

Seria importante destacar a atuação dos profissionais que trabalham na regulação urbana, daqueles que atuam no ambiente regulado. São dois pontos de vista distintos, porém complementares. Vou me ater ao primeiro grupo, aquele que atua nas entidades de regulação urbana, ou seja, prefeituras e outras instituições. A ação dos arquitetos nestes processos vêm mudando, tornando – o cada vez mais um “gestor” de um grupo interdisciplinar, que pode avaliar com mais clareza as questões relativas à dinâmica urbana, sejam elas ambientais, geomorfológicas, econômicas ou de direito urbanístico. Enfim o profissional de arquitetura tem que atuar com questões nem sempre dissociáveis no ambiente urbano, as quais são imprescindíveis ao desenvolvimento do projeto ou intervenção pretendida. (Gustav)

Essas questões “nem sempre dissociáveis”, precisam estar claras a todos os participantes do processo, parte delas só serão aprofundadas com um estudo teórico e discussões referentes à temática estudada, porém a simulação do ambiente urbano, que contemple a temática ambiental, e confronte questões de ordem administrativas, sociais e espaciais, permite auxiliar o grupo a visualizar dinamicamente o sistema urbano e os elos entre as diversas variáveis que o compõe, principalmente o grupo de profissionais que não está diretamente ligado à área de planejamento, administração ou a sociedade civil. Continua Gustav, em seu depoimento:

É fundamental que as cidades voltem a ser discutidas no ambiente acadêmico. Há a necessidade de se desenvolver novamente “inteligência” nessa direção, pois as nossas cidades já não podem prescindir de discussões mais amplas. Este assunto tem que ocupar as discussões das pessoas, tanto quanto o projeto de uma nova casa ou qualquer coisa parecida. Mas como podem ocorrer junto à comunidade se os profissionais teoricamente capacitados para isto não o fazem? (Gustav)

A crítica que Gustav faz à pouca participação dos profissionais urbanistas em discussões e debates sobre a cidade, nos faz pensar sobre a legitimidade de um planejamento participativo, quando nem mesmo nos meios acadêmicos as discussões têm sido tratadas com a devida atenção. Em relação a essa legitimidade, tem-se que se concordar com Vianna (2006), que afirma o seguinte:

A participação do cidadão é sempre importante, o que me parece equivocado é a forte fragmentação do ensino que levou os profissionais a serem mais capacitados do que formados. Isto os impede de um olhar para além dos aspectos meramente técnicos e das co-relações com outras áreas do conhecimento humano, bem como das relações e impactos de nossas atividades na Biosfera. (VIANNA, 2006<sup>58</sup>)

Na opinião de Gustav, a cidade seria considerada “complexa” na medida em que “se permita a participação dos cidadãos”, e aqui se entendeu na fala do arquiteto a palavra “complexa” como sinônimo de “complicada”, o que não condiz com o sentido aqui trabalhado e que cabe ser reafirmado. Neste trabalho, complexidade segundo a definição de Morin acontece quando elementos diferentes são inseparáveis

---

<sup>58</sup> Comentários realizados por ocasião da banca avaliação desta dissertação de mestrado em março de 2006.

constitutivos do todo, e há um tecido interdependente, interativo e inter-retroativo entre o objeto de conhecimento e seu contexto, as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si. O fato de o arquiteto não se referir à complexidade conforme o conceituado, pode indicar o desconhecimento deste tipo de enfoque, que possivelmente não tenha estado presente em sua formação. A questão ambiental, apesar de muito debatida, careceria de formas para que a sociedade civil entendesse os porquês de preservar determinados locais ou ecossistemas completos.

Em relação ao fato de que o desconhecimento implica numa limitação à participação efetiva da população, tem-se que concordar, e mais do que concordar *reafirmar* a urgência de se implementar ações de educação ambiental-urbana nos processos de planejamento e criação dos planos diretores, que passa a ser neste ano de 2006, uma exigência por (lei n. 10.257, de 10 julho de 2001 – Estatuto da Cidade) para municípios que possuem população acima de 20.000 habitantes; que sejam integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; áreas de especial interesse turístico; ou que estejam inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de caráter regional ou nacional. A referida lei exige ainda a participação *permanente* da sociedade civil no processo. Ou seja, a sociedade civil, mesmo podendo estar pouco preparada, não pode deixar de ser envolvida. De qualquer forma tem-se a opinião, a partir dos dados desta pesquisa, de que a cidade é *complexa em estrutura* independente da participação popular em seu planejamento. Portanto seu planejamento sempre será complexo, no sentido sistêmico, e por isso mesmo deve ser pensado por equipes com múltiplas formações que sejam capazes de integrar os diferentes saberes de forma a compor ações urbanas coerentes com a sustentabilidade em todas as esferas envolvidas.

Em contrapartida, Judith, arquiteta com formação em gestão ambiental, participante da pesquisa, pensa que o planejamento urbano *não* seria “complexo” e aqui se percebe também, que a palavra foi usada no sentido de *complicado*:

O Planejamento Urbano-Ambiental não se constitui numa questão complexa, pois é uma ferramenta fundamental que atua no processo de desenvolvimento urbano, e que é capaz de minimizar os impactos ambientais decorrentes do crescimento urbano, reduzir a poluição do solo, ar e água, melhorar as condições de insolação em recintos urbanos e preservar a qualidade ambiental urbana visando a manutenção e o aprimoramento do padrão de qualidade de vida dos habitantes da cidade. (Judith)

O arquiteto, mediador entre o espaço regulado das cidades e o cidadão, tem condições de ser um formador de opinião e contribuir com ações de EA. Neste sentido coloca Gustav sobre a contribuição dos profissionais de Arquitetura:

[...] como um agente de intervenção no meio físico, a ação profissional do arquiteto por si já deve conter informações nesse sentido, ou seja, as propostas devem utilizar soluções em que fiquem claras aos usuários a diferença que podem proporcionar ao meio ambiente. Nas ações de planejamento urbano estas ações são extremamente relevantes. Nos processos de planos diretores ou projetos de intervenções urbanísticas, o contato com as comunidades envolvidas é também um elemento de multiplicação da informação. (Gustav)

Como recurso adicional de coleta de dados preliminares, lançou-se um fórum em uma revista eletrônica especialmente formulada para a área de arquitetura e urbanismo, ([http://www.arcoweb.com.br/forum/discute.asp?forum\\_id=10638](http://www.arcoweb.com.br/forum/discute.asp?forum_id=10638) ), com o objetivo de obter depoimentos espontâneos sobre *como a temática ambiental estaria sendo abordada* nos diversos cursos de graduação do país e *o que os leitores entendiam por meio ambiente*.

Alguns dos depoimentos inseridos levaram ao entendimento de que por “temática ambiental” alguns arquitetos associariam aos conteúdos referentes à “Conforto Ambiental”, disciplina que aborda técnicas e estudos que envolvem conforto termo-acústico. Portanto, cabe aqui reafirmar que por “*abordagem da temática ambiental-urbana na educação formal*” entende-se como sendo discussões e atividades educativas direcionadas ao entendimento e à busca de soluções para a sustentabilidade *da vida na terra*, e que deverá passar pela busca de sociedades sustentáveis no ecossistema ambiental-urbano, que é um ambiente artificial criado pela espécie humana, e que está inserido, interferindo e fazendo uso do meio natural biótico e abiótico integrando a questão social, espacial e cultural. O fato destes arquitetos terem entendido desta forma à questão colocada no fórum, pode até indicar que houve uma má formulação da pergunta, mas também pode indicar, que a temática tenha sido tão ausente nos respectivos cursos de graduação em arquitetura que tenha dificultado até a compreensão desta.

Já um outro depoimento inserido no fórum foi tão abrangente e interessante que decidiu-se por inserí-lo na íntegra em forma de citação, incluindo-se o nome do autor, como segue:

Entendo eu que, a questão ambiental no processo de criação, desenho e aplicação de projetos urbanos no Brasil esteja, ainda, relegada a um plano inferior. Na verdade seria preciso que reavaliássemos com urgência o vocabulário teórico e prático do desenho urbano brasileiro, sob pena de – se não o fizermos – aumentarmos ainda mais a distância entre o saber acadêmico e as respostas efetivas que vimos apresentando no país em toda nossa história. Por questão ambiental – essa é minha posição – subentende-se um enorme cabedal de informações que influem, direta ou indiretamente, na higiene e sustentabilidade de um projeto urbanístico a ponto de torná-lo positivo ou nefasto, dependendo de como as informações são levantadas e de como seriam tabuladas e manipuladas. Uma maneira holística na compreensão do fator meio ambiente já seria interessante como ponto de partida para um projeto responsável. (RICCIOPPO, 2006)

Além de concordar com o autor, acrescenta-se que justamente por todo “cabedal de informações” que estão envolvidos na temática ambiental urbana, se faz necessário o entendimento do ecossistema urbano como dinâmico e abrangente, de maneira que acredita-se ser imprescindível a interdisciplinaridade das equipes de planejamento a fim de contemplar a análise de todas as questões envolvidas, principalmente as sociais. Riccioppo, (2006) continua:

Por outro lado é fundamental a compreensão dos valores de impacto na escolha dos modelos ou liberdade e competência para fazer a melhor escolha.

Mas é impossível que se chegue a valores de entropia sem a avaliação global do sítio a ser alterado ou construído. É aí, então, que a avaliação do tema ambiental teria de ser a mais ampla possível, cobrindo desde análises orogenéticas das áreas até implicações e impactos os menos tácteis ou concretos do objeto urbano com relação ao seu entorno físico ou social.

Compreendidos neste termo, por exemplo, estariam os estudos historiográficos, levantamento climáticos, levantamento original de masto e avifauna, cobertura original de florestas, áreas impactadas e sua recuperação, modelos reais de meteorologia, incidência de luz na região, áreas de sombras, ventos predominantes, lençóis aquíferos, arquitetura vernacular e outras dezenas de estudos até que se chegue a um real diagnóstico do local.

A beleza e organicidade do desenho urbano e a análise *ad nauseam* de modelos prováveis de apropriação e uso dos espaços pela população, são outras questões de fundamental importância e fazem parte direta da questão ambiental. (RICCIOPPO, 2006)

Obviamente, que todas essas questões não podem ser aprofundadas em um recorte, como o que foi feito nesta pesquisa, porém entendeu-se que este poderia ser um caminho para que parte destas questões sejam ao menos visualizadas pelos alunos. Através da proposta educativa desenvolvida nesta pesquisa objetivou-se, através da problematização, estimular o entendimento da cidade enquanto sistema social dinâmico a fim de levar à compreensão de que a temática ambiental urbana é muito mais ampla do que nossos modelos mentais, sozinhos conseguem perceber e manipular.

A pesquisa mostrou que alguns arquitetos se auto-conceituam como agentes interventores do ambiente capazes de contribuir ou prejudicar a sustentabilidade ambiental urbana. Além disso, as questões ligadas ao manejo ambiental são vistas como formas de contribuir com a sustentabilidade, conforme entende-se no depoimento de Judith, a seguir:

O ARQUITETO, ASSIM COMO O HOMEM ATUA NAS TRANSFORMAÇÕES QUE OCORREM NO MEIO AMBIENTE, DE UM LADO ATRAVÉS DE AÇÕES BENÉFICAS AO AMBIENTE NATURAL, POR OUTRO, POR MEIO DA UTILIZAÇÃO INCONSEQÜENTE DOS RECURSOS NATURAIS, INCLUINDO A EXAUSTÃO. QUANTO ÀS AÇÕES, O ARQUITETO DEVERIA SE PREOCUPAR MAIS COM AS IMPERMEABILIZAÇÕES, COM AS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS QUE PROVOCAM UMA ACELERAÇÃO NOS PROCESSOS DA DINÂMICA SUPERFICIAL (EROSÃO, ETC) E COM A MELHORIA DO ENTORNO DE SUAS OBRAS (PAISAGISMO).(JUDITH)

Quando provocados sobre o que pensavam a respeito da interferência do modelo capitalista na sustentabilidade urbano-ambiental, as seguintes colocações foram feitas:

A cidade sempre dispôs de elementos de investimento a disposição do capital interessado. Grande parte deles na área imobiliária. Este processo promove em algumas regiões graves distorções na paisagem, na infraestrutura, no ambiente construído. Nem sempre esses investimentos vêm acompanhados de uma contrapartida do empreendedor ao município. Isto porque em boa parte das cidades, a administração pública ainda não se apropria dessa ferramenta como um instrumento de gestão. A atratividade de um investimento está em boa medida na condição oferecida pela cidade, tais como clima, infra estrutura, paisagem, enfim elementos nem sempre tangíveis mas não menos importantes, desta forma nada mais evidente que a cidade possa cobrar por eles e assim tentar equilibrar as ações de desenvolvimento do município. Outros instrumentos podem e devem ser utilizados pela administração pública para equilibrar as relações com o capital. O importante é que a administração municipal não abra mão da gestão da cidade. (Gustav)

Esta fala, sugere que o arquiteto teve em mente as orientações e as novas normas jurídicas de gestão e planejamento urbano introduzidas pelo Estatuto da Cidade, que justamente oferece condições de o poder público retomar investimentos que decorreram em valorização imobiliária, através dos Instrumentos de Indução do Desenvolvimento Urbano como Parcelamento, Edificação ou Utilização Compulsórios, IPTU Progressivo no Tempo, Desapropriação com Pagamento em Títulos, Consórcio Imobiliário, Outorga Onerosa do Direito de Construir, Transferência do Direito de Construir e Direito de Preempção. Porém, o arquiteto não demonstrou associar questões de base estrutural capitalista, que interferem no modo de produção do espaço, na exploração de elementos naturais e no estímulo a um consumo exponencialmente crescente.

Em relação às contribuições que os arquitetos podem oferecer à sustentabilidade ambiental-urbana, a arquiteta Judith coloca o seguinte:

A Educação Ambiental deve estar fundamentada na questão da Ética Ambiental, ou seja, nos estudos dos juízos de valor da conduta humana referente ao meio ambiente natural. Assim, o arquiteto e urbanista, como agente geológico e de transformações ambientais deverá compreender, em primeiro lugar, a necessidade de preservar ou conservar os recursos naturais, que são necessários para a sua sobrevivência e a de seus sucessores. Assim, a partir da compreensão dos problemas sócio-econômicos e político-sociais, deverá tentar modificar as atitudes comportamentais próprias e de outrem, por meio da concepção de ambientes artificiais dotados de tecnologias ambientalmente adequadas e, conseqüentemente, a sua divulgação. (Judith)

As ações sugeridas pela arquiteta são válidas e bem vindas, mas poderiam ser consideradas como paliativas aos problemas causados pelo tipo de produção capitalista, que deve ser repensado, e que parece não estar presente nos conceitos dos arquitetos. Nas falas percebe-se o entendimento de que as ações no sentido de buscar-se a sustentabilidade, seriam de responsabilidades individuais na esfera privada e não de ações coletivas na esfera pública. Concorde-se com Loureiro (2004) quando afirma que:

A supremacia do fazer sem articulá-lo ao pensar teorizado e à compreensão dos diferentes modos de apropriação material que resultam em percepções distintas do que é o risco e a vida; o descolamento da reflexão da ação instrumental; a fusão de metodologias e técnicas de campos científicos distintos para resolver problemas sem a explicitação de seus fundamentos; e a pregação da ação conjunta de todos como se fôssemos sujeitos inespecíficos e atemporais levam a uma perigosa simplificação da 'questão ambiental' e à busca de soluções paliativas, imediatas, que são válidas em determinadas conjunturas, mas que não alteram substantivamente a lógica da sociedade, nem, em particular, da racionalidade científica. (LOUREIRO, 2004 p. 42)

Os depoimentos coletados na pesquisa possibilitam questionar os modelos de ensino superiores que privilegiam disciplinas e cursos instrumentais voltados para a prática e para o atendimento ao mercado, sem contemplar reflexões críticas em todas as esferas que compõem nossa civilização, e cuja ausência, pode levar a entendimentos parciais e fragmentados da sociedade, que reproduzem a hegemonia dos modelos de produção atuais.

### 4.3.2 A Cidade pelo Olhar dos Alunos

Os representantes da sociedade civil envolvidos na pesquisa demonstraram que as percepções da cidade são provenientes de suas visões como cidadãos imersos no ambiente urbano com a consciência de fazer parte dele. Afirma Theodore:

Avalio a dinâmica urbana, apenas como integrante dela, como cidadão, procurando sempre, já que acho interessante o assunto, informações nos meios de comunicação, e estar constantemente atualizado sobre o tema. (Theodore)

Na pesquisa, os alunos demonstraram não perceber o ambiente urbano dissociado do ambiente natural. Suas experiências com o curso, principalmente com a simulação computacional, traz alguns pontos interessantes. Uma das alunas, que cursou a disciplina de Princípios de Sistemas do Mestrado em Educação Ambiental, tenta descrever como visualiza a cidade e como percebe as dificuldades para entendê-la.

Tento visualizar as inúmeras variáveis que compõem um sistema urbano através de um modelo mental, e as conexões entre elas como ramos que saem de cada uma dessas variáveis, e tento conectar como estas interagem ao longo do espaço e do tempo. Entre as dificuldades observadas para esse acompanhamento acredito que sejam as mudanças que podem ocorrer, tanto as drásticas como ao longo do tempo, uma vez que deve ser difícil trabalhar com as mudanças destas variáveis. (Ephatia)

Na opinião do grupo de pesquisa, os padrões esperados para que uma cidade fosse sustentável passariam pela Educação voltada para o entendimento, por parte da sociedade civil, da complexidade ambiental-urbana.

O padrão fundamental seria a educação da sociedade. Assim, como é uma prioridade ir à escola, poderia ter um princípio do governo em aplicar a partir da escola uma disciplina exclusiva sobre educação ambiental. Também fazer palestras, cursos incentivando a sociedade para contribuir com o Meio Ambiente. Desta forma estando todos *bem informados*, serão capazes de cuidar e respeitar. (Bella e Sophia grifo nosso)

Aqui convém salientar, que não basta apenas *informação* disponível em toda parte e em todo lugar e sim *formação* das pessoas, que é na verdade o principal papel que deveria ter a educação formal. Ou seja, educar a sociedade, formar cidadãos capazes de buscar meios e soluções visando a melhora qualitativa da sociedade. Formar uma sociedade sustentável requer cidadãos conscientes, com capacidade de reflexão e de visão crítica acerca das estruturas políticas e sociais que compõe o mundo atual, cada vez mais globalizado e com modos de produção capazes de comprometer a vida no planeta.

Em um dos depoimentos individuais, uma das alunas chama atenção para os pontos que devem receber mais atenção em sua própria cidade.

Ay unos cuantos puntos a tratar, como por ejemplo el desague y las estaciones de servicios (posto de gasolina), arroyo, y la basura (lixo) en el centro de la ciudad.(Bella)

Algumas duplas de alunos foram muito bem sucedidas em suas administrações e outras enfrentaram problemas praticamente insolúveis, que permitiram a eles observar que o planejamento urbano e administrativo deve ser uma coisa cuidadosa, pois, uma vez instalados os problemas, cada tentativa de solução

pode conduzir a outros problemas ainda maiores. Isto acontece devido a inter-relação de variáveis dinâmicas. Podemos ver nos fragmentos de fala a seguir algumas formas de reação que os alunos tiveram frente às dificuldades enfrentadas.

Não sei se na vida real é assim...,  
AQUI PELO MENOS, É MUITO DIFÍCIL!!! (Phillis)

Olha os buracos nas ruas Sandra! Culpa tua! (risos) Tudo culpa tua! (se referindo à decisão da colega em diminuir o orçamento para vias públicas).  
As ruas foram construídas agora e já estão esburacadas! (Phillis)

As falas refletem perfeitamente o que ocorre nos municípios brasileiros. Para economizar ou se adequar ao orçamento, diminuir investimentos pode levar, em contrapartida, à diminuição de qualidade dos serviços públicos. Uma mostra da falta de planejamento e posterior consciência adquirida a respeito das consequências que ações tomadas hoje terão ao longo do tempo, explicitadas pela situação criada pelo corte de verbas. A correta correlação de despesas, receitas, recursos e necessidades humanas foi apontada pelos alunos como um dos padrões que uma cidade sustentável deveria apresentar.

A “administração pública” de alguns alunos não conseguiu controlar o orçamento e se endividou, exatamente como acontece nos municípios, estados e até mesmo, no país.

O droga! Aí vão gastando o dinheiro! Aí de início fica difícil fazer uma prefeitura boa! (Agnes)

A experiência com o jogo, sugere a esta dupla uma grande dificuldade na administração de uma cidade real na busca por uma sociedade sustentável, já que no jogo ficou clara uma grande dificuldade de compatibilizar recursos financeiros, crescimento e equilíbrio ambiental.

É possível perceber pela fala dos alunos, a quantidade de tarefas diferentes que as duplas precisam lidar no decorrer do tempo. Ou seja, os alunos começam a ter uma vivência com a complexidade estrutural urbana através da simulação.

...é ó, pacientes tem 158 deixa uns 200 aí! (Omar, em relação ao ajuste orçamentário da clínica médica)  
Bah, a gente vai gastar todo o dinheiro...e quando acabar o dinheiro? (Agnes)  
Ficou legal né? (Agnes)  
É ficou legal!(Omar, com relação à ampliação)  
Ah, tem que colocar casa! (Omar, referindo-se ao zoneamento residencial)  
Melhor é o meio ambiente! (Omar, lendo as pesquisas de opinião).  
Tem que tentar não colocar as paradas no entroncamento para depois poder seguir as ruas. (Phillis, Sandra)

A visão acerca da integração regional simulada no jogo fica clara nestes fragmentos, quando pensam sobre a implantação de sistemas educacionais na cidade criada para ter um perfil de cidade universitária.

É...vai ser para suprir as necessidades das outras cidades...porque não vai ter população suficiente....(Omar, se referindo à implantação de faculdades, sendo que a universidade, no jogo, fica disponibilizada apenas com um grande número de habitantes.)  
Vamos fazer que densidade?(Omar)  
Ah....tem que ter clínica na cidade! (Agnes)  
Não precisa tem na cidade do lado! (Omar)  
Ai....tem que ter ao menos um postinho para os universitários coitados!! (Agnes)

Uma das duplas teve dificuldade em administrar situações imprevistas como incêndios freqüentes, quando vários imóveis foram queimados e destruídos completamente. Cometeram erros como quando certa vez, ao surgir uma emergência de incêndio, enviaram caminhões para o lugar errado e a casa explodiu! A mesma incapacidade de combater o fogo destrói a usina de energia e deixa a cidade toda sem luz. Tiveram que fazer novo investimento para a construção de uma nova usina. Desta vez optam por uma usina a gás, já que não concordavam com a sugestão ambientalmente incorreta sugerida no exercício, que propusera uma usina a carvão. No momento em que ficou às escuras e até que a normalidade fosse reestabelecida a cidade teve os habitantes diminuídos de 2.427 para 2.398. Esse fato indica o descontentamento dos cidadãos com a administração da cidade, e quando isso acontece eles vão embora.

Bota na indústria para ver se precisa aumentar! (Phillis)

Para tentar resolver o problema do baixo crescimento habitacional, decidiram ampliar a área industrial, com a finalidade de atrair cidadãos através da disponibilidade de novos empregos. Essa decisão, intuitiva, mostra uma forte vinculação com o modelo de crescimento urbano de Forrester, que demonstra a relação direta entre o setor de negócios, empregos disponíveis e taxas de crescimento populacional. Ou seja, ao aumentar a disponibilidade de empregos mais cidadãos se interessarão em vir para a cidade e a taxa de crescimento aumentará, tendo por consequência aumento da receita derivada de impostos, ou seja, alimentará os cofres públicos, permitindo a manutenção dos serviços de infra-estrutura urbana.

A administração orçamentária é um dos maiores desafios encontrados pelos alunos nesta experiência com o jogo, outros problemas apareceriam se o curso oferecesse maior número de horas para que as cidades obtivessem mais maturidade. As administrações de cidades que foram bem sucedidas, e que tiveram sucesso em oferecer condições adequadas à população aliada à saúde financeira, tenderiam, com o passar dos anos, a enfrentar problemas derivados do adensamento e conseqüente sobrecarga de infra-estrutura ou problemas ambientais decorrentes do adensamento industrial. Ainda poderiam aparecer problemas inesperados como catástrofes, ou no caso das duplas que se utilizaram de acordos comerciais - como implantação de base de mísseis, ou lixo tóxico para salvar a crise orçamentária - algum acidente inesperado.

#### **4.3.3 A Visão dos Participantes da Pesquisa sobre os Meios de Comunicação**

O papel dos meios de comunicação, é uma questão que apareceu freqüentemente nas discussões com os alunos e que precisaria, em trabalhos futuros, ser analisada em profundidade. Os espaços disponibilizados pela mídia, nem sempre oferecem condições de serem considerados educativos.

Dentro do *game* SimCity uma das formas que a população tem de comunicar ao prefeito suas opiniões sobre a administração ou as necessidades e mazelas que a população enfrenta é através das “Manchetes nos Jornais”. Essas manchetes fazem comentários divertidos do tipo: “Multidão de Professores Briga por Punhado de Alunos”, “Sims Gritam

Insatisfeitos”, “Sistema de Lixo na Cidade Fede”, “Buraco Negro em Ponto de Ônibus Paraliza Sistema”, “Bairros de Cidade X estão Infestados de Moscas” (SIMCITY 4, 2006) Ou comentários sérios como por exemplo: “Educação é a chave para o Progresso”.

Nesta última frase utilizada nas manchetes, o jogo salienta que educação é bom para a cidade, mas traz implícito a idéia positivista de “progresso” (e que “progresso é bom”) e não de “desenvolvimento”, caberia aqui conceituar a diferença entre os dois termos.

Como progresso, entende-se a sucessão de fases de um processo, subentendidas como crescentes quantitativamente, e que não significam melhorias qualitativas.

Desenvolvimento, segundo Batista de Oliveira (2002) seria “um processo complexo de mudanças e transformações de ordem econômica, política e, principalmente humana e social.” Ou seja, a satisfação das mais diversificadas necessidades humanas, tais como saúde, educação, habitação, transporte, alimentação, lazer, etc, através da transformação de incrementos positivos no produto e na renda.

Caberia, através de modificações no material instrucional, chamar a atenção dos alunos para esses conceitos e fazer uma crítica à essas falas disponibilizadas pelas manchetes jornalísticas do jogo.

Esta foi a forma utilizada pelo *game* para comunicação com os alunos, que se utilizaram das manchetes como forma de orientação às suas ações como pode ser observado no comentário de Becka:

Theodore, depois dá uma olhadinha nos jornais para ver se eles não estão precisando de nada? (Becka)

Em relação à mídia, além do vivenciado no jogo, o que por sinal não foi alvo de críticas, houve discussões sobre o papel, principalmente da televisão, dos meios de comunicação na construção dos conceitos que a sociedade civil internaliza como seus devido à manipulação destas ferramentas à favor dos interesses políticos e de consumo. Na vida real, diferente do jogo, os meios e comunicação na maior parte das vezes não são utilizados para comunicar ao poder público o pensamento da sociedade, mas sim para construir nesta sociedade conceitos e opiniões do interesse do poder público e do capital.

Em relação às críticas feitas à mídia, Theodore, um dos alunos, observou que a forma como os meios de comunicação de massa se posicionam perante à sustentabilidade ambiental na sociedade atual, lhe parecia muito irreal e comentou em uma das discussões estimuladas no material instrucional:

E as vezes eu vejo os caras pensando de uma forma muito lúdica, principalmente na mídia, eu até por não fazer parte do meio, como leigo, e pelo menos ao que eu tenho acesso é isso o que me passa assim, né? e pode ser que eu esteja falando uma baita bobagem. Pode ser que não seja isso, mas a imagem que a mídia passa para mim e para outras pessoas que não estão ligadas diretamente ao meio são estas: uma forma de atuação bastante lúdica, não digo irresponsável, mas bastante irreal, eu acho.(Theodore)

Oliveira (2005), em sua defesa de dissertação desenvolvida dentro do programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental na FURG, utilizando o termo “Eco-Jornalismo” e “Jornalismo Ambiental” enfoca a importância deste tipo de abordagem na construção da cidadania. O referido pesquisador buscou em matérias publicadas no período de 1998 a 2000 do “Jornal Agora” da cidade de Rio Grande – RS, indícios que mostrassem um enfoque ambientalmente educativo, concluindo que a maior parte dos artigos na área ambiental que haviam sido publicados neste veículo de comunicação tinham o formato de denúncias que não apresentavam maiores desdobramentos. O autor da pesquisa trabalhou com estudo de caso e análise documental de 17 matérias veiculadas no Jornal Agora.

Segundo o autor, um dos princípios do Jornalismo seria a verificação de ambos os lados das partes envolvidas na ocorrência em destaque, e que isto não teria ocorrido em algumas notícias a respeito da conservação ou depredação das Dunas do Cassino - ecossistema sobre o qual ele fez o recorte – no município onde o jornal é veiculado. Também foi diagnosticado pela pesquisa a forte prioridade dada pelo Jornal às matérias de cunho econômico e financeiro, ficando clara esta preferência quando fôra feita a análise da diagramação do veículo segundo as normas de percepção e importância que o leitor dá ao que lê de acordo com seu posicionamento na página. Isto mostraria a imparcialidade da mídia ou o não-comprometimento desta com a temática ambiental e serve de exemplo de como as ferramentas informativas podem ser bem utilizadas ou subutilizadas para fins educativos, ou mesmo como podem ser direcionadas para a distorção dos fatos, de acordo com os interesses de quem detém o poder ou o capital.

Com relação ao ambiente, Riccioppo, (2006) reforça a má utilização dos meios de comunicação e coloca na mão dos arquitetos a responsabilidade de contribuir com ações que possibilitem corrigir um pouco as distorções.

Infelizmente, os termos relativos a alterações e abusos ao meio-ambiente foram precocemente desgastados pela *mass media* e resta a nós tentarmos restaurá-los justamente pela correta aplicação metodológica e por tornar estas aplicações as mais efetivas possíveis. (RICCIOPPO, 2006)

Oliveira (2005) considera que o Jornalista é um formador de opinião e que seu trabalho está além da narração da notícia simplesmente, e que o “Eco-Jornalista” seria um ativista/ambientalista que deve sempre colocar sua posição pessoal a respeito do assunto sobre o qual escreve. O autor chama atenção também para a responsabilidade dos veículos de comunicação no crescimento do consumo de bens desnecessários, sem que haja por parte da mídia analisada uma crítica ao atual modelo de desenvolvimento.

Felizmente, ao menos no que diz respeito aos alunos participantes do grupo de pesquisa, existe uma certa consciência de que há manipulação nas informações que chegam à sociedade, o que já é um passo em direção à mudança, como pode-se observar na fala de Theodore a seguir:

Em geral...O que a mídia passa é o greenpeace, que é um movimento ambientalista bem polêmico, até acho que não é como a mídia passa. A mídia passa isso, né? Acho que uma horta comunitária dentro duma região pequena é um movimento ambientalista que se propõe a uma coisa mais específica. (Theodore)

Porém, em alguns casos o “vício” por alguns meios de comunicação, como a televisão, pode “cegar” a pessoa que aceita passivamente o que é transmitido. E até mesmo em discussões e debates, essas pessoas apresentam resistência em aceitar esse fato, como um dos alunos do curso.

[...] falta muito assim...essa questão cultural em casa...na família...porque por exemplo, se tu tem uma filha, tu tem essa visão cultural...tu vai passar para ela isso...né...e no momento que ela vê televisão ela não vai ver com esses olhos ingênuos, e não sei o quê...porque vocês vão estar discutindo sobre aquilo ali. (Ephatia)

...o problema é que a grande maioria...(Eve)  
... olha ingenuamente...assiste ingenuamente...(Ephatia)

...é...é...não,... e as vezes...não é nem ingenuamente...já olha pelo outro lado...aqui na nossa escola mesmo..a maioria dos nossos alunos...assim...são gente que tem contato com traficante...que tem contato com...então assim como tem aqueles que tem medo tem os que acham “legal” essa questão das armas, da violência...porque convivem com isso.(Eve)

Um exemplo recente, que pode-se citar - e que foi discutido com os participantes do grupo de pesquisa - de manipulação explícita a favor dos interesses de quem tem o poder da comunicação de massa foi feita em uma novela de televisão que foi ao ar por volta das 19:00, pouco antes do referendo sob a proibição ou liberação da comercialização e utilização de armas no Brasil.

Em seu primeiro capítulo, e logo no início, foi feita uma cena que começava com um *close* em uma placa que dizia: “nesta cidade é proibido o uso de armas”. No momento seguinte, apareceram homens mascarados e montando cavalos, atirando para todos os lados matando todos os cidadãos da pequena cidade, incluindo mulheres, idosos e crianças. Uma cena chocante e muito realista. A mensagem pôde ser entendida da seguinte forma: “estão vendo o que vai acontecer se vocês telespectadores votarem a favor do desarmamento?”

Isso pode ser entendido como forma de manipular os conceitos que a sociedade constrói ou *pensa* construir, e a maioria da população sequer percebeu, mesmo sendo tão explícita.

Alguns alunos criticaram a forma como os veículos de comunicação, vem estando a serviço do capitalismo, estimulando o consumismo, que é um dos fatores do esgotamento dos elementos naturais no planeta, levando à sociedade com pouco poder de crítica, à valorização de bens materiais em detrimento aos valores humanos. Podemos conferir a transcrição de um depoimento gravado de uma das alunas, a seguir:

[...] é a famosa conscientização que eu falo...né..a falta de consciência.. Nós somos induzidos desde pequenos pela televisão à sociedade de consumo. Então se *eu* não tenho um carro eu sou *pior* do que tu que tens, se *eu* não tenho uma televisão de 29” de tela plana eu sou *inferior* a ti. Eu acho que principalmente esse conceito que a gente *se* cria...eu vejo o meu neto, meu neto olha televisão olha as propagandas e minha nora e meu filho não estão muito ali...e quando eu estou com ele eu evito...eu gosto de brincar...criar jogos...tirar ele da frente da televisão...porque a televisão o que que faz?...te faz querer tudo para que tu seja *melhor*...se tu não *tiver* tu não é tão bom quanto aquele que *tem*...’*ai vovó tu me compra? Não a vó não pode, não tem dinheiro ...Ai vovó tu tens que comprar...Fulano tiene...como é que yo no voy a tener?*’ Tem 3 anos de idade!! Esse é o problema! Trabalhar no campo...né...tu vês carreiras como agronomia...eng. agrônomo...são *poucos* que fazem...e os que fazem esbarram porque?...porque ninguém quer estar no campo...é *humilhante* trabalhar no campo! É humilhante e o pessoal não quer fazer esse tipo de coisa.. ... E a televisão...não ....a televisão tá é a mídia, né..trabalha isso na cabeça desde que a criança está no berço eu acho...(Bella)

Esse depoimento vai ao encontro do que diz Lopez Velasco (2003), ao defender uma proposta alternativa e pós-capitalista de modelo, não só econômico, mas de sociedade, e que levanta também uma crítica ao papel dos meios de comunicação na formação de opinião da população, como segue:

[...] a catástrofe europeia do ‘socialismo real’ é usada pelos apologistas do capitalismo como a ‘prova’ de que o capitalismo, em especial por intermédio dos meios de comunicação e em um leque que vai desde o cursinho via TV até o filme policial, passando pela sempre presente publicidade, faz com que a grande maioria das pessoas, incluindo a maior parte daquelas possuidoras de um grau relativamente alto de instrução, tenha perdido a noção da existência possível de um horizonte além dos confins do capitalismo (ou seja, entre outras coisas, além da ‘competitividade’, do ‘salário justo’ e do ‘subir na vida rumo à classe seleta dos ricos e famosos’). (LOPEZ VELASCO, 2003 p. 80)

Essas questões possibilitam a reflexão, de que a sociedade deveria interferir no tipo de veiculação que é feita pela mídia de massa e nos propósitos a que serve, pois de nada adiantam ações pontuais ou amplas que buscam a educação dos cidadãos, se ferramentas como essa, disponíveis em praticamente todas as classes e lugares do mundo, servem à propósitos que nem sempre são educativos, mas que tem a capacidade de formar a opinião do grande público, muitas vezes em detrimento a ele próprio.

#### 4.3.4 A Superação do Pensamento Linear

Pelo desempenho, comentários e depoimentos dos alunos, as atividades propostas com a utilização do *game* demonstraram estimular o raciocínio e a capacidade de resolução de problemas. Através do jogo, o aluno pôde ter consciência da complexidade do sistema urbano. As atividades ajudaram os alunos a raciocinarem sobre o comportamento de diversas variáveis em conjunto ao longo do tempo.

Uma das formas utilizadas no material instrucional, foi a introdução de conceitos de dinâmica de sistemas, com exercícios de modelagem computacional com a utilização do software STELLA e posterior avaliação de dois setores de um modelo urbano feito no mesmo software: *o setor de negócios e o setor de população*. Essas atividades foram propositalmente inseridas como atividades de finalização do curso, dando seguimento à outras já realizadas com o apoio do *game* SimCity.

A maioria dos alunos não tiveram dificuldades no entendimento dos modelos, alguns não tiveram a mesma motivação que demonstraram nas atividades com SimCity 4, mas conseguiram fazer a correlação entre o modelo urbano e o jogo.

As atividades com STELLA, despertaram o raciocínio sistêmico, caracterizado pela análise em conjunto de todos os elementos disponíveis no modelo e suas inter-relações, explicitando dificuldades decorrentes das conexões entre as diversas variáveis e setores do modelo. Alguns comentários das duplas reafirmam essa colocação e podem ser observadas a seguir:

Para ter sustentabilidade tem que ter visão sistêmica.(Phillis)

As próprias conexões configuram-se como dificuldades. Devido ao fato de existirem todas essas ligações, as ações praticadas refletem-se nos mais diferentes setores, de maneira tal que não há forma de manter o controle total. Além disso, são afetadas constantemente, gerando um elo de retroalimentação. O caso é agravado quando se fala de sistemas humanos, pois pessoas pensam, discordam, concordam, criam, e essas diferenças dão maior complexidade a tais sistemas.(Sandra)

Percebe-se no decorrer das atividades de planejamento e gestão das cidades que os alunos conseguem visualizar, se preocupar e administrar muitas variáveis ao mesmo tempo, isto é, manipulam sistemicamente a cidade.

Com ajuda dos conceitos apresentados, e apoiados pelo modelo urbano em STELLA foi possível incentivar os alunos a pensar sobre a viabilidade de uma sustentabilidade planetária no modelo econômico capitalista. As discussões derivadas destas atividades levam ao entendimento de que os alunos conseguiram compreender que na lógica característica do atual modelo de desenvolvimento econômico, que exige cada vez mais crescimento, é muito difícil obter sustentabilidade ambiental, já que se vive em uma terra finita e com grande parte dos elementos naturais finitos.

Os alunos julgaram interessante observar graficamente, e quantitativamente o resultado e interação de diversos fatores em determinado universo, que no caso do curso foi o ambiente urbano, e conseguiram entender os propósitos do modelo e da modelagem, como pode ser conferido pelo depoimento a seguir:

Ele (O modelo urbano) apontará os pontos onde haverá pane no sistema, e que devem ser melhorados para o equilíbrio e crescimento sustentável. O modelo proporcionará uma visão quantitativa, racional, clara e objetiva à respeito do sistema,

apontando com exatidão as características das diversas variáveis, que são os processos e as relações que movimentam o sistema, como taxa de estruturas de negócios e disponibilidade de mão-de-obra. (Sandra ePhillis)

A questão da sustentabilidade ambiental-urbana foi fortemente discutida por todas as duplas no decorrer das atividades do curso, e os alunos concluíram que as cidades fazem parte de uma rede interligada composta por outras cidades - a exemplo das atividades regionais propostas - e que cada uma delas contém um número incontável de questões relacionadas que atuam em conjunto formando um sistema único. Nos depoimentos dos alunos a seguir, percebe-se os indícios da compreensão sistêmica.

As diversas variáveis são geralmente interligadas e se não forem interligadas “naturalmente” será necessário torná-las ligadas, para poder contra-balançar e equilibrar os custos e ações, como em uma rede de ação e reação. A cidade funciona como um sistema, como um círculo vicioso. (Omar e Agnes)

As duplas, além de perceberem a cidade como um sistema, demonstraram estarem fazendo associações constantes com a realidade local em que estão imersas, fazendo referência aos problemas enfrentados pelo município, como percebe-se neste depoimento:

É o complexo de todas as atividades necessárias para o desenvolvimento, progresso, da economia, educação fontes de trabalho, moradia, etc. As dificuldades mais comuns, em nossa cidade (Chuí), fontes de trabalho má administração política, etc. (Sophia e Bella)

Os alunos apontaram como causas da crise ambiental um conjunto de fatores, entre eles a falta de planejamento na utilização dos recursos, o desenvolvimento econômico, a industrialização, as próprias conexões se configurando como dificuldades e os diferentes modelos mentais humanos que também seriam conflitantes à um equilíbrio ambiental. Concluindo que para ter-se sociedades sustentáveis em todas as esferas (econômica, social, cultural, ambiental, espacial) é necessário o entendimento destes fatores de forma sistêmica.

#### 4.3.5 Limitações Impostas pelas Estruturas de Produção

Nas discussões sobre as temáticas abordadas, foram levantadas questões sobre a influência do capitalismo na crise ambiental, a atuação do presidente dos EUA, George W. Bush, a mídia televisiva como ferramenta de (des)educação informal, globalização, consumismo exagerado, má distribuição de renda, falta de informações básicas na educação fundamental, etc. Porém, a principal conclusão dos alunos foi que a principal causa para a crise ambiental teria sido o desenvolvimento do capitalismo.

Apesar de terem chegado a essa conclusão, foram unânimes em afirmar a existência de uma grande dificuldade de rompimento com esse modelo. Alguns alunos chegaram inclusive a colocar como solução possível uma gestão pública baseada na ditadura política, o que poderia ser impensável em um país democrático e com leis que tentam o envolvimento da sociedade civil através do planejamento e gestão participativos. Essa colocação quase “desesperada”, demonstra a descrença nos debates e na mudança por intermédio da educação e pela falta da visualização de alternativas. Lê-se a seguir:

[...] eu acho...até...tá eu acho interessante o teu trabalho e o que muitas pessoas fazem...e eu concordo que isso não pode ser assim...e ao mesmo tempo eu não acredito que as coisas vão melhorar...eu acho que melhoraria...se entrasse uma pessoa que realmente pensa...assim como tu está pensando, todos estamos, uma coisa assim...e entrasse lá para o poder...e implantasse uma ditadura...e tem que ser assim, aí se isso acontecesse a coisa ia melhorar. Porque vem discute...vai outro lá...faz congresso...e tudo continua a mesma coisa. (Ephatia)

Em relação ao modelo econômico vigente na maioria dos países, os alunos colocaram como sendo causa da desestruturação social e ambiental, e que a sociedade seria, ou teria aceitado ser, condicionada a perpetuar, por buscar cada vez mais uma vida de prazeres materiais, preocupando-se somente com o bem estar individual e não com o todo no qual se faz parte e do qual precisa-se para sobreviver.

[...] Será que não é sempre essa busca pelo dinheiro...essa coisa assim...né? O capitalismo não é o problema que gera isso? (Agnes)

É inadmissível que um povo, num país subdesenvolvido, numa tribo africana, lá...no Congo de qualquer país desses...tenha uma qualidade de vida que sofra os efeitos do consumismo dos EUA por exemplo, né? Isso que eu acho que é totalmente errado, assim. Então acho que o mundo teria que ser sustentado dessa maneira, mas isso também é uma coisa que passa pelo poder político. Mas eu acho que esse é o caminho, acho que a responsabilidade de sustento do mundo tem que ser dessa maneira, né? Ele vai ter que ter uma hierarquia..um fluxograma, ali né. (Theodore)

Na atividade de leitura e discussão, que aborda o Modelo de Mundo de Meadows (1972), os alunos concluem que é muito difícil romper com o modelo capitalista, e apesar de perceberem a impossibilidade de que todos os países atinjam o mesmo tipo de vida e padrões de consumo dos países do norte, acham que a qualidade de vida é um direito de todos.

Não, eu acho que o direito é de todos. Mas tem que ter condições básicas para isso. né? Aí é uma questão histórica. Os países desenvolvidos tem uma dívida histórica com esses países subdesenvolvidos, até porque se desenvolveram, a maior parte, às custas desses países. Assim como tem os desenvolvidos e os subdesenvolvidos é porque tem os opressores e os oprimidos, né? Esses países estão pagando a conta,

pelo sucesso dos outros. E isso não é uma sociedade justa! Isso aí é o que acontece hoje no mundo de uma maneira geral. (Theodore)

Alguns alunos, em contraposição aos que sugeriram a criação da ditadura política, colocaram que seria óbvio que o modelo econômico e a concentração de renda desfavoreceriam o equilíbrio social e ambiental, mas que os movimentos ambientalistas, somente teriam condições de discutir a temática, não teriam gerência para mudar a situação global. Que uma mudança de regime político de um país só pode ser possível pela forma democrática ou pela formação de opinião da sociedade, e aí sim os movimentos ambientalistas poderiam contribuir, mas isso apenas a longo prazo.

#### **4.3.6 Mundo Loteado, Elementos Naturais Integrados**

Grandes discussões foram geradas a partir das atividades, todas giraram em torno do tema sustentabilidade do planeta (e do ambiente urbano) e do modelo econômico. A maioria dos alunos tentou refletir em busca de alternativas viáveis para obtenção do equilíbrio dinâmico entre elementos naturais e civilização humana e nas causas do desequilíbrio. Na visão da dupla Theodore e Becka, a maior causa dos problemas ambientais e sociais em nível mundial é a globalização, pois na opinião deles:

[...] a geografia dos recursos e a economia do dinheiro se antagonizam.[...] os países estão loteados geograficamente e economicamente de maneiras que se antagonizam, os recursos naturais não obedecem essa geografia econômica que existe. Tem a geografia dos recursos e a geografia econômica. Os interesses dos países desenvolvidos não são os mesmos interesses dos países subdesenvolvidos. Mas os recursos naturais não se distribuem da mesma maneira. As necessidades derrepente de um país desenvolvido é por exemplo produzir mais combustível, energia, mais coisas. E a necessidade de um país, como a Etiópia, um país Africano é subsistência mesmo: comida! Ele tem muito mais necessidade de comida do que o EUA teve, e aí os recursos naturais não estão distribuídos dessa forma...o ideal é que tivesse lá nos EUA fontes de energia, praticamente, não digo inesgotável, mas muito grande, e que no “Botão” existesse uma infra-estrutura agrícola que permitisse a subsistência das pessoas...mas não é assim. Então, eu não vejo como tu resolveres essa equação sem uma revolução mundial. E isso não existe, é muito difícil de se fazer, eu acho que esses congressos e discussões ficam intermináveis porque são ingerentes nesse processo mundial. Por isso que eu disse, eu citei a globalização como uma das causas desse descontrole, é por isso. As necessidades são diferentes de um país para outro e os recursos não estão distribuídos dessa forma. Os recursos são globais e as necessidades são mais específicas, ao menos essas necessidades do momento. Não tem como. Por isso eu disse que é muito lúdico tu pensares, ou ingenuidade tu pensares que tu vais zerar o mundo todo e começar tudo do zero, aí sim tu poderias construir um trabalho organizado, efetivo, com pessoas competentes e capazes, e que essas discussões seriam proveitosas, tu terias como organizar um mundo se ele partisse do zero. (Theodore e Becka)

A industrialização, também foi apontada pelo grupo de pesquisa como causa da degradação e do consumo, desencadeadores da insustentabilidade. A industrialização foi considerada como o maior consumidor de elementos naturais, mas em contrapartida o maior gerador de empregos. A inter-relação entre emprego e ampliação da indústria pode ser associada ao modelo urbano de Forrester (1969) que conecta os setores de população ao de negócios.

Os mesmos processos tecnológicos advindos do fenômeno da industrialização, que induziram o crescimento populacional e permitiram o acesso a bens e serviços, antes não alcançados ou usufruídos pela maioria da população, também produziram transformações no meio ambiente, de tal modo que a exaustão dos recursos naturais não renováveis e a sobre-utilização danosa daqueles que se constituem como renováveis, atingindo os seus limites máximos. Também sobrevieram as alterações em suas qualidades colocando em risco a saúde pública, em áreas insalubres, predominantes nas áreas urbanas densamente ocupadas e que estão relacionadas à questão da saúde pública, como a existência de várias doenças e sintomas, à poluição do ar, solo e água, que vem crescendo ao longo do tempo, entre outros. (Gustav)

No jogo, a ampliação da indústria, na maioria das vezes, reverte o quadro de orçamento negativo. Com saldo positivo a cidade se recapitaliza. Ou seja, na lógica do jogo fica evidenciada a necessidade de ampliação para arrecadação de impostos como forma de sustentar o orçamento. Ou seja, ter uma “*economia sustentável*”.

Tendo em vista os próprios recursos não renováveis, todas as atividades que dependem destes podem sucumbir, se não estiverem dentro de um contexto de sustentabilidade. Do ponto de vista capitalista a atividade industrial é o maior consumidor de recursos e geração de empregos. Dessa forma o seu progresso depende da manutenção dos recursos. (Phillis e Sandra)

Na opinião unânime das duplas, para ser sustentável uma cidade deve ter sua população conscientizada, sendo que a solução para sociedades sustentáveis passaria pela educação que é a base da sociedade, e que seria da responsabilidade do poder público oferecer soluções educativas aos cidadãos. Uma das duplas deu um depoimento de como a administração pública estaria agindo na sua região:

A gestão é relativamente “jovem (nova)”, e talvez por isso não tenha tomado muito a sério o tema. Aqui muito pouco é feito, temos uma única pessoa interessada no meio ambiente, e pouco apoio financeiro. Acho que está faltando mais consciência, mais informação, mais capacitação por parte dos governantes. Deveriam trabalhar mais, talvez até capacitar mais. (Eve e Ephatia)

Os alunos entenderam que sustentabilidade seria o equilíbrio dinâmico entre todas as esferas, social, econômica e ambiental. Segundo a opinião do grupo de pesquisa numa sociedade em que todos tivessem direito e acesso à saúde, educação, moradia, emprego e vivendo em perfeita harmonia com o ecossistema, essa sociedade seria sustentável.

O grupo demonstrou consciência e visão crítica a respeito das influências do capitalismo na (in)sustentabilidade. A maioria dos alunos entende que a “sustentabilidade é um conceito utópico, relacionado com o tempo e que abranje o desenvolvimento econômico, político e ambiental, se configurando como um “bem-estar interdisciplinar”. (Phillis e Ephatia)

Um dos arquitetos acredita que “a cidade deve ser gerida pelo poder público municipal e não pelo capital privado através da especulação imobiliária”. (Gustav)

Outra preocupação demonstrada por alguns alunos, diz respeito à dinâmica populacional que, entendem eles, se for mantida em crescimento não permitirá que o planeta suporte uma exploração de recursos de maneira proporcional.

Para serem sustentáveis as cidades deveriam ter políticas públicas, mantidas por uma equipe multidisciplinar que interagisse em prol do objetivo proposto. Sob o aspecto de um crescimento populacional exponencial não teríamos sustentabilidade ambiental associada à sustentabilidade econômica, dado que os recursos ou sua reciclagem nunca serão suficientes para manter a população. (Phillis e Sandra)

A maioria dos alunos acredita que é de responsabilidade do poder público iniciar mudanças que levarão à sustentabilidade. No entanto, se faz necessária uma construção conjunta envolvendo sociedade civil e representantes do povo.

Deve-se começar a pensar na sustentabilidade partindo da política pública. (Phillis e Sandra)

Em resumo, nos conceitos construídos com os alunos, o crescimento da sociedade nos parâmetros capitalistas de produção é inversamente proporcional à natureza. O mundo é um só. Deve-se ter menos ambição e ânsia de poder e de crescer, que parece ser uma característica inerente aos seres humanos, e reproduzidos pela cultura. No modelo de desenvolvimento atual nem com as melhores idéias e as pessoas mais capazes e produtivas do mundo será possível uma mudança se não for do interesse do capital.

Porque a população não tem meios para fazer isso...não tem como. Tu podes juntar todos os países, com a melhor intenção, e as pessoas mais capazes, com as idéias mais produtivas do mundo, que se não forem afins dos interesses do capital...não vão conseguir nunca. Os países que tem a superpotência...e que teoricamente teriam capacidade de poder decisória para mudar isso....não tem interesse em fazer...e não vão fazer....e tu não tens poder de pressão contra eles.... (Theodore)

#### **4.3.7 A Busca por Alternativas**

Os alunos, em busca de alternativas, pensaram em outras formas de produção e relacionamento social. Todos demonstraram estar conscientes da dificuldade de mudança de sistema, pensamento que consideram utópico fundamentalmente pelos interesses das classes dominantes que desejariam permanecer nos moldes atuais. Pensam ser necessário uma revolução ideológica e de atitude. Como modelos alternativos foram levantados o equilíbrio rural-urbano de forma incentivada como caminho para desafogar as cidades, a criação de comunidades fechadas em si mesmas e autosustentáveis de forma a combater a globalização, e gerenciamento ambiental-urbano interdisciplinar. Também foi levantada a possibilidade de os países do norte, serem responsabilizados e impelidos à compartilhar com os países pobres os frutos do desenvolvimento adquirido pelo sacrifício dos mesmos.

Eu acho que quem polui mais é responsável mais, tem que pagar mais para o mundo estar melhor de uma maneira geral. Né?. E quem sofre as consequências desse agente, que polui ou que esgota os recursos tem que ser menos responsabilizado por isso, né...ou seja, corporações e países que tem maior desenvolvimento, que gastam mais, tem que pagar mais! É como uma conta de luz, de água, tu vai pagar o que usar...né? (Theodore)

As idéias intuitivas dos alunos, construídas com a experiência proposta pelo curso, vão ao encontro da alternativa Ecomunitarista, (Lopez Velasco, 2003) que é uma proposta pós-

capitalista, que sugere uma nova organização da força produtiva, visando a oposição ao trabalho alienado, o cultivo da liberdade e do crescimento humano e a utilização controlada e saudável da natureza.

[...] mas eu acho que a questão toda, né...é difícil a questão, gurias..mas principalmente aqui no nosso país, é a questão dessa má estruturação de terra né? Porque tu vê cidades como SP, BH, RJ que está aquele atrolho de gente, né aquela coisa...mas aí tu vê...tu andas por esse Rio Grande do sul todo aí...e andas pelo Paraná e cheio de terra...tudo disponível...entendestes (?)...tu tens uma má ocupação...na verdade...né? (Phillis)

O Ecomunitarismo propõe a organização dos seres humanos em eco-comunidades, onde produtores livremente associados determinariam as normas de funcionamento destas através do consenso e de forma compatível com outras comunidades locais, se integrando aos acordos de âmbito maior até atingir a totalidade do planeta, e se estenderia “a outros lugares onde seres humanos estejam vivendo de forma permanente ou temporária”. (LOPEZ VELASCO, 2003 p. 82).

[...] capitalismo é o regime vigente na maioria dos países que são desenvolvidos, mas nem todos os lugares do mundo, e as aldeias...os quintais do mundo tem esse mesmo regime capitalista;...o grande problema seria até a globalização...né...que traz essa incapacidade de cada país de se auto-sustentar...por isso que eu digo...particularmente eu acho que a melhor saída...nesse momento como o mundo está...não é a saída perfeita...mas talvez seja possível...é... as comunidades se fecharem mais em cada uma e cada uma cuidar de suprir suas necessidades básicas...né...e tentar viver...me parece ser a saída mais possível, mais exequível...isso, comunidades ligadas com sistemas próprios de gerenciamento de seus recursos, não vão viver igualmente, não...só é que a globalização ela faz com que todos...ela cria essa necessidades para que todos...tenham ou queiram ter...o mesmo padrão...de vida e desenvolvimento...e eu não acho que isso seja necessário...né...é perfeitamente possível...as pessoas se organizarem para terem necessidades diferentes umas das outras...e viverem bem. Só que a globalização não permite isso, não permite porque cria essas necessidades através da mídia, através da manobra das massas, através da desinformação....e aí fica esse caos, que tá aí, entendeu? (Theodore)

O Ecomunitarismo tem como proposta para a forma de trabalho humano o que Lopez Velasco chama de “*não-trabalho*”, ou seja, propõe um trabalho que seja adequado à aptidão natural genética e àquela que tenha sido voluntariamente desenvolvida pelo indivíduo. Desta forma, “o restante do tempo é o **espaço de liberdade**, conquistado além da necessidade e usado para o gozo”. (LOPEZ VELASCO, 2003 p. 278 grifo nosso).

[...] essas pequenas sociedades...que estão vivendo em tudo quanto é lado..essa gente, eu acho que eles são uma base – não sou a favor deles, não viveria em nenhuma delas, né – mas eu acho que eles estão sendo a salvação do planeta, porque quanto mais gente entrar para esse tipo de coisa, menos gente vai estar maltratando o planeta...para eles tudo é reaproveitado...eles tem outra mentalidade... eu acho que eles são tão assim...porque como diz a Sandra...não tem televisão...não significa que não possa ter nada...mas eu acho que foi a maneira que eles encontraram para não se contaminar e não contaminar as crianças com essa visão do mundo atual...porque eles se isolaram...(Eve)

A proposta ecomunitarista defende a redução da jornada de trabalho com a finalidade do homem criar tempo para o desenvolvimento de outras atividades tais como o aperfeiçoamento, o lazer, o convívio com a família e a natureza através de rodízio comunitário de atividades, de tal forma que um médico, por exemplo, possa exercer funções tais como a de jardineiro ou cozinheiro e professor de acordo com sua vontade e aptidão.

Com relação às atividades que a ninguém pudesse interessar por vocação (como limpar bueiros) Lopez Velasco sugere a automação mecânica ou o rodízio.

No que diz respeito à distribuição do produto do “*não-trabalho*”, isto seria feito de acordo com o lema: “**De cada um segundo sua capacidade, a cada um segundo sua necessidade**”. (LOPEZ VELASCO, 2003 p. 84) Isto é, seguindo um pacto consensual a comunidade definiria quais são as necessidades sociais que corresponderiam ao conjunto do que precisam os seres humanos para o desenvolvimento de suas vocações éticas.

Com relação à ecologia, o Ecomunitarismo obedeceria à norma ética de respeito à necessidade de uma natureza saudável, e preveria um comportamento preservador/regenerador baseado na utilização de recursos renováveis, não poluentes e a atividade permanente de reversão dos danos não possíveis de serem evitados além da reciclagem de todos os resíduos.

No Ecomunitarismo, o homem se reconcilia com a natureza que passaria a se **constituir em objeto comunitário ao invés de objeto privado**. Desta forma, a natureza passaria a ser além de uma companheira de uma atividade produtiva, o “cenário maravilhoso de suas vidas” (LOPEZ VELASCO, 2003 p. 86) tal como uma obra de arte a qual os seres humanos dedicam carinho, cuidado e preservação/regeneração.

O fato de esta ser ainda uma proposta aparentemente utópica, não significa que a mesma não seja viabilizada, em prazos ainda indefinidos, até mesmo pela pressão da própria sociedade civil, que ao ser provocada à problematização e reflexão, já chega por si só a entendimentos muito próximos do que se pretenderia com o Ecomunitarismo. Cabe à Educação - não só Ambiental mas toda forma de educar no sentido emancipatório e crítico - oferecer condições para que pensamentos ou filosofias como estas possam frutificar e amadurecer, e aí então, poder-se-á encontrar alternativas viáveis à sustentabilidade.

A questão do equilíbrio rural-urbano como uma das alternativas para corrigir os os problemas sociais e de infra-estrutura nas cidades foi apontado de forma recorrente pelas duplas. No entendimento delas, as pessoas que tradicionalmente viviam no campo e dele subsistiam e que foram para as cidades, veriam o trabalho agropecuário com sendo um trabalho menos importante do que os realizados nas cidades, e que não haveriam atrativos que levassem a uma imigração da cidade para o campo.

[...] é...eu digo assim...por exemplo...essas sociedades urbanas aumentarem dentro da zona rural assim...que a gente chama zona rural...uma cidade meio urbana...uma coisa assim...e aí tu começa a ter coisas na volta, assim...tu pode manter as coisas

rurais e ter uma coisa mais urbana dentro da zona rural... será que não é uma tendência...? Eu fico pensando, nisso...será que não é assim... porque na verdade vai chegar um dia que vai estourar, né...as grandes cidades...as zonas urbanas...é isso que eu fico pensando...(Sandra)

...é, porque não tem cabimento.... porque...só cidades urbanas...? (Phillis)

Tu tens sempre uma cidade grande, aí na volta várias cidades médias e aí depois as cidades pequenas nunca poderia ser ao contrário...assim por exemplo...se ter um monte de cidades grandes e uma única cidade rural, seria ilógico assim...porque é um elo de retroalimentação, vem produtos rurais de lá né... da zona rural que são manufaturados na cidade e devolvidos para a zona rural, né...(Phillis)

Como é complicado, né...não poder ter essa a criação de cidades nas zonas rurais...assim...uma coisa meio...tipo ecocidades... (Sandra)

Percebe-se no diálogo das alunas a tentativa de formular alternativas em relação ao equilíbrio ambiental urbano, demonstrando um entendimento na composição regional urbana de forma sistêmica e integrada. Nesta fala percebe-se o modelo mental da aluna, já com conceitos internalizados provenientes tanto da ecologia quanto da dinâmica de sistemas.

#### 4.4 CONCEITOS EXPLICITADOS PELA PROPOSTA

A partir da experiência e das falas dos alunos no decorrer do curso, falas estas que foram espontaneamente explicitadas em função das situações vivenciadas nas simulações, pôde-se ter uma idéia de como os modelos mentais dos alunos parecem estar construídos, o que levou a reformulação das questões de pesquisa de forma a incluir a questão “b”, apresentada no Capítulo 1, página 30 e retomada aqui.

*f. Que conceitos internalizados (modelos/representações mentais), podem emergir a partir da experiência com a proposta educativa que apontem indícios de como os alunos interpretam as diversas inter-relações urbanas?*

Para tentar responder a essa questão de pesquisa, foram analisadas as respostas dos alunos ao questionário preliminar junto com uma tentativa de relacionar essas respostas com as decisões e comentários que emergiram no decorrer das atividades do curso.

##### 4.4.1 A Explicitação da Consciência Ambiental

O grupo pesquisado, através de seus depoimentos, demonstrou já estarem presentes em seus conceitos internalizados, algumas causas do desequilíbrio ambiental. Entre essas causas, foram apontadas a industrialização e a falta de estudos prévios de impacto.

Na minha opinião o crescente avassalador da industrialização, e dos poluentes que a mesma gerava, sem que houvesse estudos prévios dos impactos que estes contaminantes e poluentes pudessem causar foi o início da crise ambiental. (Phillis)

Na verdade não há uma origem central. A atual crise se deve a um conjunto de fatores, dentre os quais o desenvolvimento econômico e utilização de recursos naturais sem planejamento destacam-se como de grande importância. A partir desses dois processos, a degradação social e ambiental era como que algo já previsível, pois não há recurso infinito. (Sandra)

Em algumas atividades orientadas, como a que instruía passo-a-passo a construção de uma cidade no SimCity, foram inseridas propositalmente provocações que demonstrassem o pensamento dos alunos frente àquela situação. Uma delas foi a sugestão da implantação de uma usina a carvão, que o próprio jogo alerta que tem uma produção alta de poluição mas com um custo de implantação e manutenção baixo. A maioria das duplas questionou essa utilização, e quando criaram cidades sem a orientação do passo-a-passo, que também tinha por objetivo dar desenvoltura com a manipulação dos comandos e estratégias, recusaram a utilização desta forma de geração de energia. Na atividade orientada, quando inserida, até porque a animação do jogo demonstra claramente a poluição, foi alvo de críticas, como a da fala a seguir;

Olha como polui a porcaria!!(Agnes, referindo-se à usina).

Os alunos conseguiram perceber também, que a questão do crescimento, isto é, o aumento quantitativo de população, áreas de terras ocupadas e estruturas de negócios, geraria em prazos não muito longos, problemas de sustentabilidade da biosfera, tais como poluição do ar, das águas, extinção de espécies, enfim, comprometimento da vida .

Sem crescimento não se chega a lugar algum, mas com ele também podemos não chegar a lugar algum, ou sim ao caos. Já que o planeta é um só. Vai chegar uma hora que não teremos mais espaço para onde crescer, de onde tirar os suprimentos necessários para podermos sobreviver. (Bella e Sophia)

Ao pensar na incompatibilidade entre atividades econômicas com os atuais modos de produção da sociedade e a manutenção da vida no planeta, os alunos reforçaram que a solução passaria por ações de políticas públicas direcionadas principalmente à educação da sociedade:

Em realidade hoje em dia não é compatível. Devido à má educação do homem. Já que o homem só usufrui, polui e contamina o planeta. A maneira seria que, o governo, sociedade, e indústrias, de maneira conjunta, tivessem consciência de lutarem pelo ecossistema. Já que hoje em dia os fenômenos naturais (desequilíbrios) estão acontecendo, cada vez em maior intensidade no planeta. Conclusão: devemos educar, educar e educar....(Bella e Sophia)

Outra dupla, tem um entendimento de que o ambiente está todo interligado e que independe dos limites políticos das nações, que uma ação mau dirigida em um país descomprometido com a sustentabilidade penaliza outros tantos que lutam pelo equilíbrio ambiental, comenta Theodore:

Mas isso é o que eu disse...isso implica, derrepente, numa mudança, até tem uma questão que eu coloquei ali de globalização, por isso. Quer dizer, os recursos estão aí para o mundo todo, mas o mundo está loteado em países, em continentes, em comunidades, em cidades. O mundo está loteado assim, mas o meio ambiente não está! Os recursos naturais, melhor dizendo, não estão loteados dessa maneira. Eu acho que aí é a grande chave da questão. A gente está cuidando de uma coisa, ou quer ter a pretensão de cuidar de uma coisa geral, sendo que essa coisa que a gente

está cuidando está loteada, e qualquer coisa que a gente pensar em relação a isso vai ser uma ingerência sobre esse sistema, né? A não ser que passe por uma fase de conscientização global, né? E é uma coisa muito mais demorada, a longo prazo, do que se pode fazer hoje. (Theodore)

Outros alunos acreditam que é a falta de conscientização de grande parte da própria humanidade, que no intuito de gerar cada vez mais *progresso*, que em última instância estimula o crescimento constante, vem há muito tempo deteriorando e extinguindo os recursos naturais disponíveis no planeta.

Como pôde-se observar os alunos chegaram a conclusões bastante coerentes a respeito das causas sociais e econômicas que estão interferindo na crise ambiental, mas percebe-se que na visão geral a responsabilidade frequentemente recai no indivíduo e não no poder público ou nas estruturas de produção dos países em geral.

#### 4.4.2 Elementos Ambientais-Urbanos na Visão do Aluno

Os dados obtidos a partir do questionário preliminar respondido pelo grupo de pesquisa, incluindo-se também os e-mails enviados à alguns arquitetos na fase de definição da pesquisa, apontam alguns aspectos que demonstram como os participantes conceituam o ambiente. Os alunos responderam à seguinte pergunta:

*O que você, como profissional (ou cidadão) envolvido nos estudos dos sistemas urbanos, entende por “Meio Ambiente” ?*

Cabe trazer aqui a definição adotada neste trabalho em relação ao que se entende por meio ambiente. *Meio ambiente* é conceituado aqui como o conjunto de elementos interligados, bióticos, abióticos, sociais e culturais que compõe o planeta e a vida como a conhecemos.

As duplas que representaram a participação da sociedade civil no planejamento urbano, foram orientadas à responder a pergunta substituindo a palavra “*profissional*” por “*cidadão*”, o que levou a uma correção do material instrucional, que inicialmente havia sido desenvolvido pensando-se em utilizá-lo apenas com representantes contemplados por uma formação compatível com uma possível composição interdisciplinar e técnica de planejamento urbano. A alteração do perfil do grupo de pesquisa, se deu com a integração dos preceitos do Estatuto da Cidade, que exige a participação permanente da sociedade civil no processo, o que levou a pesquisadora ao questionamento de como essa mesma proposta se adequaria a esse novo tipo de participante. Entendeu-se que a modificação no perfil do grupo veio complementar e enriquecer ainda mais a experiência de pesquisa.

As duplas nesta fase de questionário preliminar não trocaram idéias, as respostas são individuais sendo que uma não interferiu na composição da outra, apesar de algumas serem muito semelhantes.

A dupla composta por duas profissionais da área comercial, que possuíam o nível médio de ensino, excluíram o meio *abiótico* do seu conceito de meio ambiente.

Es el conjunto de seres animales, vegetales y humanos. (Bella)

É o conjunto de todos os seres vivos existentes no planeta. (animais, vegetais e ser humano). (Sophia)

Já nas concepções a seguir, elaboradas por alunos com curso superior em andamento ou concluído, demonstraram colocar o ser humano em um patamar diferenciado, como pode ser observado nos trechos grifados pelo pesquisador, mas sem considerar as questões sociais e culturais.

É o **meio natural, físico**, do qual o **homem** interage ao se organizar, ao se desenvolver na superfície terrestre. (Omar)

Espaço onde encontram-se os **recursos** naturais, **utilizados pelo homem** sendo vitais para sua sobrevivência. (Agnes)

Toda “área” comum aos **cidadãos de uma determinada região**. O espaço terrestre e aéreo compartilhado por todos os habitantes do planeta terra. (Eve)

Conjunto de sistemas, naturais ou não, no qual estamos inseridos como agentes de manutenção e transformação, com o **objetivo de utilização dos recursos**. (Theodore)

Todo o **espaço físico** que **nos** envolve, dá sustento, mantém a vida (Gustav)

Já os alunos que estão cursando pós-graduação tem um conceito mais profundo e completo, entendendo meio ambiente como sistema formado por um conjunto de elementos e interações que permite a vida em todas as suas formas sem excluir as questões sociais e culturais.

Meio Ambiente é o **todo Global** o qual fazemos parte. (Ephatia)

Meio ambiente é o **conjunto, as interações dos sistemas** bióticos e abióticos, que através de suas interações, (e buscas de matéria e energia) dão origem a um sistema como um todo, que pode ser denominado meio ambiente. (Sandra)

Meio ambiente é um **sistema maior**, que abriga inúmeros outros subsistemas, que se interrelacionam. Nele estão envolvidos aspectos **sociais, econômicos, biológicos e culturais**. (Phillis)

Meio Ambiente é a interação de um conjunto de elementos naturais, artificiais e culturais que possam propiciar o desenvolvimento equilibrado da vida em todas as suas formas, inclusive a relativa ao meio ambiente do trabalho. (Judith)

O fato de ter emergido uma relação entre o tipo de conceito e o tipo de educação formal a que o aluno foi submetido, pode ter sido coincidência ou pode indicar que existe um aperfeiçoamento, ou ao menos uma abordagem um pouco mais aprofundada na educação formal, conforme vão subindo os níveis dos estudos, apesar de que, como poderá ser visto nas respostas relativas ao questionamento feito a eles de como havia sido a abordagem da temática ambiental em sua educação formal, as respostas indicarem que pouco ou nada fôra abordado.

No que diz respeito às decisões e comentários dos alunos, selecionados a partir das experiências com a proposta educativa realizada com o apoio do *game* SimCity e do software STELLA, se observa uma inter-relação entre o ambiental e o social na busca por sociedades sustentáveis.

No jogo, algumas situações se apresentam da mesma forma para os alunos até que a cidade desenvolva uma certa personalização ou personalidade própria, que tráz situações diferentes para cada “prefeito”. Essas situações que estiveram presentes nas tarefas de todas as duplas, permitem uma análise a partir do comportamento do aluno perante a cada uma delas. Os elementos urbanos que apareceram no jogo e que permitiram explicitar alguns conceitos internalizados dos alunos foram categorizadas em: *sistemas de energia, sistemas educacionais, resíduos urbanos, impostos, igreja, mansão do prefeito, zoneamento e áreas verdes*.

#### 4.4.2.1 *Sistemas de Energia*

Os sistemas de energia eleitos pelos alunos para integrar suas cidades, na maioria das vezes foram aqueles que permitiriam a geração de energia limpa. Foram escolhidas usinas eólicas ou de gás natural. Houve discussões e acordos entre as duplas, que negociaram o que seria ou não implementado na cidade em função do custo de implantação e manutenção, como se verifica na fala a seguir.

A carvão que é mais barata!(Bella)  
Mas tem poluição pesada!!(Sophia)  
E essa aí eólica?(Sophia) “Barata para construir e muito limpa”(Sophia, lendo as ferramentas do *game* SimCity4)

Uma questão que chamou a atenção da pesquisadora, e que foi recorrente em duas duplas, foi a associação entre as cidades simuladas que estavam planejando e as cidades reais pertencentes à região onde viviam os alunos. Uma associação é particularmente interessante, a monocultura do arroz foi citada por alunos de Rio Grande em relação à cidade de São Lourenço, e por alunos do Chuí em relação à cidade de Santa Vitória do Palmar, no momento que iniciaram as suas respectivas cidades agrícolas. Ambos tentaram fazer municípios agrícolas nos parâmetros destas culturas. A monocultura não foi alvo de críticas espontâneas por parte dos alunos, que demonstraram desconhecer as implicações nos ecossistemas naturais causadas pelas monoculturas. Os comentários abaixo, demonstram essa relação com a monocultura do arroz:

A área agrícola precisa de muita luz.(Sophia)  
Tens que botar uma bomba d'água. (Bella)  
Ay que horror....vamos tener que hacer um “desmatamiento”...!(Bella)  
Puziste dos bombas!(Bella)  
Muita água mata o arroz.(Sophia) [não havia especificações sobre plantações da arroz no município.]  
Vamos a poner un area residencial para los ignorantes.(Bella)  
Ignorantes porque?(Sophia)  
Son ignorantes pero tienen plata!(Bella)  
Vamos a poner un poquito de comercio!(Bella)  
Vamos a poner una escuelita bien pobre.(Bella)

Outra questão que chama a atenção na mesma seqüência de diálogo, é a relação que a aluna fez ao atribuir às pessoas que trabalham no campo o rótulo de “ignorantes” mas “ignorantes com dinheiro” e para reforçar esses pré-conceitos implícitos a aluna ainda diz que vai colocar uma “escolinha bem pobre”. Tudo isso reflete a imagem que alguns cidadãos urbanos possuem a respeito dos cidadãos que vivem no campo, produzindo os alimentos que a sociedade das cidades consome. No mínimo, muito preocupante essas visões explicitadas aqui, e vão ao encontro do que uma outra aluna já havia dito sobre a posição da população em considerar o trabalho no campo “humilhante”.

Uma outra preocupação recorrente das duplas foi afastar das áreas residenciais a poluição derivada da área industrial ou proveniente de usinas de geração de energia, lixo, etc. Mesmo nas situações de crise orçamentária, onde alguns alunos se sentiram impelidos a aceitar acordos comerciais que implementavam

na cidade usina de lixo tóxico ou base de testes de mísseis, sempre optaram por implantá-los o mais afastado possível da área residencial. Essa postura, parece demonstrar, utilizando-se um dito popular “*que o que os olhos não vêem o coração não sente...*”, isto é, não houve a consciência de que o ambiente é o mesmo, independente da proximidade ou da captação pelos sentidos, e que afastar os poluentes talvez não os eximisse da responsabilidade derivada dos problemas ambientais que futuramente viriam.

Ah...eu pensei em deixar essa área para indústria...mas está tão perto das casas!  
(Agnes)

A dupla demonstra a preocupação em não poluir o ar “perto das casas”. De qualquer maneira, mesmo à distância uma zona industrial é produtora de uma poluição considerável, do ar e das águas. Perto ou longe a poluição é a mesma.

#### 4.4.2.2 *Os Resíduos Urbanos e sua Destinação*

A questão do lixo foi abordada no curso, por intermédio das atividades de simulação urbana no SimCity, e também em exercício de modelagem que solicitou aos alunos um dimensionamento da área destinada ao depósito de plástico em lixões no decorrer dos anos quando fôra feita uma co-relação com o *game*. Apenas uma dupla expressou críticas sobre a questão do lixo, referenciando-se à sua realidade local. Essa dupla, moradora da cidade do Chuí, enfrenta problemas graves na cidade com essa questão, que é em grande parte cultural. Muitas pessoas neste município de fronteira, principalmente no comércio do centro da cidade, parecem desconhecer o serviço de recolhimento de lixo urbano, pois jogam sem cerimônia sacos, latas, caixas de mercadorias, cascas de frutas, e todo tipo de resíduo nas ruas e calçadas. Essa questão foi discutida com revolta pela dupla. Com relação às demais duplas, as atividades foram executadas sem muitas discussões espontâneas. Isto sugere um aperfeiçoamento no material instrucional, ou a criação de uma atividade para ser desenvolvida em cursos com carga horária mais ampla, que aprofundem e relacionem a questão do lixo à questão do consumo excessivo, estimulado pelo modelo atual de desenvolvimento econômico, e a educação.

No *game*, se não for planejado um tratamento adequado dos resíduos, além dos cidadãos reclamarem através dos meios de comunicação, pode-se visualizar nas ruas e lotes o lixo se acumulando. Uma das duplas, ao perceber o problema, buscou implantar uma usina de reciclagem de lixo, porém não percebeu que o *game* informava, que ela reduziria o lixo em 20% apenas, e o lixo continuou se acumulando nas ruas. Os alunos demonstram impacientar-se com os cidadãos e com os problemas não solucionados.

Les puse basureros para que esos burros juntaran la basura! (Bella)  
Yo solo queria saber porque esos bichitos san tan burritos eso yo queria saber.  
(Bella)

Ao compreenderem, que a usina não dava conta de todo o lixo decidiram pela implantação de aterro sanitário, porém levou ainda bastante tempo para que a cidade corrigisse o problema, não foi um processo automático. Isto levou os alunos a revoltarem-se ainda mais com a população da cidade simulada no *game* SimCity4, como se observa nas falas a seguir:

Estos chanchos no juntam la basura!! (Bella)  
Gente podrida los voy matar a todos! (Bella)

Mesmo revoltados, e com o orçamento negativo os alunos recusaram todas as ofertas do jogo relacionadas à acordos comerciais que trouxessem perturbações à cidade, como usinas de lixo tóxico e base de lançamento de mísseis que o jogo oferece quando o orçamento está comprometido.

Bota bem longe da cidade! (Becka, em relação a colocação de zona de aterro de lixo)

#### 4.4.2.3 *Sistemas Educacionais*

Os sistemas educacionais foram sempre uma preocupação de todos os alunos. No jogo, uma das variáveis que faz a diferença no tipo de população que habita a cidade e no tipo de negócios que se instalam, é a qualidade educacional e cultural da cidade. É importante para seu bom desempenho que existam escolas, bibliotecas, transporte escolar, etc, de qualidade. O próprio jogo, sinaliza através de manchetes no jornal da cidade, que “educação é chave para o progresso” (SimCity4, 2006). Ninguém no grupo de pesquisa abriu mão dos sistemas educacionais para equilibrar o orçamento, por exemplo. Esse é um bom indicador de que os alunos conseguem perceber a importância da educação na formação de cidadãos urbanos.

A seguir, um pequeno diálogo de uma das duplas, relacionada à implantação de sistemas educacionais. Apesar da grande ocupação de área e do custo de implantação, não rejeitaram o colégio.

É grande assim?? Não tem lugar para botar o colégio!!! (Theodore)  
Ai que trambolho! (Becka)  
Não tem colégio menor? (Theodore)

Outras falas exemplificam a importância dada pelas dupla à implantação de sistemas de ensino em suas cidades:

Bota uma escola primária...já deixei até espacinho para ela. (Phillis)  
Liceo (ensino médio) no hay en la otra ciudad...(Bella)  
Vamos colocar. (Sophia)  
Una biblioteca! Van a precisar de una biblioteca para estudiar. (Bella)  
Vamos colocar! (Bella)

Em uma das cidades foi interessante observar que o aluno acidentalmente “clicou” em uma área por engano, inserindo uma biblioteca longe da área onde estava construída a escola. Nesta área, acidentalmente suprida pela biblioteca, observou-se que as residências eram muito humildes, em sua maioria móveis, a exemplo dos *trailers* utilizados pelos norte-americanos como moradia. Em pouco tempo, ao regressar ao local para a implantação de um outro serviço, o bairro estava irreconhecível, as casas humildes haviam sido substituídas por residências de excelente qualidade.

Vistes que veio um monte de gente para perto da biblioteca?? E casa boa!?? (Eve, referindo-se ao lugar onde anteriormente haviam trailers)

Este fato demonstra que no jogo, existe uma ligação muito forte entre educação e desenvolvimento - que é a melhora *qualitativa* e equilibrada de condições sociais, ambientais e culturais - o que é um fator bastante positivo quando se pretende utilizá-lo como ferramenta educativa.

A maior parte dos alunos usou o mapa temático, para ver o nível de educação da população geograficamente, e a partir daí ajustam os sistemas educacionais.

Ó aqui não tem escola onde as crianças moram! (Agnes)  
Não precisa mais! (Omar)  
Precisa sim! (Agnes)  
Então tá...(Omar)

Algumas coisas são negociáveis pelos participantes das duplas, outras, como os sistemas educacionais, não.

Es una ciudad universitária pero son todos ignorantes...(Bella, se referindo à quantidade de regiões com baixa instrução)  
Porque? (Sophia)  
Porque no les gusta estudiar. (Bella)  
Porque está en rojo la educacion? (Bella)  
Tem escola primária? (Sophia)  
No.Voy a poner. (Bella)  
Porque ainda está vermelho? (Bella)

No diálogo acima, a dupla tenta entender porque o mapa temático de educação demonstra pouca instrução, sendo que haviam sido implantados sistemas educacionais.

#### 4.4.2.4 *Impostos e Acordos Comerciais: a saúde financeira da cidade*

A forma básica de obtenção de receitas para a cidade, ao menos nos anos iniciais de existência desta, é a arrecadação de impostos. Conforme os alunos implantam serviços públicos de infra-estrutura urbana, necessários ou que segundo suas concepções seriam importantes para a cidade, as despesas aumentam progressivamente. Ao iniciar uma nova cidade, o novo prefeito recebe 100.000 simeleões, a moeda da nação Sim, para implantar a cidade inteira e manter seus gastos mensais. Esse valor será consumido, caso as despesas ultrapassem o valor das receitas. Uma das formas de arrecadar impostos é ir gradualmente aumentando a área zoneada para residências. Caso os alunos não percebam essa lógica no jogo, a cidade vai gradualmente entrando em crise orçamentária, levando os alunos a um *stress* crescente, uma vez que são bombardeados com notícias nos jornais, avisos da secretaria de finanças, e colapsos de todo tipo. As falas abaixo exemplificam uma situação de descontrole orçamentário:

(Susto! Base militar salvaria orçamento!)  
Ai! Vai te catar!! (Agnes)  
Ai bota! Tem que conseguir dinheiro! (Omar)  
Onde boto?? (Agnes)  
Porcaria! Não gosto! (Agnes)  
Ó! Estamos só com 500 negativo! (Omar)  
Não sei se já influenciou?(Omar)

O jogo oferece algumas sugestões de como salvar o orçamento quando a cidade apresenta sinais de falência. A maioria delas é através de acordos que trazem renda para a cidade pela implantação de serviços indesejáveis tais como base de teste de mísseis, base militar, usina de lixo tóxico, etc. Essas coisas apesar de trazerem dinheiro aos cofres públicos trazem riscos e conseqüências posteriores que devem ser avaliadas pelos prefeito antes de decidir. As escolhas das duplas sinalizam o tipo de modelo mental presente, como por exemplo o de priorizar o orçamento em detrimento à qualidade de vida da população.

Ah! Ainda tem isso! Não vai ter dinheiro! (Omar)  
Péssimas perspectivas para o orçamento! (Omar, lendo as manchetes nos jornais do jogo)  
Vê o esquema da água! (Omar)  
A base militar tá sem água!(Omar)  
Azar o deles (Agnes)  
Bota mísseis! (Omar)  
Ah, não quero! Vão pra lá! Chega! (Agnes)

Apesar dos protestos de Agnes, a dupla, influenciada por Omar decide pela implantação da base de testes de mísseis, que oferecia um pagamento à cidade de 400 simeleões por mês, como forma de tentar salvar o orçamento.

Ó viu foi a fábrica de mísseis viu! (Omar)

Comentário de Omar satisfeito com sua decisão de colocar mísseis para salvar o orçamento.

Ó como estamos no positivo agora! (Omar)

Em depoimento posterior a dupla entendeu as sugestões do jogo para salvar o orçamento como *induzões*, e não se responsabilizou pelas decisões tomadas, mesmo tendo consciência dos danos futuros que a cidade poderia enfrentar. Esse fato negativo, pode indicar uma lacuna na formação dos alunos enquanto cidadãos, uma vez que vemos na própria política que situações semelhantes ocorrem, quando se culpa as ferramentas utilizadas ao invés de um possível uso indevido da mesma.

Tivemos problemas na questão orçamentária. Para manter o orçamento positivo fomos induzidos à negociar com o exército e permitir a instalação de bases militares que futuramente trarão problemas sócio-ambientais através de suas atividades. Nos outros aspectos fomos bem sucedidos. (Omar e Agnes)

A administração das taxas de impostos relacionadas à faixa de renda da população torna-se um indicador conforme as decisões tomadas pelos alunos. A grande maioria das duplas sempre teve um posicionamento de não cobrar muitos impostos dos pobres, e em contrapartida sobrecarregar os ricos, salvo em situações que a cidade só tinha cidadãos de baixa renda.

Aumenta imposto dos ricos! (Becka)  
Porque tão aumentando o imposto dos pobres??? (Becka)  
Porque só tem pobres...! (Theodore)

Vamos aumentar impostos! (Omar)  
Ah...será...(Agnes)  
Deixa ver...ricos pagam mais e pobres recebem. (Omar)

Com essa ação as duplas demonstram uma preocupação em não afetar as classes menos favorecidas de forma desequilibrada. A seguir apresenta-se uma seqüência, mostrando um pouco do raciocínio de uma dupla frente às dificuldades orçamentárias e que contempla também a administração dos impostos:

Onde é que a gente pode botar o lixo tóxico??

Não pode ficar perto das casas nem perto da agrícola porque compromete a qualidade dos alimentos...pode ficar perto da indústria...  
 Vamos botar os mísseis...é brabo...não dá para sobreviver uma cidade sem lixo tóxico...sem base de míssel...  
 Eu vou botar tudo lá na indústria...  
 Olha!! Tá subindo a renda! Vamos meter base de míssel! Enchendo de porcaria!  
 Agora eu entendo os prefeitos...não dá para criticar...eles fazem as coisas porque não tem outra alternativa...  
 Imposto!! Vou aumentar tudo!!  
 Não...os pobres vou deixar...  
 Não! Senão vai encher de pobre!  
 Onde posso diminuir...na saúde??  
 Nem na educação...não é um bom negócio...  
 Agora vou aumentar os impostos. Vou aumentar pouco com esse montão de gente. Cemitério??? Onde é que eu lasco o cemitério??  
 Não pode ser longe nem muito perto...  
 Vou fazer que nem Pelotas na área comercial.  
 Vou baixar os impostos no comércio senão não vem ninguém e não tem emprego.  
 O pobreriu já foi!! Só tem casa boa! (ou melhorou de vida?)  
 Eu vou zonear essa aqui que tá meio pardierenta. (Modelo de cidade perfeita...limpinha e arrumadinha e com “pobres bem longe”)

Pode-se observar nas falas, que o discurso nas discussões e os depoimentos podem contradizer as ações no jogo. A aluna decide por não baixar os impostos das pessoas menos favorecidas para que o número delas não aumente. Posteriormente, comenta que o “pobreriu já foi”, o que de fato não é verdade, pois a população melhorou qualitativamente devido à colocação de sistemas de ensino na área, e para completar, a aluna decide rezonar uma área para média densidade porque estaria com um aspecto parecido com o de uma favela, ou seja a cidade “dela” tem que ser limpinha e arrumadinha. Questões a serem aprofundadas, e que demonstram claramente os “verdadeiros” modelos mentais do aluno.

Vou botar o aterro perto da indústria. Na indústria está indo um lixaredo!  
 Vou botar um centro de reciclagem.  
 Não tem mais dinheiro.Fazer empréstimo de novo!  
 Como é que tá meus impostos?  
 Vou subir um pouco os impostos.  
 Metade da frente para a estrada e outra de frente para aqui.  
 Vamos baixar os impostos do comércio.  
 Assim como a gente faz essas imundicies aqui no jogo...fazem os prefeitos.  
 Vou ter que matar uma casa ali...(para construir ruas)

Pela estética e funcionalidade das ruas sacrifica-se construções existentes e dinheiro público.

De novo já gastei! Vou pedir mais dinheiro!  
 Eu vou ligar isso aqui porque me interessa!

Buscando a união da área residencial à agrícola, o aluno demonstra agir da mesma forma que os prefeitos corruptos, onde os próprios interesses elitistas falam mais alto no planejamento da cidade.

Vou fazer um loteamento para os próprios militares. (atrás da base militar)  
 Vamos botar alta densidade.  
 Vou aumentar a verba para hospital e para educação!

Ao mesmo tempo que se preocupa com a população a faz pagar o preço.

Agora vamos subir impostos.

Reduzi os impostos...olha lá!! Se mudaram tudo!! Baixei para quase nada...

Colocaram taxa zero de impostos residenciais...os Sims mudaram-se imediatamente!

Outra base! Vamos aceitar!  
Aceitamos tudo quanto é coisa! Base militar pode ser perto do campo!  
Vou botar a base aí! Senão vou ficar sem base! (a secretária do planejamento já reclamava) Melhor com base aí do que sem base!  
Redes de transmissão em curto! Usina acima da capacidade!  
Que isso saindo?? Misseis?  
As torres estão tudo pegando fogo!!  
Vou ter que fazer um empréstimo!  
Tenho uma fortuna para pedir! Vou pedir uma fortuna!  
(Dupla Eve e Ephantia)

As áreas zoneadas não são ocupadas. Altos impostos, lixo tóxico, base de mísseis, etc...Ninguém se muda...uma visão de como as pressões financeiras alteram a capacidade de reflexão do indivíduo, mesmo em um jogo de computador.

#### *4.4.2.5 Zoneamento: a base de criação da cidade*

Os alunos receberam instrução, através da atividade passo-a-passo, para terem condições de implantar a cidade. Uma das ferramentas mais importantes no jogo é o zoneamento das áreas que receberão a população ou a estrutura de negócios, que divide-se em comercial, agrícola e industrial. No SimCity, não há ocupações urbanas irregulares, todos os espaços são regulados, ou seja, se as áreas não forem zoneadas pela administração pública, não haverá pessoas na cidade.

A primeira atividade orientada, após a aprendizagem dos comandos do jogo, ensina padrões de zoneamento. Os alunos aprenderam as diferenças de baixa, média e alta densidade, e também os esquemas de localização dos lotes nos quarteirões e modulações sugeridas para melhor aproveitamento das quadras.

Os alunos normalmente liam pacientemente as intruções do tutorial auto-explicativo e ao dar início à cidade algumas vezes seguiram “brincando” um pouco no modo Deus para exploração de comandos não abordados. Algumas duplas, demonstraram muito interesse pelas catástrofes disponíveis, como vulcões, furações, etc., o que pode ser um indicativo do interesse de jovens por jogos com muita movimentação e violência, principalmente os jovens do sexo masculino, como ficou demonstrado na pesquisa.

Os alunos do curso de geografia, demonstraram estar fazendo associações com conceitos prévios, expressando alguns de seus modelos mentais, próprios dos conteúdos abordados pelo seu curso de graduação.

No decorrer do planejamento da cidade os alunos imprimiram suas visões pessoais, como por exemplo, quando uma das duplas decidiu voltar a maior parte da frente dos lotes para ruas de menor movimento como forma de proteção dos animais e crianças que correm riscos ao cruzar vias de trânsito pesado.

Vamos botar para esse lado, porque para cá (lado da estrada) vai ser pauleira de caminhão! (Agnes)

Eu não queria botar estrada perto de onde as pessoas moram! É tão ruim! Matam cachorro....cavalo! (Agnes)

No jogo não apareceram cachorros e nem cavalos – pertencentes a uma realidade bem característica da região onde os alunos vivem, que é devido à utilização de carroças movidas a cavalo andando no trânsito - a imersão da dupla faz com que os conceitos internalizados na mente aflorem e as decisões tomadas demonstram serem derivadas destes conceitos. Foi percebido em todas as duplas a correlação entre a cidade que conhecem ou que vivem e as decisões feitas no jogo, como no exemplo abaixo, que demonstra a identificação dos alunos universitários com a criação da cidade universitária.

Estudante gosta de morar em prédio! (Agnes)  
Vamos misturar as densidades! (Agnes)  
Bota umas mais baixa e umas alta (Agnes,Omar)  
Comercial é! Uma baixa para as ruas e umas altas pro centro. Para a estrada. (Omar)

Há uma seqüência desencadeada de raciocínios despertados pelas tarefas do jogo.

Vai ter escola primária? (Omar)  
Não precisa né? (Agnes)  
Ah...mas tem universitário que tem filho! Vamos botar! (Agnes)  
Tinha que ter creche! (Agnes, Omar)

Em outra dupla, uma das ações recorrentes foi a diminuição de verbas destinadas à serviços de saneamento, causando problemas à cidade. Os bombeiros reclamavam, e essa foi a maior dificuldade da dupla, a questão dos incêndios e administração dos bombeiros. O acúmulo de problemas acaba gerando impaciência e revolta nos alunos, que demonstram até um certo preconceito em sua fala, a seguir:

Não tem emprego. Mas que saco! Vão trabalhar na universidade de servente!  
(Phillis)

A questão da empatia ou falta dela, demonstra o tipo de modelo conceitual que o aluno possui acerca dos cidadãos ou do próximo, quando encarna o papel de prefeito e planejador urbano, capaz de decidir a vida da população.

Em um momento da atividade, a pesquisadora observa que não foram colocadas paradas de ônibus na zona central. O seguinte argumento fôra utilizado pelos alunos:

Ah, mas eles tem que caminhar um pouco, não podem ser tão preguiçosos! (Phillis)

Aqui uma falta de empatia com os cidadãos e um posicionamento semelhante ao que parece acontecer com os administradores das cidades reais que não tem a percepção de que trabalham para o povo, para a sociedade civil e não para os seus próprios interesses políticos.

A maioria das duplas procurou aprimorar a qualidade de vida da população através implantação de serviços de saúde, saneamento, infraestrutura, educação de qualidade, acesso a lazer e cultura, além do empenho na geração e disponibilização de vagas de emprego.

Acho que tem que botar mais uma clínica...(Theodore)  
Qual o raio de atuação? Tu viu? (Theodore)

Não....tem que ver se não vamos deixar as pessoas sem água, né? (Phillis)

Precisa botar mais ponto de ônibus aí! (Becka)

Em contraponto, à algumas falas anteriores, sugerem uma indicação de que o jogo é apropriado para salientar questões sociais nas cidades através da empatia e preocupação dos administradores da mesma com seus cidadãos, mas essa “empatia positiva” só aflora se a administração e planejamento das cidades estiverem desenvolvendo-se em um ritmo de tranquilidade.

As duplas no decorrer de suas administrações urbanas, observavam os gastos e a relação entre despesas e receitas. Como na maioria das vezes gastavam mais do que arrecadavam, procuravam fazer ajustes, porém sem prejudicar os cidadãos.

As escolhas realizadas pelas duplas dão indícios de seus modelos mentais. Decisões que denotariam uma busca pela sustentabilidade às vezes deixam transparecer modismo e *status*, como na fala a seguir:

Nossa cidade é chique ó! Tem parque eólico! (Phillis)

Voy a poner una ruta para que quede mas “chique” nuestra ciudad. (Bella)

Os comentários das duplas demonstram que existe um modelo mental de que tecnologias limpas e não poluentes conferem um grau mais alto de “*status*” para a cidade. Isso vem ao encontro das idéias progressistas e de modernidade muito implementadas em décadas anteriores.

No trabalho de pesquisa sobre a Evolução Urbana do Centro de Bagé – RS (VEIGA et. al., 1992), feito por essa pesquisadora e outros autores, por exemplo, tomou-se conhecimento que na década de 40 praças inteiras com vegetação madura e árvores antigas foram abaixo para dar lugar à nova vegetação e calçamento mais “modernos”, segundo o que se encontrou em manchetes dos jornais da época. Esse lema das administrações públicas em geral, tem se configurado muitas vezes como problemas de difícil solução e desperdício de dinheiro público.

Não é o caso das energias limpas, ecológicamente corretas, a que os alunos se referiram, caso forem usadas para os fins que verdadeiramente se propõem e não como “demonstração política de boa administração”.

#### 4.4.2.6 A Mansão do Prefeito

Quando as cidades no SimCity atingem 1.000 habitantes, o “prefeito” é convidado a “fincar raízes” (SimCity4, 2006) na cidade. Como “incentivo” lhe é oferecida a possibilidade de construir uma “mansão do prefeito”. A implantação desta mansão, valoriza o entorno do local onde ela for implantada, atraindo Sims de melhor poder aquisitivo. Na atividade orientada, solicita-se aos alunos que aceitem a mansão. A maioria deles, questionou e argumentou contra a colocação da mesma demonstrando rejeitar “luxos” desnecessários, indicando que a questão ética estava presente no conceito dos alunos. Abaixo o comentário de uma das duplas em relação a este assunto:

...mas porque??? É muito caro!! (Phillis)

Yo no voy a construir la mansion del “prefeito”. No voy a gastar plata! (Bella)

Aceita a mansão do prefeito! (Eve)

Coloca onde? No meio? (Ephatia)

Na esquina não! A esquina é para comércio! (Eve)  
E a escola? (Ephatia)  
A escola sim pode ser na esquina (Eve)

Outra situação interessante observada, é que todas as duplas visualizaram o prefeito como uma terceira pessoa, responsável pelas mazelas da sociedade, e que deve ser punido ou receber protestos da população. Mesmo quando foram “lembrados” de que os prefeitos seriam eles próprios, não internalizaram esse conceito, e continuaram a se referir a figura do prefeito como “Ele”. Uma dupla optou em colocar a clínica ao lado da mansão do prefeito, fazendo o seguinte comentário:

É bom para **ele** ver as filas! (Eve)

Interessante colocação, pois aqui fica óbvio que eles estão se vendo como cidadãos, (ou como Deuses) e a figura do prefeito sendo externa, pois na verdade, eles seriam o prefeito. Outro detalhe é que está subentendida na frase que em “clínica pública” fatalmente existirão filas.

#### 4.4.2.7 As Áreas Verdes

A maioria dos alunos dedicou-se à colocação de parques, áreas de lazer, e áreas verdes. Apenas uma participante da pesquisa, a mais jovem com apenas 10 anos, questionou a implantação de áreas verdes, os demais demonstraram satisfação com o embelezamento e a estética oferecida pelo melhoramento paisagístico. Abaixo duas falas de duplas diferentes, uma favorável e outra questionando o gasto monetário.

Rápido, antes que eles venham morar!” (Agnes, referindo-se a colocação de áreas verdes antes que os lotes fosse ocupados por moradores novos)

Para quê?! (Becka, com relação à implantação de áreas verdes)

Vamos fazer uma praia! (Agnes)

Ai...(admirada) parquinho!! Jardim de flores!! (Agnes deslumbrada)

Uma das duplas acidentalmente deixou um quadrado central nas quadras, criadas com modulação maior do que a sugerida no material instrucional, aceitaram a sugestão da pesquisadora de criar áreas verdes neste espaço com muito entusiasmo.

#### 4.4.2.8 A Igreja

Outro benefício disponibilizado à cidade, conforme o número de habitantes que ela atinge, é a igreja. Houve por parte de pelo menos a metade dos alunos, rejeição ou crítica, através dos comentários feitos, em relação à implantação da igreja.

Algumas duplas demonstraram entender a igreja como um símbolo que perdeu a importância e o valor de referência em uma cidade, demonstrando entenderem, ao contrário do que seria de se esperar em modelos tradicionais de pensamento, um incômodo.

Ai...do lado da escola! Coitada das crianças! (Agnes e Omar. Optaram por colocar a igreja mais afastada da escola)

Coisa que não dou bola é igreja! Tá fica aí! (Bella)

A igreja nós vamos colocar no meio! (Eve)

Ah! Aí vão ir para a praça ouvir os loucos gritar? (Ephatia)

Não te parece que tem que ser em uma esquina a igreja? (Eve)

Olha que linda! É uma catedral! (Eve)

Observa-se nas falas anteriores dos alunos, que ao passo que uns acham bonita e querem dar um lugar de destaque à igreja, outros vão do descaso ao desprezo, inclusive fazendo referências a um comportamento religioso barulhento, semelhante aos de algumas igrejas evangélicas. Essa demonstração de conceitos internalizados dos alunos, parecem indicar não só que a igreja esteja com um certo descrédito, como também que a imagem mais forte que eles demonstram possuir é da igreja evangélica.

## 4.5 A TEMÁTICA AMBIENTAL NA EDUCAÇÃO FORMAL DO GRUPO

A questão de pesquisa “c”, apresentada no Capítulo 1 página 30, é retomada aqui para a discussão a partir dos resultados obtidos referentes a este tópico.

*g. Como vem sendo abordada a questão ambiental na educação formal dos profissionais e cidadãos do meio urbano?*

O grupo de pesquisa foi solicitado à responder de forma individual à seguinte pergunta:  
*Como a questão da sustentabilidade foi abordada na sua educação formal?*

Em relação aos profissionais de Arquitetura e Urbanismo, participantes da fase de elaboração da pesquisa, as respostas à pergunta são de que, ou não fôra abordada a questão da sustentabilidade na educação formal do arquiteto, nem no ensino fundamental nem nos cursos de graduação, ou que fôra pouquíssimo abordada. Cabe lembrar, que os participantes estavam em regiões diferentes do país, havendo representantes de universidades públicas e de universidades privadas. Os profissionais colocaram que seria impressionante retomar no meio acadêmico as discussões sobre ambiente urbano.

A seguir, são apresentados os depoimentos dos indivíduos que afirmaram que a temática não fôra abordada em sua educação formal, cabe alertar que um dos depoimentos foi feito por uma aluna de nacionalidade uruguaia, que estudou em escolas públicas em seu país natal, e embora, sendo uma amostra de representatividade muito pequena, levaria à seguinte reflexão: *será, que nossos vizinhos estão, como na educação do Brasil, deixando lacunas na educação formal de seus cidadãos no que diz respeito à temática ambiental?*

Não foi abordado:

Não foi abordada. Na época da faculdade se fez algum comentário, nada muito esclarecedor. (Eve)

Este tema nunca se discutio ni se hizo nada, o noser algunas charlas (discussões), pero de hecho (fato) hacer nunca se hizo nada. (Bella)

Na minha educação formal nunca foi abordado o tema. (Sophia)

Abordado superficialmente:

Acredito que de maneira bastante superficial, na educação formal fundamental, sendo que a área profissional já com mais profundidade, principalmente quanto às questões sociais, através de programas de desenvolvimento auto-sustentável de micro-negócios e comunidades. (Theodore)

Foi abordada de forma genérica, simplista. Abordando questões de senso comum. (Agnes)

Pouco abordada, de maneira que não foi aprofundada e tratada com o devido interesse. (Omar)

A sustentabilidade foi um assunto muito pouco referenciado, mesmo porque o seu entendimento e as questões relativas ao assunto são de divulgação relativamente recente, embora a sua abordagem preceda o meu período acadêmico. (Gustav)

Um pouco mais aprofundado nos cursos de graduação:

A sustentabilidade foi abordada de forma a manter os sistemas a longo prazo, sem extinguí-los. No sentido de manter os recursos, usando manejos, ou seja, tipos de gerenciamento que visassem a manutenção do sistema, e sua melhor forma de exploração. (Sandra)

Com pouca ênfase, percebo que somente tive um aprofundamento maior, assim como discussões e reflexões sobre este assunto na universidade, que é claro, também faz parte de minha educação formal, mas acredito que esse deve ser um assunto trabalhado desde o ensino fundamental. (Ephatia)

Ao longo da minha formação, não foi abordada a questão ambiental. Apenas, num dos temas do TGI, a da 2ª feira, que timidamente foi proposta uma intervenção em uma APA. Mesmo assim, são poucas as pessoas que compreenderam a questão de “sustentabilidade”. Não houve um aprofundamento na questão, que a meu ver seria de extrema importância. (Judith)

Penso que, por se tratar de uma temática relativamente nova, essa questão não foi nem de longe abordada nos primeiros anos da educação formal (fundamental e médio). As preocupações eram de outro tipo. Na graduação, embora alvo de discussões, tais questões eram abordadas em disciplinas bastante específicas. (Phillis)

Considerando que no Brasil apenas uma parcela pequena da população consegue concluir um curso superior, só 3,4% segundo o censo de 2000 do IBGE, a grande massa da população pode estar com uma falha educacional muito grande no que diz respeito à compreensão dos elementos e inter-relações que envolvem a sustentabilidade da biosfera, entre eles ecossistema, modos de produção, desenvolvimento entendido como melhora qualitativa da sociedade e educação ambiental.

Outro ponto que chamou a atenção, foi a dificuldade ou pouca disposição demonstrada por alguns alunos, particularmente os mais jovens, às tarefas propostas pelo curso que necessitassem de uma dedicação maior em termos de reflexão ou atenção. Esse fato ficou demonstrado tanto nas tarefas escritas do curso, quanto nas tarefas de planejamento minucioso, como a implantação de quadras e ruas que seguia a uma modulação estipulada no material instrucional, ou o planejamento de pontos de ônibus entre outras situações.

Ai...não quero mais...(Agnes) (dificuldade de criação das quadras com modulação exata)

Ai...faz aí, Omar?...(Agnes) (impaciência com o planejamento metódico)

Ai...é muito brabo isso...não tem volta...(Agnes) (se referindo à falta de uma ferramenta para desfazer o comando de zoneamento que não implicasse em investimentos extras)

A dificuldade inicial de responder ao questionário de avaliação, por exemplo, pode indicar uma abordagem superficial, nas questões que dizem respeito à sustentabilidade e à temática ambiental, na educação formal dos alunos. Conceitos pouco claros ou equivocados também indicam uma falha na educação ambiental que se pratica na educação formal. Exemplifica-se a seguir, com falas de uma das duplas no momento de responder ao questionário preliminar:

Não me lembro...; (Agnes)  
O que eu vou colocar...? (Agnes)  
Tenho preguiça de pensar. (Agnes)  
Parece prova..” (Omar)

Outra situação observada, é que ao mesmo tempo em que os alunos preocupavam-se em atender o maior número de habitantes com transporte público, por exemplo, e dedicavam-se ao planejamento minucioso, reclamavam que a atividade é chata porque “tem que pensar”. Essa resistência a “ter que pensar” pode ser um indicativo que reflete falhas na educação formal dos alunos jovens, que querem o imediato e o fácil introduzidos na sociedade pela tecnologia de “apertar botões”. Essa questão é muito preocupante, já que esses alunos estão sendo capacitados para serem os profissionais que estarão atuando na sociedade em pouquíssimo tempo.

Nas atividades de reflexão e leitura, que geraram discussões, os próprios alunos que anteriormente demonstraram “preguiça de pensar” criticaram a educação formal, dizendo que as disciplinas, particularmente a de geografia, são muito mal ministradas tanto no ensino fundamental quanto no médio e superior e que se ensinaria o que conviria ao sistema, além de criticarem modelos de educação “que não os botasse para pensar”. Apesar de a crítica parecer contraditória ao próprio comportamento inicial dos alunos, pode significar que os exercícios de problematização e reflexão crítica os tenham atingido de forma positiva.

## 4.6 ASPECTOS DA PROPOSTA EDUCATIVA

A questão de pesquisa “d”, apresentada no Capítulo 1 página 30, é retomada aqui para a discussão dos resultados pertinentes ao tópico considerado.

*h. Podemos construir uma proposta educativa, através de material instrucional com utilização do SimCity e STELLA, que leve o aluno a refletir sobre as limitações impostas pelo modelo econômico vigente? Qual a estrutura desse material instrucional?*

### 4.6.1 Ferramentas Gráficas e o Processo Visual de Aprendizagem

Para se compreender a dinâmica urbana é de fundamental importância que se utilize ferramentas capazes de demonstrar graficamente todos os diversos aspectos envolvidos, de forma a relacionar geograficamente às suas respectivas áreas urbanas. Nos estudos urbanos são utilizados recursos como softwares CAD com links a bancos de dados e informação geográficas (SIG) capazes de gerar mapas temáticos das áreas em estudo. Esses conceitos podem ser compreendidos de forma simples no jogo, que possui o mesmo tipo de ferramenta para que o aluno possa estudar as áreas que são ou não atendidas por determinados serviços ou afetadas por determinados problemas.

Os alunos compreenderam bem esses conceitos e utilizaram esses recursos como apoio às tomadas de decisões administrativas. A atenção por parte dos alunos às informações oferecidas pelos ícones e demais ferramentas gráficas do jogo, indicaram que as imagens e descrições facilitaram a memorização e entendimento dos comandos. Na vida real, esse tipo de recurso é apontado pelo depoimento de um dos arquitetos como necessários para o entendimento da dinâmica urbana, como segue:

O entendimento da dinâmica urbana passa necessariamente pelo processo visual. A elaboração de mapas temáticos com informações sobre a mancha urbana e as demais classes envolvidas, como mangue, mar, rios/lagos, floresta, nos dá a condição de analisar a ocupação e a sua evolução ao longo do tempo. Outras ferramentas podem auxiliar. A leitura comunitária da cidade, as informações legais, fotos aéreas ou imagens de satélites são alguns exemplos. (Gustav)

Algumas das ferramentas mais utilizadas pelos alunos foram justamente os mapas temáticos, para correção de áreas sem atendimento de água, ou correção de problemas de tráfego.

### 4.6.2 O Lúdico e a Motivação

As duplas demonstraram estarem totalmente imersas e envolvidas com o jogo. A escolha dos terrenos priorizou lotes com parte da área contemplada com água. Uma dupla selecionou uma ilha existente para “encher de bichos”. Percebe-se que o jogo estimula a visão crítica e a imaginação do aluno.

Como é que a gente sabe quanto tem de bicho aí (referindo-se à colocação de animais selvagens no modo Deus. (Sandra)  
Porque ele vai tirando umas árvores? (se referindo à terraplenagem automática que o game faz quando zonea).

Foi um engenheiro que andou aqui! (Phillis, se referindo à sua experiência profissional na secretaria de meio ambiente)

Alguns lotes ele não tira as árvores...porque? (Phillis) [concluiu-se que seria pelo nivelamento].

Porque ele destrói as árvores? (Eve, enquanto fazia zoneamento residencial)

Esse jogo já é meio contra o ambiente vistes? Porque na área residencial ele arrancou todas as árvores!! (Eve)

A imagem que uma das alunas acima referenciadas, que particularmente trabalha em uma repartição pública, faz do “engenheiro”, parece ser a de um profissional de visão reducionista incapaz de trabalhar de forma a demonstrar uma preocupação com o equilíbrio ambiental e a sustentabilidade planetária. Uma vez que o jogo desperta esse modelo mental, pode-se tecer uma crítica à essa questão do conservacionismo, que seria a preservação de todos os elementos naturais como se fossem pertencentes a um santuário, *versus* o desmatamento, entendido pelas alunas como sendo um ato de extrema agressão ao ambiente. Existe um certo preconceito velado à classe de profissionais de engenharia, que fica explicitado em comentários como esse.

A maioria das duplas enfrentaram o questionário de avaliação preliminar com uma certa timidez, porém a diversão propiciada pelo jogo levou os alunos a relaxar e fazer comentários, reflexões e posicionamentos de forma espontânea.

Com o *game* parece ficar mais clara a necessidade de equilíbrio na relação recursos, necessidades, despesas e receitas. Também a interação com o *game*, sem dúvida torna mais interessante, divertido e até mais produtivas as discussões sobre o tema. Cabe registrar a perfeita adequação dos objetivos do *game* com as questões práticas discutidas aqui e na sociedade de modo geral. (Theodore)

No segundo encontro com cada dupla, os alunos demonstram bastante motivação em dar continuidade à tarefa no *game*. Percebe-se que os alunos compreenderam a relação entre a administração de todas as variáveis envolvidas. Todos os alunos que se interessaram pelo modo Sims - que possibilita caracterizar cidadãos, definir onde moram e acompanhar parte da vida deles - que não estava diretamente contemplado em tarefas no material instrucional, tiveram uma reação muito positiva. Esse modo do jogo dá uma cara humanizada à dinâmica de sistemas, e caber avaliar a inclusão desta ferramenta ao material instrucional, quando de seu aperfeiçoamento.

Alguns alunos interessaram-se em instalar o *game* no próprio computador, o que reflete a motivação das duplas com a proposta educativa.

Muito bom, né? Sensacional!! Vou instalar no meu computador! (Agnes)

Também o interesse em tirar cópia do material demonstrou a motivação dos alunos decorrentes de estarem gostando das atividades propostas pelo mesmo.

Dá para tirar xerox? (Eve)

As duplas mostraram pontualidade, comparecendo aos lugares do curso nos horários combinados, o que também é um indicador da motivação do aluno.

Outro indicativo, é que alguns alunos chegavam com comentários que demonstravam que estes haviam estado refletindo sobre as tarefas mesmo após o término dos encontros.

Eu fui para casa pensando Sophia...e nós começamos errado...as cidadezinhas agrícola e universitária...a gente tem que fazer as duas junto. Ir numa começar, ir na outra mudar e assim por diante para elas crescerem juntas. (Bella)

#### 4.6.3 O Dinâmico e o Sistêmico

Tanto o *game* SimCity quanto o software STELLA foram utilizados como ferramentas para auxiliar o aluno a entender a composição sistêmica dinâmica do ambiente urbano. Os processos dinâmicos, ou seja aqueles processos que sofrem transformação no decorrer de uma linha de tempo, são os que oferecem maiores dificuldades de entendimento, pois somente com uma simulação animada ou através de gráficos, que podem ser estáticos ou animados, mas que mostrem a evolução de determinado elemento no tempo, permite essa compreensão de forma mais eficiente.

O SimCity permite o acompanhamento da evolução dinâmica da cidade através de suas ferramentas de animação de movimento, mapas temáticos, comentários que chamam a atenção do aluno para o comportamento de alguma variável, tal como trânsito ou desemprego e gráficos de comportamento. Assim, o aluno é obrigado a atender a cada situação conforme a cidade evolui no tempo, fato que afeta os elementos urbanos de forma positiva ou negativa de acordo com as decisões tomadas no jogo. A seguir, o desabafo de uma aluna, que “fala com o jogo” já que não conseguia executar as tarefas solicitadas na mesma velocidade em que elas se apresentavam.

Tá! Cada cosa a sú vez! No puedem enloquecerme! Solo soy una! (Bella, em relação ao excesso de solicitações noticiadas pela mídia e tarefas administrativas)

Os estudos da dinâmica urbana podem ser utilizados como sistemas de apoio à decisão, uma vez que explicitam vários pontos que devem ser alvos de atenção, como o equilíbrio social, econômico e ambiental.

As duplas se dividiram entre os que entenderam perfeitamente os propósitos da modelagem e os que entenderam os modelos mas não conseguiram perceber a profundidade e o alcance de uma ferramenta como o STELLA. Uma das duplas, resolveu os problemas apresentados para serem modelados com cálculos aritméticos simples feitos mentalmente e com rapidez. Esse fato prejudicou o interesse dos alunos pelo software, que na visão deles pareceu ser desnecessário.

No geral, os alunos entenderam o software STELLA como um facilitador do raciocínio e perceberam ambos os softwares como capazes de demonstrar a dinâmica urbana, porém no entendimento dos alunos, o software STELLA fôra visto como uma ferramenta mais fria e o *game* como mais humana.

A única diferença é a disposição visual da dinâmica. O STELLA é mais quantitativo, racional e exato; o SimCity é mais “humano”, já que é possível visualizar o desenvolvimento social das estruturas. No STELLA se visualiza a população como números. E no SimCity é possível acompanhar o “provável” cotidiano social. (Omar e Agnes)

A importante correlação feita pela dupla, sugere uma vantagem na utilização do SimCity para projetos educativos, em relação ao STELLA, pelo fato de ele ter se mostrado na visão dos alunos, como sendo uma ferramenta mais humanizada. Porém, entende-se que ambas são necessárias para que os alunos consigam

compreender os conceitos que estão por trás da construção do jogo, que são as mesmas explicitadas pelo modelo urbano em STELLA.

[...] imigração e tal...muita mão de obra e pouco emprego...com o atraso que a Pesquisadora falou...aí vai ter um dia que vai chegar um colapso no número de empregos... mas a população vai continuar vindo...e depois...vai faltar emprego na verdade, né...porque essa população vai continuar crescendo né? Ela vai continuar vindo...será que vai chegar um momento que ela vai parar de vir? (Sandra)

Principalmente a dupla que já possuía algum conhecimento em dinâmica de sistemas e modelagem pôde expressar, com mais profundidade, que entendiam o software STELLA como uma ferramenta capaz de auxiliar a compreensão de sistemas complexos. Isso sugere, que para a utilização do STELLA de forma mais efetiva, se faz necessário um tempo maior de curso e um aprofundamento dos conceitos de dinâmica de sistemas.

Através da ferramenta de modelagem STELLA, pode-se observar a variação de população ao longo dos anos. Podemos também acompanhar esta variação através dos gráficos e enxergar as equações que dão origem a eles. A técnica serve para nos criar um cenário desta população não nos deixando somente nos modelos mentais, materializando assim a situação proposta. (Phillis e Sandra)

As tarefas com STELLA permitiram fazer uma correspondência com as atividades feitas anteriormente no SimCity, dando um aprofundamento maior no âmbito científico. A questão do planejamento das cidades é reforçada no jogo, estimulando o aluno a pensar e raciocinar em nível de sistema dinâmico, isto é, de sistemas que se alteram no tempo, uma vez que existe a necessidade de se pensar nas consequências futuras de cada ação presente.

Facilidades: ferramentas do *game* que permitem uma visão do “todo”. (Theodore)

Os alunos não conseguiram perceber a ferramenta de modelagem como sendo feita para representar dinamicamente um sistema e permitir seu entendimento, apenas com a visualização do modelo urbano, muito mais complexo que os propostos para modelagem nas atividades do curso, é que percebem que não é possível pensar e calcular todas as relações entre tantos elementos que se interligam. Nas primeiras atividades entenderam o software como sendo um programa que facilitaria a execução de um cálculo, de um gráfico e a provável previsão para a população de gambás, cenário de uma das atividades, de forma rápida e objetiva. No estudo dos setores de População e Estruturas de Negócios do modelo de dinâmica urbana, conseguiram entender um pouco melhor os propósitos da modelagem. A correlação entre software e *game* foi feita pelos alunos como pode-se conferir nos depoimentos a seguir:

São bem semelhantes, (aspectos em comum do modelo com SimCity), já que é possível o planejamento da dinâmica do sistema em ambos. (Bella e Sophia)

São softwares bem claros, que permitem visualizar toda dinâmica de um sistema, apontando inclusive os pontos críticos. (Agnes e Omar)

Dependendo das variáveis apresentadas é o resultado que vamos obter. Temos que preservar e cuidar o meio ambiente para que não se acabe a espécie. (Bella e Sophia)

Na última fala das alunas percebe-se indícios que mostram o entendimento acerca de um mundo sustentável.

Na primeira atividade, que introduziu os conceitos da dinâmica de sistemas, as duplas obtiveram bom desempenho e compreenderam bem os conceitos abordados, fazendo corretamente as escolhas das variáveis níveis e também a direção dos fluxos das taxas.

As duplas iniciaram a atividade 6, apresentada no material instrucional, Apêndice 1 página 205, que prevê uma modelagem em STELLA, com auxílio de um tutorial, através da leitura e explicação oferecida pela pesquisadora, sobre os conceitos e representações utilizadas pela dinâmica de sistemas. O tutorial permitiu que eles fizessem a atividade sem muita interferência da pesquisadora. O objetivo da atividade foi introduzir o software, ensinar os comandos e o raciocínio com a utilização de taxas e níveis de forma quantitativa. A duplas entenderam bem o objetivo da atividade.

A atividade final do material instrucional consistiu na análise e alteração de variáveis, com a utilização do simulador do STELLA, de dois setores do modelo urbano baseado no desenvolvido por Forrester (1969). Após a exploração do modelo, os alunos foram estimulados a expressar as idéias que este suscitou bem como a forma como eles percebiam a relação entre esse modelo e o *game*. A seguir, parte do diálogo de uma das duplas demonstrando a percepção obtida:

Sandra – Eu acho que....Tudo depende do dinheiro aqui....tanto a disponibilidade de terras quanto a estruturação dos negócios...a mão de obra vindo buscar o que (?)...o dinheiro...acho que tudo está em torno do capitalismo...que mais o modelo nos mostra...? Até essa questão que nós estávamos discutindo...tipo assim...quando tu não tem mão de obra disponível ...tu tem melhores salários...quando tem mão de obra excedente tu tem salários menores...essa é uma questão também....que reflete...

Phillis – Falta de sustentabilidade, né...limite....crescimento exponencial.

Sandra – Falta de sustentabilidade...crescimento exponencial das pessoas...a razão para a criação do modelo é demonstrar, né...criar cenários, naturalmente é o objetivo do modelo...demostrando a estruturação da sociedade...da cidade...

Sandra – eu acho que é sensacional...ele demonstra bem como é que é esse crescimento da cidade, como é que é essa busca das pessoas atrás dos empregos...como é que se estrutura uma cidade...algumas cidades são bem pensadas quando tem uma oferta de emprego muito grande...eu acho que é isso...

Os alunos tiveram dificuldade em perceber a relação entre a ocupação de terras e a receita arrecadada pela administração pública, também em relação à busca de empregos, os alunos associaram com uma busca pelo dinheiro, o que de certa forma seria, porém esse tipo de relação de trabalho, que é típica do capitalismo e o trabalho alienado, não foi questionado através da análise do modelo de forma espontânea. Aqui poderia-se fazer, no material instrucional, uma inclusão ou uma atividade específica que discutisse essa questão.

#### **4.6.4 Regionalização: a cidade como um subsistema**

Uma das atividades trata da regionalização urbana e prevê a criação de uma cidade agrícola e uma universitária conectadas à cidade criada no tutorial de 0 a 10.000, que possui o perfil industrial. Nesta tarefa, que foi inserida no material instrucional dividida em duas atividades - sendo que entre elas colocou-se

uma de modelagem - os alunos não tiveram um roteiro pré-determinado para se guiar, eles fizeram uso da experiência anterior tendo liberdade para mudar as sugestões anteriores com as quais não concordavam. Também foi permitido que os erros cometidos na primeira cidade pudessem ser repensados nestas outras duas, de modo que os entendimentos dos alunos acerca da vida e dos aspectos urbanos pudessem ser externalizados.

Vamos tentar fazer nessa o que a gente errou na outra. Vamos deixar a quadra central sem zoneamento como era para ser na outra. (Phillis e Sandra)

As tarefas que contemplam cidades regionais tratam-se de atividades expressivas, já que os usuários têm liberdade de fazer escolhas de acordo com suas percepções de como deve ser uma cidade sócio-ambientalmente justa.

Os alunos foram lembrados pela pesquisadora de que, se quisessem, poderiam utilizar a colocação automática de ruas, mas estes preferiram utilizar a forma “manual” conforme aprenderam no tutorial. O tutorial serviu muito bem para dar desenvoltura às duplas no planejamento e na utilização do jogo.

Na visão dos alunos a regionalização urbana e as interações entre cidades e serviços públicos diferentes, exigem um maior planejamento, que fôra explicitado pelo SimCity.

A regionalização urbana requer a implantação de zonas de diferentes tipos em uma mesma cidade o que requer um maior planejamento e manutenção das atividades da cidade. Quando se faz uma cidade agrícola e universitária em diferentes cidades o planejamento é mais completo e mais fácil de elaborar. Fazer a interação entre as cidades requer se dar conta de fazer as conexões antes da elaboração das cidades, e elaborar estas de acordo com a conexão que se criou, para possibilitar assim uma melhor manutenção. (Phillis e Sandra)

Neste outro depoimento, fica claro o entendimento sobre a questão dos limites urbanos e a integração regional:

As facilidades são que existindo três cidades (agrícola, universitária e comercial) elas se complementam e se mantêm sozinhas. As dificuldades são, saber administrá-las de uma forma adequada, para que nenhuma das três seja afetada. Porque se uma for prejudicada, conseqüentemente as outras também. Nessa atividade se vê claramente, como nas anteriores, que o crescimento é necessário, mas chega uma hora que não tem para onde crescer. Precisamos administrar-nos com o que temos e fazer bem, porque senão pode-se produzir um caos. (Bella e Sophia)

#### **4.6.5 A construção do conceito de sustentabilidade**

Nas discussões estimuladas pelas atividades propostas através do material insrucional, os alunos deixaram bem claro que a educação é vista como um dos caminhos para se obter a sustentabilidade. A solução passaria por uma mudança de pensamento ideológico, filosófico e cultural, através da instrução e da educação.

Com as leituras e discussões, aliadas à vivência simulada no SimCity e no STELLA os alunos construíram conceitos sobre o que seria Sustentabilidade. A seguir o depoimento, ainda não totalmente coerente com o que se entende neste trabalho por esse conceito, de uma das duplas mostrando seu entendimento sobre o assunto:

É o conjunto de idéias e objetivos entre os quais justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e desenvolvimento tendo como princípio obter o equilíbrio necessário para que nem o meio ambiente, nem a sociedade sejam afetados, assim concluí-se Sustentabilidade. (Bella e Sophia)

Neste conceito formulado pelas alunas, a sociedade seria vista como algo externo ou separado do meio ambiente, o que seria apenas uma pequena parte ou um subsistema do sistema biosfera, mas aqui as alunas já conseguem fazer uma relação entre diversos aspectos que entendem elas, devem estar equilibrados entre si e isso pode ser entendido como indícios de um pensamento sistêmico estimulado pela proposta.

Conforme os alunos foram executando as atividades propostas, e problematizando os temas abordados, observa-se um aperfeiçoamento das idéias iniciais devido às leituras e discussões. Os alunos percebem de maneira positiva as experiências obtidas, como pode-se observar pelos depoimentos.

A experiência foi boa, porque podemos simular o sistema que gostaríamos que existisse na realidade. [...] tanto na vida real, quanto no *game* se não soubermos administrar o sistema sofreremos as conseqüências, no meio ambiente, na sociedade, e em todo o sistema. Por isso é necessária a sustentabilidade. (Bella e Sophia)

Esse depoimento sugere uma visão fragmentada e multidisciplinar do mundo, quando as alunas colocam que “*sofreremos conseqüências no meio ambiente, na sociedade e em todo o sistema*”. Na verdade as conseqüências serão sentidas no sistema maior até a menor escala incluindo a sociedade e o meio ambiente de forma integrada.

As dificuldades são muitas, já que deve-se conseguir combinar o crescimento social ao crescimento econômico sem afetar o meio ambiente e assim conseguir ter o equilíbrio necessário. Dessa forma teremos a sustentabilidade sócio-ambiental urbana. (Bella e Sophia)

A pesquisadora, ofereceu explicações sobre a incompatibilidade entre crescimento infinito em um mundo finito e o crescimento do capital, buscando auxiliar os alunos a compreenderem a diferença entre crescimento de desenvolvimento. A maioria dos alunos, tentando usar a lógica com a qual o jogo trabalha, buscou a ampliação das áreas zoneadas com a finalidade de arrecadação de impostos para equilibrar o orçamento, o que lhes permitiu compreender que para a cidade capitalista o aumento do consumo, alimenta o setor de negócios, que aumenta a população em função da disponibilidade de empregos, o que gera pressão urbana em infra-estrutura e área disponível, que aumenta despesas e exige mais ampliação.

#### **4.6.6 O Real e a Simulação**

Uma das diferenças que o *game* apresenta em relação às cidades reais, diz respeito às ocupações irregulares. No jogo, somente áreas zoneadas pela administração pública, ou seja áreas reguladas, são ocupadas. Essa questão da ocupação irregular é um dos grandes problemas que as cidades brasileiras enfrentam e não foi contemplado, nem através do *game*, nem através do modelo urbano de Forrester, talvez até porque um derive do outro. Esse fato não foi observado pelos alunos, e se houvessem nas cidades reais zonas destinadas para auto-construção ou edificações de interesse social em quantidade suficiente à demanda, talvez as ocupações irregulares deixassem de existir também na vida real, apesar de quê, segundo o modelo urbano de Forrester, esse

tipo de política, acarretaria em um inchaço na cidade e pioraria o desemprego. Os alunos constantemente fizeram conexões entre o *game* e uma cidade real. Na fala a seguir, a recorrente irritação dos alunos frente aos problemas orçamentários que freqüentemente se apresentavam:

É irritante a falta de controle que a gente sente no jogo! A gente não sabe se em uma cidade real acontece essa falta de controle orçamentário mas aqui é irritante! (Phillis)

Outros alunos, tiveram um entendimento de que o fato de não terem conhecimentos do tipo de vida agrícola os impediu de serem bem sucedidos no planejamento das cidades com esse perfil:

Na cidade universitária fomos bem sucedidos, com um alto nível de vida (tanto ambiental quanto urbana) para a população. Já na agrícola, por não termos experiência no padrão de vida agrícola, planejamos errado o tamanho e a localização tanto do zoneamento agrícola quanto nos poucos residenciais. É bem semelhante ao real, já que é necessário o conhecimento do tipo de sociedade e hábitos sociais da população que irá residir, assentar na área. (Omar e Agnes)

Outra questão que fôra relacionada pelos alunos, na comparação da cidade simulada com uma cidade real foi a dificuldade em lidar de forma integrada com as diversas variáveis interligadas:

A primeira relação que foi feita é a respeito da dificuldade em administrar uma cidade virtual, assim como, a real, sendo que temos que estar atentos a todos os itens saúde, educação, cultura, transporte, alimentação, ao ecossistema em geral, etc, sem prejudicar a nenhum dos mesmos e sem que ambos se prejudiquem. (Ephatia e Eve)

Planejamento regional: as semelhanças são muitas (com uma cidade real) porque se não administrar com consciência começam a aparecer os problemas. Temos que resolvê-los, sem prejudicar o meio ambiente. (Bella e Sophia)

As dificuldades, são as mesmas que nas cidades reais. Deve existir uma boa administração e oferecer o que a sociedade pede e necessita. A relação entre as variáveis é necessária, porque uma complementa a outra. Por exemplo, na medida em que a população cresce precisa de mais espaço, mais suprimentos, mais educação, etc. (Bella e Sophia)

Houve também a consciência e preocupação por parte dos alunos na comparação de que, se na vida real não houverem mudanças profundas “o jogo” poderá acabar, e o comentário das alunas oferece indícios que demonstram entendimentos na direção de um mundo sustentável:

Na vida real as pessoas pensam de forma diferente, e o meio ambiente fica sempre em segundo lugar. A diferença é que no *game* se a cidade quebrar e desaparecer é apenas um jogo. Não existe vida. E na realidade não pode continuar como está, porque o homem e o planeta também podem ter fim. (Bella e Sophia)

Outra diferença da vida real, é que o *game* permite pausar o tempo, e apesar da cidade continuar mostrando movimentação o orçamento e ações derivadas das decisões tomadas não são implementadas. Isso permite uma adequação ou readequação. Na vida real ações e planejamento são tomadas enquanto a vida e a dinâmica urbana segue seu curso. Naturalmente que o tempo passa muito mais rápido no jogo do que na vida real, mas essa dificuldade de planejamento em curso é um dificultador para cidades.

#### 4.6.7 O Material Instrucional

Uma das duplas participou da fase preliminar de estudos, e teve fundamental importância na elaboração do material instrucional, principalmente por terem sido voluntários para dar continuidade à fase da pesquisa propriamente dita. Parte das tarefas iniciaram como teste piloto do material, o que resultou em modificações na sua estrutura para permitir maior compreensão por parte das demais duplas que iniciariam posteriormente. Foram diminuídas algumas atividades e outras foram simplificadas, uma vez que se observou que o tempo necessário para a execução exigiria um número de horas acima do previsto para o estudo, que seriam de três encontros, de 3 horas e 20 min cada. Algumas atividades, que essa dupla desenvolveu, prosseguiram a partir do material instrucional já modificado, complementando a coleta dos dados.

Duas duplas conseguiram concluir as atividades propostas no tempo previsto, as demais necessitaram de um tempo maior e ofereceu-se encontros extras, para que as mesmas concluíssem as tarefas. Isso sugere, que a proposta se adequaria melhor com um número de horas-aula um pouco mais estendido, pois aos alunos com maior rendimento nas tarefas não sobriam horas de aula sem atividade, porque o tempo para administração das cidades simuladas é “infinito”. Pode-se continuar jogando aquela cidade, caso ela tenha atingido o equilíbrio dinâmico, por meses.

A partir dos dados coletados e do desempenho dos alunos com as atividades, concluiu-se que a proposta se adequa aos objetivos buscados, ou seja, o curso permitiu a construção e o aprimoramento de conceitos referentes à temática abordada.

Chamou a atenção da pesquisadora a leitura aprofundada e minuciosa, que algumas duplas fizeram, dos textos e instruções incluídas no material instrucional. Os assuntos, novos para a maioria dos alunos, fizeram emergir associações com suas realidades locais, relacionando situações urbanas que acontecem em suas cidades, Chuí/Chuy e Rio Grande – RS.

Cabe observar, que no decorrer da execução das tarefas percebeu-se que a primeira atividade orientada no SimCity serviu de modelo para o planejamento urbano das demais cidades. Isto sugere um aprofundamento teórico na área de urbanismo que possibilite ao aluno efetuar o planejamento urbano simulado, a partir da utilização de conceitos mais direcionados a esse tipo de aprendizagem, como a Teoria da Teia Urbana por exemplo, já que estes serão automaticamente internalizados.

Os depoimentos dos alunos foram unânimes em afirmar que a maior dificuldade observada no jogo é a manutenção da saúde financeira da cidade juntamente com qualidade de vida para a população. Exemplifica-se a seguir:

Dificuldades: equacionar a produção geral de empregos e criar negócios atrativos para o crescimento da cidade com as consequências dos atos administrativos se interrelacionando. (Theodore)

Concluídas as tarefas, percebe-se a assimilação dos conceitos pertinentes à EA mais claros depois da experiência proposta com SimCity e STELLA.

Baseado nos conceitos mostrados, entendemos que realmente é hora de mudar a consciência do homem, já que o mundo é finito e os recursos que nele existem também, para que o homem e o planeta possam sobreviver. (Bella e Sophia)

Algumas vezes os alunos viram-se em “becos-sem-saída”, em situações de difícil administração e solução.

No se lo que hacer! Tenemos que hacer algo para que venga la gente! (Bella e Sophia)

Nestas situações, que mais cedo ou mais tarde se apresentam a todos os jogadores, isto é, a de, por exemplo, criarem despesas maiores do que receitas, fica demonstrada a lógica capitalista reproduzida pelo jogo - e que foi sempre problematizada no trabalho com as duplas – que é a exigência de crescimento. Para a cidade simulada atingir um padrão de receitas que cubram os gastos públicos relativos aos investimentos feitos em infra-estrutura urbana, como água, energia, transporte, vias públicas, escolas, sistemas de saúde, etc, é necessário aumentar a área de zoneamento residencial para que novas pessoas mudem-se e gerem impostos. Por outro lado, essa nova população exigirá crescimento no número de empregos, ajustes nas vias públicas para vias asfaltadas com maior capacidade de tráfego, aumento orçamentário em todos os serviços, etc. Isso acarreta uma necessidade de ampliação das áreas geradoras de emprego, que são representadas fortemente no jogo pela áreas industriais, o que nos leva a uma adensificação da cidade, que tem seus limites bem definidos, e acaba por gerar contaminação das águas e do ar. Aqui fica demonstrada a dificuldade que temos, no mundo real, de atingirmos a sustentabilidade dentro de um mundo finito nos moldes e processos de produção atuais.

A maioria das duplas não teve sucesso na administração das cidades agrícolas pois estas não comportaram muitos serviços públicos, devido à baixa população, o que levou o município a não atingir valores altos de impostos, tornando mais difícil administrar o orçamento.

La mia no está así! (Bella, referindo-se a configuração física da cidade do material instrucional e a sua.

Os alunos utilizaram-se frequentemente das ferramentas de análise disponíveis no jogo, que são os mapas temáticos e os gráficos de evolução.

Um dos alunos fez uma observação particular que vale a pena colocar, ele foi um dos participantes da fase piloto, e se recusou a fazer o tutorial do jogo do modo Deus porque achou incoerente. Fez o seguinte comentário:

Tem que pensar a partir do que está aí hoje. Não pode pensar em como seria...em como deveria ser...é isso que eu acho que as vezes essas discussões ficam gerando...é o cachorro correndo atrás do rabo. Ficam essas discussões, mas a situação se apresenta dessa maneira, então não adianta tu pensares de outra forma. Ninguém é Deus! Temos que mudar o que já está aí! (Theodore)

Esta, “necessidade de mudar o que está aí”, foi uma das razões que levou a pesquisadora a elaborar esta proposta educativa com a utilização de simulações que reproduzem o atual modelo de desenvolvimento vigente, ou seja, justamente para tentar “mudar o que está aí” posto, através da problematização crítica rumo a uma construção de conceitos que possam culminar na busca de alternativas para uma sociedade urbana sustentável, ou seja, uma sociedade que ao buscar desenvolvimento social e qualidade de vida não comprometa a vida e a saúde do planeta.

# CAPÍTULO V

## CAPÍTULO V

### *Considerações Finais*

*A cada instante, há mais do que o olho pode ver, mais do que o ouvido pode perceber, um cenário ou uma paisagem esperando para serem explorados. Nada é vivenciado em si mesmo, mas sempre em relação aos seus arredores, às seqüências de elementos que a ele conduzem, à lembrança de experiências passadas. [...] Cada cidadão tem vastas associações com alguma parte de sua cidade, e a imagem de cada um está impregnada de lembranças e significados. Os elementos móveis de uma cidade são tão importantes quanto as partes físicas estacionárias. Não somos meros observadores deste espetáculo, mas parte dele; compartilhamos o mesmo palco com os outros participantes. Na maioria das vezes nossa percepção da cidade não é abrangente, mas antes parcial, fragmentária, misturada com considerações de outra natureza. Quase todos os sentidos estão em operação, e a imagem é uma combinação de todos eles.*

*(Kevin Lynch)*



Entardecer na Estação Ecológica do Taim – Abril 2005  
Foto: **Rita de Cássia Gnutzmann Veiga**

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Neste capítulo final, faz-se um apanhado geral do que foi esse estudo, de forma a responder às questões de pesquisa, além de discutir-se alguns posicionamentos da pesquisadora no que diz respeito ao planejamento e gestão urbano-ambiental e a contribuição da educação em um aprimoramento dos conceitos da sociedade a fim de que se possa pensar e lutar por cidades com mais qualidade de vida e justiça social.*

### 5.1 REFLEXÕES URBANAS

As cidades, são o reflexo dos pensamentos e ideais humanos por toda a história. A primeira notícia de cidade que se tem foi a cidade dos mortos, quando os seres humanos eram ainda nômades e criaram-se cidades para aqueles que já não podiam mais seguir com o grupo em suas andanças. De lá, até hoje, passando pelas mais diversas configurações, desde às cidades medievais com suas fortalezas e fossos, dos burgos, das cidades em que o culto ao divino era a diretriz de planejamento, as acrópolis gregas, a eternidade das sepulturas egípcias em detrimento à efemeridade das moradias dos vivos, até os dias de hoje de culto ao consumo, a cidade sempre refletiu a cultura e a sociedade humana.

Ainda sofremos as conseqüências do urbanismo tecnocrático e progressista<sup>57</sup>, que apoiou-se nas idéias de Le Corbusier principalmente após a segunda guerra, e que pode ser exemplificado no Brasil pela construção de Brasília e pela construção de extensos condomínios habitacionais populares (BNHs) nas periferias das cidades, e que serviram como forma de “empurrar” e segregar ainda mais as populações menos favorecidas. Esse funcionalismo, aliado ao “escapismo” das elites, para condomínios fechados de influência racionalista<sup>58</sup> provenientes das cidades-jardim situadas longe das áreas degradadas do centro e das favelas, continuam proliferando nas cidades e reproduzindo cada vez mais um modelo de exclusão.

Essas poucas questões já nos fazem perceber, que desvendar e compreender a cidade, em todos os campos do conhecimento e também no âmbito da sociedade civil, é o primeiro passo para a construção de cidades que ofereçam qualidade e justiça social a todos os seus habitantes.

A seguir, um exemplo de como essas diferenças podem ocorrer de forma dolorosa. As fotos, tiradas pela autora, do interior de um veículo em movimento na Estrada do Mar, sentido sul-norte, no Rio Grande do Sul. De um lado da estrada, vê-se os muros de costas para o lado oposto da mesma estrada, onde residem dezenas de famílias em estado de precárias condições, e de total miséria.

---

<sup>57</sup> Aquele tipo de planejamento que prioriza os aspectos técnicos, muitas vezes em detrimento aos aspectos sociais, e que estimula o crescimento como sinônimo de progresso sem contudo significar melhora social qualitativa.

<sup>58</sup> A corrente racionalista é uma doutrina que privilegia a razão como fonte do conhecimento. E na arquitetura é fortemente representada por soluções que homogenizam as necessidades humanas fundamentando-se na separação das funções de habitar, trabalhar, circular e ter lazer.

Caberia em futuros trabalhos, utilizar essas situações, tão comuns em nossas cidades como forma de problematizar os modelos econômicos e sociais vigentes, a fim de reforçar a necessidade urgente de mudanças estruturais na sociedade, até porque, pode ser muito complicado

falar em sustentabilidade ambiental a uma população de famintos, espalhadas por todo o país e o planeta, sem antes resolver essas necessidades básicas, para que em um segundo momento se possa atender a todos com educação, saúde, meio ambiente saudável, emprego, habitação, enfim dignidade social, espacial e ambiental.

Entender a complexidade urbana e suas inter-relações é parte do desvelar a cidade. Porém, mais importante do que entender suas configurações físico espaciais, é entender as causas que resultam nesta configuração, que hoje são representadas pelas injustiças sociais e pelo interesse do capital, sejam esses interesses representados pelo afastar cada vez mais a pobreza e tudo mais que ela representa e o isolamento das elites em condomínios fechados e shoppings centers, ou áreas industriais que degradam e consomem elementos naturais em nome do capital, do progresso e da geração de empregos.

Problematizar essas questões, com o apoio de recursos lúdicos como forma de motivar alunos à reflexão é um dos caminhos para iniciar uma mudança que permita a capacidade crítica, de forma que a sociedade possa preparar-se para posteriormente gerar a mudança.

## 5.2 RESPOSTA ÀS QUESTÕES DE PESQUISA

*i. A proposta educativa, elaborada nesta pesquisa, tem a capacidade de estimular discussões problematizadoras que conduzam ao entendimento da complexidade dinâmica dos sistemas urbanos despertando a visão crítica a respeito das estruturas sociais capitalistas de forma que se possa trabalhar conceitos sobre a viabilidade do desenvolvimento sustentável neste modelo?*



**Figura 18** – foto tirada, pela autora, do interior de um veículo em movimento na Estrada do Mar, no sentido Porto Alegre Florianópolis, onde vê-se no lado esquerdo, um luxuoso condomínio fechado.



**Figura 19** – no lado oposto, e exatamente em frente, uma favela, sem o mínimo de qualidade de vida. Demonstrando claramente a segregação imposta pelo modelo econômico, nas cidades brasileiras.

Sim, a abordagem proposta pelo material instrucional elaborado para essa pesquisa teve sucesso em estimular discussões, que levaram à problematização do espaço urbano de forma crítica e coerente com os preceitos da Educação Ambiental. O modelo capitalista de sociedade, que predomina atualmente, foi alvo de críticas bastante pertinentes de forma que ficou demonstrado o entendimento obtido por parte dos alunos em relação às limitações impostas por esse modelo rumo à sustentabilidade nas esferas, econômica, ambiental, social, espacial e cultural. Tanto o modelo urbano utilizado para estudo com os alunos, quanto o *game* de simulação reproduziram o modelo atual. Essa reprodução permitiu aos alunos vivenciar esses modelos e perceber as dificuldades e limitações que uma lógica de estímulo ao consumo, em forma de crescimento exponencial, é incompatível com um mundo de dimensões geográficas e elementos naturais finitos.

A sustentabilidade foi considerada pelos alunos como sendo um conceito utópico, só possibilitado pela transformação filosófica, cultural e estrutural da sociedade passando pela educação dos cidadãos planetários.

*j. Que conceitos internalizados (modelos/representações mentais), podem emergir a partir da experiência com a proposta educativa que apontem indícios de como os alunos interpretam as diversas inter-relações urbanas?*

A proposta educativa mostrou-se uma ferramenta capaz de explicitar alguns modelos mentais dos alunos. Em relação à interpretação destes acerca das inter-relações urbanas, houve algumas constatações interessantes.

Uma das inter-relações que os alunos demonstraram possuir através de suas decisões é a consciência de que a educação e sistemas de saúde, devem ser uma das prioridades eleitas para se atingir sustentabilidade e qualidade de vida. Da mesma forma, e em busca da mesma qualidade de vida, os alunos rejeitam todo tipo de mazela que a cidade possa sofrer, mesmo se o que estiver em questão seja um aumento na receita do município. Não são bem vindas à vida urbana perturbações como bases de experiências militares, indústrias com alta toxicidade, ou zonas de aterro de lixo e indústrias em áreas próximas à residências.

Por outro lado, os alunos reproduziram alguns conceitos elitistas, como por exemplo a rejeição das populações pobres em áreas centrais e a pouca preocupação com atendimento de transporte público. Um dos modelos mentais mais chocantes que apareceram no decorrer da pesquisa, é que os alunos participantes parecem enxergar as populações de áreas rurais como inferiores às populações urbanas, aparecendo rótulos preconceituosos tais como: “*ignorantes*” ou decisões de planejamento que conferiram aos sistemas educacionais rurais como título de “*escolinha bem pobre*”. Essas questões indicam a necessidade de trabalhos de investigação profunda e de reconstrução destes modelos, também mostrando-se interessante procurar a origem deles.

Outro modelo mental que apareceu na pesquisa, foi um certo protecionismo em relação aos pobres, no que diz respeito à taxas de impostos, e ao mesmo tempo uma penalização dos ricos. Houve um caso de uma dupla que pensou em deixar os impostos dos cidadãos com menor faixa de renda com taxas zero, mas no momento seguinte desistiu com o comentário de que, se o fizesse, a cidade “iria encher-se de pobres”, então

decidiram por manter altos os impostos, o que vai ao encontro do que já se comentou anteriormente sobre a segregação e afastamento das classes menos favorecidas, vendo-se que esta segregação é mais forte do que o desejo de beneficiar os pobres, e está presente não só nas esferas públicas mas na mente e nos conceitos da população em geral, mesmo quando essas não fazem parte destas elites.

Uma outra questão que apareceu na pesquisa, foi a importância que os alunos demonstraram dar à questão da estética e funcionalidade da cidade, não hesitando em gastar mais dinheiro do que seria recomendado em nome destas.

Associações com as vivências urbanas que os alunos possuem também estiveram presentes. Dois exemplos podem ser citados: a associação com as monoculturas regionais de arroz e a decisão de uma dupla em não zonedar residências próximo à vias de fluxo rápido para que “cavalos e cachorros” não fossem atropelados, sendo que o *game* SimCity não mostra em nenhum momento cavalos ou cachorros, ficando claro, serem estes modelos internalizados dos alunos.

Outra representação internalizada que apareceu na experiência de pesquisa, foi a visão de que tecnologias ecologicamente corretas ou benefícios em infra-estrutura podem ser considerados como sinônimo de *status*. Este tipo de modelo deve ser bem conhecido dos políticos, que sempre se utilizam deste tipo de melhoria para arrecadação de votos, e podem ser derivadas daí a formação destes conceitos por parte dos alunos investigados.

Um símbolo tradicional nas cidades, principalmente as antigas, era a igreja. Porém, a pesquisa demonstrou que este símbolo vem perdendo significado e importância, não só aparecendo como pouco representativo para os alunos como para alguns parecendo ser um reflexo de algo quase “prejudicial”.

Uma observação propiciada pelo jogo é a de que os alunos alteraram seus papéis, ora parecendo verem-se como planejadores, ora como cidadãos, ora como Deuses, mas muito pouco parecem identificarem-se como “prefeitos”, pois sempre se referiam a este como sendo uma figura externa. Sendo que nunca fôra demonstrada uma visão positiva, pois sempre que se referiram a “Ele”, o fizeram como forma de punição ou protesto. Até mesmo em relação à Mansão do Prefeito, ou seja “A Mansão da Dupla” isso ficou subentendido. A maioria decidiu ou por não implantar, ou implantou a contra gosto, ou ainda localizou perto de serviços públicos, que seriam indesejáveis, na concepção deles, ao “Prefeito”. Um destes serviços seria o de saúde, que os alunos comentaram que seria bom para *ele* ver as *filas*, o que deixa claro que os alunos entendem que serviços públicos de saúde naturalmente seriam precários.

*k. Como vem sendo abordada a questão ambiental na educação formal dos profissionais e cidadãos do meio urbano?*

Os dados de pesquisa apontaram para uma abordagem extremamente insípida na educação formal dos alunos, no que diz respeito à problematização das questões sócio-ambientais. A maior parte deles afirmou não terem sido contempladas, na sua educação formal, questões pertinentes à educação ambiental. Os que atestaram ter havido alguma abordagem afirmam que esta se deu de forma extremamente superficial. A visão que a maioria dos alunos possui, que talvez tenha sido construída dentro da educação formal ou pelos meios de comunicação, é de que a responsabilidade e a solução dos problemas ambientais é uma questão que refere-se às ações individuais privadas, e

não ações coletivas em esferas públicas. Os alunos, não demonstravam uma visão crítica a respeito do modelo capitalista de desenvolvimento, visão essa que fôra gradualmente sendo desenvolvida através das atividades do curso mediadas pelas colocações da pesquisadora.

*1. Pode-se construir uma proposta educativa, através de material instrucional com utilização do SimCity e STELLA, que leve o aluno a refletir sobre as limitações impostas pelo modelo econômico vigente? Qual a estrutura desse material instrucional?*

Sim, a proposta com a utilização das ferramentas citadas ofereceu condições de trabalho pedagógico orientado para a finalidade objetivada pela pesquisa, de forma a manter o aluno motivado, e oferecendo a possibilidade de internalização de conceitos e desenvolvimento da visão sistêmica de forma lúdica.

SimCity, ofereceu condições de motivar e surpreender o aluno, através de situações dinâmicas, muitas não repetidas, ou exclusivas como as situações de emergência que os alunos precisam resolver. Além da abordagem proposta por essa pesquisa, as ferramentas possibilitaram o desenvolvimento de outras habilidades, tais como a agilidade de raciocínio, a desenvoltura com ferramentas computacionais, noções de economia e finanças, estrutura urbana básica, entre outras.

A estrutura do material instrucional, buscou mesclar atividades teóricas para estimular discussões problematizadoras e reflexões, com atividades práticas, sendo algumas de cunho lúdico de forma a oferecer motivação adicional e outras sendo mais técnicas, como o caso das atividades de modelagem com STELLA.

### 5.3 A PROPOSTA CONFRONTADA COM PRECEITOS DA EA

Ao revisar-se os preceitos da EA, entende-se que esta proposta se adequou perfeitamente àqueles, principalmente nos seguintes princípios relevantes, apresentados na recomendação número dois da Conferência Intergovernamental realizada em Tbilis, 1977, já referenciada através da recomendação de número 8 no capítulo 1 página 18. Destaca-se a seguir, alguns destes itens seguidos de comentários relacionados à proposta:

a) considerar o ambiente em sua totalidade, ou seja, em seus aspectos naturais e criados pelo ser humano em uma dinâmica relacional de mútua constituição.

A proposta atende este princípio uma vez que trata do ambiente urbano, criado e utilizado pelo homem. Sendo que os sistemas urbanos relacionam-se e dependem do meio natural para sua manutenção. Essas relações foram abordadas de forma coerente com uma construção de entendimento crítico, por parte dos alunos.

e) concentrar-se nas situações ambientais atuais tendo em conta a perspectiva histórica, fazendo com que as ações educativas sejam contextualizadas e considerem os problemas concretos e o cotidiano.

A simulação do ambiente urbano, tanto por intermédio da modelagem computacional, quanto da experiência vivenciada dinamicamente no *game*, permitiram uma imersão na realidade e estruturas sociais atuais. Essa imersão, possibilitou o entendimento dos diversos elos e inter-relações pertencentes às esferas social, cultural, histórica, ambiental, espacial e econômica, juntamente com os problemas que permeiam todos estes aspectos, estimulando os alunos à reflexão e a tentativa de formulação de alternativas.

g) ajudar a descobrir os sintomas e as causas reais dos problemas ambientais.

Com ajuda do material instrucional, que trouxe textos que discutiam a realidade ambiental urbana e mundial, juntamente com discussões, reflexões e simulações computacionais, os alunos conseguiram identificar diversas causas dos desequilíbrios ambientais da atualidade.

h) destacar a complexidade dos problemas ambientais e, em consequência, a necessidade de desenvolver o senso crítico e as habilidades necessárias para resolver tais problemas.

Tanto as atividades com o *game* SimCity quanto as apoiadas pelo software STELLA foram capazes de demonstrar a complexidade, não só dos problemas, mas também das estruturas ambientais-urbanas. Além de permitir esse entendimento a proposta ofereceu condições para o desenvolvimento do senso crítico e o aprimoramento na capacidade de resolução de problemas.

i) utilizar diversos ambientes educativos (espaços pedagógicos) e uma ampla gama de métodos para comunicar e adquirir conhecimentos no ambiente, acentuando devidamente as atividades práticas e as experiências pessoais que resultem em transformações nas esferas individuais e coletivas.

Entende-se a proposta aqui desenvolvida, como um método diferenciado, capaz de ser aplicado a diversas faixas de idade e de formação - desde que atendidos alguns pré-requisitos mínimos como leitura e habilidades rudimentares com o computador - tanto em âmbitos formais quanto em informais, que mescla atividades teóricas com atividades práticas, proporcionando a construção e o aprimoramento de modelos mentais relacionados à temática ambiental-urbana além de permitir a explicitação de modelos já anteriormente internalizados, dando condições a um trabalho de readequação destes em direção à justiça social, qualidade de vida e equilíbrio ambiental, características necessárias para a construção de sociedades sustentáveis.

## 5.4 LIMITAÇÕES DA PROPOSTA

Algumas limitações foram encontradas para a aplicação desta proposta em uma escala mais ampla na sociedade. Uma delas, diz respeito à necessidade de que os participantes possuam um mínimo de habilidade ou conhecimentos computacionais, bem como, não tenham resistência na utilização deste tipo de ferramenta. Esta foi uma das dificuldades encontradas na formação das duplas para construção do grupo de pesquisa. O medo ou desinteresse que alguns candidatos a alunos, demonstraram, pelo fato da proposta ter como enfoque a utilização de tecnologia de informação. Este fato foi observado, inclusive, no grupo de alunos pertencentes a uma turma do curso de Licenciatura em Geografia da FURG, o que se mostra um fato preocupante, pois o professor, tanto o que está em formação quanto o profissional já inserido em instituições de ensino, deve procurar estar atualizado com o tipo de linguagem e formas de comunicação e até mesmo de lazer utilizadas por seus alunos, principalmente os de idade mais jovem, para quem essas ferramentas já são de utilização banal, e ao contrário de desinteresse ou medo, espera-se que oportunidades de aprimoramento neste sentido, sejam vistas como de enriquecimento profissional.

Uma outra limitação que a proposta apresenta, e que pode ser discutida com os alunos de forma a ser problematizada, é o fato de que nem no *game*, nem no modelo urbano de Forrester fica explícito o problema das ocupações irregulares, que além de ilegais não possuem qualquer condição de oferecer qualidade nem às populações que vivem nestas áreas e nem ao entorno de onde estas se localizam, como margens de córregos, proximidades a mangues, estuários, etc.

No SimCity essa questão, ao menos nos níveis evolutivos que as cidades atingiram, não parece ser possível a permissão de ocupações irregulares. Todas as áreas devem ser zoneadas para serem ocupadas, o que difere substancialmente das cidades reais.

Por fim, percebe-se - não tanto como limitação, mas como uma necessidade - que para se conseguir abordar a modelagem computacional de forma eficiente, se faz necessário um número maior de horas-aula, de modo a aprofundar o entendimento da dinâmica de sistemas propriamente dita, e permitir uma compreensão mais ampla dos propósitos da modelagem.

## 5.5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Partindo-se das conclusões oferecidas por essa pesquisa, foram despertadas algumas idéias para a continuidade do trabalho. Uma destas idéias seria o aprofundamento nos diversos métodos de planejamento urbano, através da história, das regiões geográficas e das sociedades em cada época, para uma posterior tentativa de aplicar essas metodologias ao planejamento das cidades simuladas no SimCity, de modo que fosse possibilitada uma análise comparativa dos resultados obtidos e a tentativa do jogo de representar a realidade contemporânea.

A partir destas análises, poder-se-ia aplicar estudos à grupos de pesquisa, visando um entendimento histórico-geográfico e social do habitat urbano a fim de construir um entendimento crítico que permita contribuir com um planejamento urbano atual, onde poderia ser explorada, por exemplo, a visão de planejamento baseado na Teoria da Teia Urbana, que baseia-se nos conceitos desenvolvidos por Christopher Alexander, e que segundo Lobo (2005), também está presente no game SimCity. Segundo a teoria, as cidades possuem uma estrutura organizativa complexa que forma uma teia composta principalmente pelos espaços entre construções.

A Teoria da Teia Urbana baseia-se em regras que são derivadas a partir dos princípios conectores da teoria da complexidade, do reconhecimento de padrões e da inteligência artificial. Isso sugere que seria interessante aprofundar essa proposta, no sentido de criar atividades que integrem esses conceitos, como forma de contribuir para o aprendizado de um tipo de planejamento que, de acordo com essa teoria de teia, poderia ser mais apropriada para a qualidade de vida urbana.

A teia urbana seria o resultado das conexões entre diferentes locais de atividades humanas, que são denominados “nós”. Essas conexões seriam formadas por todos os elementos exteriores e conectivos, como áreas e circulações de pedestres, áreas verdes, muros, caminhos, e ruas com diferentes capacidades que podem ir de ciclovias à vias expressas. Cada edificação poderá conter um ou mais nós de atividades humanas, sendo que os externos podem ser totalmente expostos ou parcialmente abrigados. Salinas (2000), baseado em (Alexander, 1965; Gehl, 1987) diz que “observações empíricas mostram que quanto mais forte for a conexão, e quanto mais base tiver a teia, mais vida terá a cidade.”

De acordo com Salinas (2000), “a cidade imita os processos humanos de pensamento” pois ambos os processos, o de pensamento e o de vida urbana, dependeriam do estabelecimento de conexões.

A teia urbana, que é baseada na teoria da complexidade, é composta por três elementos gerais, cada um deles obedecendo a uma lógica e a um princípio. Estes elementos são: nós, conexões e hierarquia.

Na proposta educativa desenvolvida nesta pesquisa, percebeu-se que os alunos utilizaram os padrões sugeridos na primeira atividade de planejamento como modelo para as cidades, onde tiveram liberdade de criação, o que leva ao entendimento de que trabalhar diferentes visões relacionadas à formação do espaço urbano se mostra necessário para que não seja criada uma reprodução padronizada de pensamento.

Um outro aprofundamento que se pode fazer em futuros trabalhos, é o que diz respeito à problematização de áreas de ocupação irregular e sua vinculação com os modelos vigentes na maioria dos países de sistemas capitalistas, de forma a trazer essas discussões para o âmbito da Educação Ambiental.

## 6 BIBLIOGRAFIA:

ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - **Plano Estratégico para Ciência, Tecnologia e Inovação na área de Tecnologia do Ambiente Construído**. Antac. Porto Alegre. 2002

BENÉVOLO, L. - **História da Cidade** - 4ª edição. São Paulo. Ed. Perspectiva, 2005.

BEZERRA, L. M. C. ; FERNANDES, M. A. - **Cidades Sustentáveis: subsídios a elaboração da agenda 21 brasileira** – Brasília. Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Consórcio Parceria 21 . 2000.

BRASIL - **Estatuto da Cidade: Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais da política urbana.** – Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2001.

BRECKE, P. - **Integrated Global Models that Run on Personal Computers** - Simulation, Vol. 60, No. 2 (Fev. 1993), pp. 140-144.

CAPRA, F. – **As Conexões Ocultas - Ciência para uma vida sustentável**. São Paulo. Ed. Cultrix. 2003.

CLECLKAND, P.B. **Systems thinking, systems practice**. England. Bookcraft, 1999.

COMPUTER HISTORY FOUNDATION - **Profetas del siglo pasado. Jay W. Forrester** - Versão de abril de 2002. Disponível em <<http://www.comsto.org>>. Acesso em 17 mai 2005.

DIAS, G. F. - **Elementos de Ecologia Urbana e sua Estrutura Ecológica** - Série Meio Ambiente em Debate - nº18. Brasília. IBAMA. 1997.

DOMINGUES, I. – **Humanidade Inquieta**. Diversa nº 2 – Revista da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2003. Disponível em <<http://www.ufmg.br/diversa/2/entrevista.htm>> acesso em 12 de maio de 2005.

FRANCO, M. A. R. – **Planejamento Ambiental para a Cidade Sustentável** – São Paulo. Ed. Annablume, 2001.

FREIRE. P. – **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro. Ed. Paz e Terra. 1970.

FORRESTER, J. W. – **Urban Dynamics** – Portland. Productivity Press, 1969; 1998.

FORRESTER, J. W. - **System Dynamics and the Lessons of 35 Years** - A chapter for The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s - Massachusetts Institute of Technology – Abr. 1991. Disponível em <<http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html>> Acesso em jul. 2005.

FORRESTER, J. W. – **World Dynamics** – Portland. Productivity Press. 1973.

HENN, G. - **Gametecas: propostas para utilização dos jogos eletrônicos com material de informação**. ExtraLibris, 2005. Disponível em <[http://www.extralibris.info/arquivos/2005/03/gametecas\\_por\\_g.html](http://www.extralibris.info/arquivos/2005/03/gametecas_por_g.html)>. Acesso em 16 de mar. 2005.

INFOHAB. **Centro de Referência e Informação em Habitação**. Desenvolvido por ANTAC, UFF, UFRGS, USP, UFSC, UFBA e UFSCar, 1999-2001. Base de dados referencial e de texto completo. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso: Dez. 2004.

JOHNSON-LAIRD P. N - **The Computer and the Mind – An introduction to cognitive science**. Londres. Fontana Paperbacks. 1988.

- JOHNSON-LAIRD, P. N. - **Mental Models** - Cambridge University Press, Cambridge, 1983.
- KUHN, T. S. – **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo. Perspectiva, 1996.
- KURTZ DOS SANTOS, A.C. - **Introdução à modelagem computacional na educação** - Rio Grande: Ed. da Furg, 1995.
- KURTZ DOS SANTOS, A.C. – **Modelagem Computacional Utilizando STELLA – Considerações Teóricas e Aplicações em Gerenciamento, Física e Ecologia de Sistemas** - Rio Grande. Ed. da Furg, 1995.
- KURTZ DOS SANTOS, A.C. - **A Dinâmica de Sistemas como uma Metodologia para a pesquisa Educacional** - Fundação Universidade Federal do Rio Grande - FURG Disponível em <<http://www.fisica.furg.br/profecom>>. Acesso Jul. 2004.
- LANE, D. C. - **Modelling as Learning: A Consultancy Methodology for Enhancing Learning in Management Teams** - In Morecroft, J. D. W. & Sterman, J. D. (eds) **Modeling for Learning Organizations**, Productivity Press, Portland, 1994. Oregon.
- LÉVY, Pierre - **A Nova Relação com o Saber** - Online. Disponível em <<http://portoweb.com.br/PierreLevy/educaecyber.html>> Acesso em Set. 1997.
- LEFÉBVRE, H. – **A Revolução Urbana** – Belo Horizonte. Ed. UFMG, 2002.
- LYNCH, K. – **A Imagem da Cidade**. São Paulo. Martins Fontes. 1997.
- LIMONAD, E. – **Paris em Chamas: Arquitetura ou Revolução?** - Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol. XI, nº 644, 10 de abril de 2006. <disponível em <http://www.ub.es/geocrit/b3w-644.htm>>. Acesso em 21 de junho de 2006.
- LOBO, D. G. SCHOOLER, L. – **A CITY IS NOT A TOY: How SimCity Plays with Urbanism** - London School of Economics and Political Science. CITIES PROGRAMME:ARCHITECTURE AND ENGINEERING. Discussion Paper Series, outubro 2004.
- LOBO, D. G. – **Playing with Urban Life: How SimCity Influences Planning Culture**. - Issue 6 – Technology & Cities – outubro 2004. Disponível em <<http://www.americancity.org>>. Acesso em 16 de abril de 2005.
- LOPEZ VELASCO, S. - **Ética para o século XXI – Rumo ao Ecomunitarismo** - São Leopoldo. Ed. Unisinos, 2003.
- LOUREIRO, C. F. B. – **Trajetória e Fundamentos da Educação Ambiental**. São Paulo. Ed. Cortez. 2004.
- MACHADO L. O. – **Sistemas e Redes Urbanas como Sistemas Complexos Evolutivos** – Anais. Universidade de São Paulo. VII Simpósio Nacional de Geografia Urbana - I Simpósio Internacional - São Paulo, 15 a 19 de outubro de 2001.
- MEADOWS, D. L. ; BEHRENS III, W. W – **Dynamics of Growth in a Finite World** – Portland. Hardcover, 1974.

- MEADOWS, D. L. et al. – **Limites do Crescimento** – São Paulo. Ed. Perspectiva, 1973.
- MORAES, R. - **Análise de Conteúdo**. *Educação*, Porto Alegre, XXII, n 37, mar 1999, p.7-32.
- MORATO, G. – **Geração The Sims** – Artigo publicado em UOL jogos. Disponível em <http://jogos.uol.com.br/reportagens/thesims> Acesso em Jun. 2005.
- MOREIRA, M. A. – **Modelos Mentais**. Porto Alegre. UFRGS Instituto de Física. On line em <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm>> acesso em janeiro 2005.
- MORIN, E. – **Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro**. São Paulo. Ed. Cortez. 2004.
- MUNFORD, L. – **A Cidade na História** – São Paulo. Ed. Martins Fontes, 2004.
- ODUM, H.T., ODUM, E.C., BROWN, M.T., et al. **Environmental Systems and Public Policy** - Programa de Economia Ecológica, Phelps Lab, Universidade da Florida, Gainesville, julho de 1987. [on line] disponível em <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm>> acesso em 10 jul 2004.
- OLIVEIRA, G. B. – **Uma discussão sobre o conceito de desenvolvimento**. Rev. FAE. V. 5, n.2, p.37-48, maio/ago. Curitiba. 2002.
- OLIVEIRA, M. K. de. **VYGOTSKY – Aprendizado e Desenvolvimento: um Processo Sócio-Histórico**. São Paulo. Scipione, 1993.
- OLIVEIRA, M. V. - **Jornalismo Ambiental como Instrumento para a Educação Ambiental – O Jornal Agora e a Conservação das Dunas do Cassino**. Defesa de Dissertação. Mestrado em Educação Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rio Grande. Setembro 2005.
- RICCIOPOPO, M. – **Fórum Arcoweb** –Temática Ambiental na Formação do Arquiteto Urbanista. On line. Disponível em [http://www.arcoweb.com.br/forum/discute.asp?forum\\_id=10638](http://www.arcoweb.com.br/forum/discute.asp?forum_id=10638) acesso em Fev. 2006.
- ROMERO, M. A. B. - **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano** - Projetos Editores Associados Ltda. São Paulo. 1988.
- RUSCHEINSKY, A. (org.). **Educação Ambiental: abordagens múltiplas**. Porto Alegre. Artmed, 2002.
- JACOBI, P. – Meio Ambiente e Educação para a Cidadania: O que está em Jogo nas Grandes Cidades? In: SANTOS, J. E. ; SATO, M. (Org.) – **A Contribuição da Educação Ambiental à Esperança de Pandora** – São Carlos. Ed. Rima, 2003. p. 423-437.
- SACHS, I. - **Estratégias de Transição para o Século XXI**. Desenvolvimento e Meio Ambiente - São Paulo: Studio Nobel / FUNDAP, 1993.
- SALINGAROS, N. A. – **A Teoria da Teia Urbana** – tradução de Livia Salomão Piccinini do texto on-line originalmente publicado no Journal of Urban Design, Volume 3 (1998), páginas 53-71. Disponível em <http://www.math.utsa.edu/sphere/salingar/urbanweb-port.pdf>
- SANTOS, C. F. - **A Cidade como um Jogo de Cartas** – Niterói. Universidade Federal Fluminense: EDUFF. São Paulo; Projeto Editores. 1988.

SANTOS, T. C. C. e CÂMARA, J. B. D., Org. - **GEO Brasil 2002 - Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil** - Brasília: Edições IBAMA. 2002.

SEABRA, Carlos. Uma Educação para uma nova era. In: Tecnologia e Sociedade. **A revolução tecnológica e os novos paradigmas da Sociedade**. Belo Horizonte: Oficina de Livros, 1994. Disponível em <<http://www.ciddec.futuro.usp.br>> acesso em Jul 2005.

TURKIENICZ, B., Org.: **Desenho Urbano I “Seminário sobre Desenho Urbano no Brasil”**. Cadernos Brasileiros de Arquitetura 12. São Paulo. Projeto Editores Associados Ltda. 1984.

VEIGA R. C. G. *et al.* - **Diagnóstico para a Elaboração do Primeiro Plano Diretor do Município de Candiota**. 1993. Trabalho apresentado como requisito para a aprovação da disciplina Introdução ao Planejamento Urbano. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Universidade da Região da Campanha, 1993.

VEIGA *et al.* - **Evolução Urbana do Centro de Bagé** . 1992. Trabalho apresentado como requisito para a aprovação da disciplina Evolução Urbana. Curso de Arquitetura e Urbanismo. Universidade da Região da Campanha, 1992.

VIANNA, J. C. T. - **Representações do Tempo e Clima na formação Agrônômica para agricultura (in)sustentável através de técnicas de modelagem** - Tese de doutorado em Agronomia. 278p. Área: Produção Vegetal. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2005.

## APÊNDICE 01 – Material Instrucional

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RIO GRANDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

Curso:

***SimCity e STELLA como apoio ao estudo de Sistemas Urbanos sob o enfoque da  
Educação Ambiental***

Autora:

**Rita de Cássia Gnutzmann Veiga**

## 2 APRESENTAÇÃO

Este curso tem como objetivo geral introduzir a temática da complexidade dos sistemas sociais urbanos, sob a ótica da Educação Ambiental, na formação de profissionais ligados ao planejamento/gestão urbano-ambiental utilizando conceitos e ferramentas de dinâmica de sistemas aliadas à tecnologia de informação.

O curso se desenvolve como sendo parte da pesquisa em andamento no Programa de Pós Graduação em Educação Ambiental cujo título é: **Sistemas Urbanos sob o Enfoque da Educação Ambiental**: uma proposta utilizando o *game* SimCity e o programa STELLA.

## 2 CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DO CURSO

- Introdução à dinâmica de sistemas
- Trabalho baseado em atividades exploratórias e expressivas com a utilização do *game* SimCity em estudos urbanos;
- Trabalho com o software STELLA, com atividades exploratórias e expressivas, mostrando conceitos que norteiam o *game* SimCity baseado no livro *Urban Dynamics* de Jay W. Forrester.
- Desenvolvimento pelo aluno, de documentos escritos que contemplem os conceitos apresentados, as contribuições do curso para sua formação, bem como a visão deste aluno sobre os temas tratados após a experiência com o curso.

O material produzido pelo aluno, bem como os demais dados coletados (a partir da observação e registro dos passos seguidos no computador), serão utilizados para análises conclusivas da pesquisa citada, visando explicitar o padrão resultante da interação dos alunos com as ferramentas computacionais utilizadas.

### 3 ABORDAGEM

Pretende-se intercalar atividades teóricas, que introduzam conceitos de dinâmica de sistemas, com atividades expressivas no SimCity de forma que o aluno construa conhecimentos de forma paralela, para que quando se chegue aos conceitos e modelos urbanos o aluno tenha experimentado os problemas e complexidades do sistema urbano, através da simulação proporcionada pelo *game*, e que neste percurso possa fazer associações entre as duas abordagens e a questão da sustentabilidade ambiental. A proposta objetiva também cativar e motivar o aluno desde o início do curso com a atividade lúdica propiciada pelo game, de forma a ajudá-lo a ter intimidade com os softwares, aliada a construção de conhecimento.

## DADOS DA DUPLA

Os **nomes** serão utilizados apenas para confecção do certificado de participação. Os **demais dados**, tal como formação, idade, etc., poderão ser citados na dissertação para caracterizar o perfil do aluno participante do curso, bem como os resultados e interações observadas pelo pesquisador.

Concordo

Discordo

Dupla \_\_\_\_

### Aluno A:

Nome \_\_\_\_\_

Idade \_\_\_\_\_

Formação \_\_\_\_\_

Experiências Anteriores com os Softwares que serão abordados:

Nenhuma

Pouca

Razoável

Muita

**Estas questões foram elaboradas com o objetivo de explicitar conhecimentos que você já possui acerca dos temas que serão abordados.**

A. O que você, como profissional envolvido nos estudos dos sistemas urbanos, entende por “Meio Ambiente” ?

B. Como a questão da sustentabilidade foi abordada na sua educação formal?

C. Na sua opinião, qual a origem da crise ambiental no planeta Terra?

D. Como você, ao pensar na cidade e em sua gestão, consegue visualizar e compreender as diversas variáveis envolvidas na questão bem como as conexões entre elas? Que dificuldades você observa? Comente a respeito.

## DADOS DA DUPLA

Os **nomes** serão utilizados apenas para confecção do certificado de participação. Os **demais dados**, tal como formação, idade, etc., poderão ser citados na dissertação para caracterizar o perfil do aluno participante do curso, bem como os resultados e interações observadas pelo pesquisador.

Concordo

Discordo

Dupla \_\_\_\_

### Aluno B:

Nome \_\_\_\_\_

Idade \_\_\_\_\_

Formação \_\_\_\_\_

Experiências Anteriores com os Softwares que serão abordados:

Nenhuma

Pouca

Razoável

Muita

**Estas questões foram elaboradas com o objetivo de explicitar conhecimentos que você já possui acerca dos temas que serão abordados.**

A. O que você, como profissional envolvido nos estudos dos sistemas urbanos, entende por “Meio Ambiente” ?

B. Como a questão da sustentabilidade foi abordada na sua educação formal?

C. Na sua opinião, qual a origem da crise ambiental no planeta Terra?

E. Como você, ao pensar na cidade e em sua gestão, consegue visualizar e compreender as diversas variáveis envolvidas na questão bem como as conexões entre elas? Que dificuldades você observa? Comente a respeito.

#### **ATIVIDADE 1 - TEMPO PREVISTO 15 MINUTOS**

*DUPLA* \_\_\_\_\_

Leia o texto abaixo, e em dupla, discutam as questões levantadas pelo autor e expresse suas opiniões sobre as reflexões propostas ao final desta atividade.

#### **O COMPLEXO DESAFIO DA SUSTENTABILIDADE URBANA<sup>59</sup>**

A reflexão sobre as práticas sociais, em um contexto urbano marcado pela degradação permanente do meio ambiente e do seu ecossistema, não pode omitir a análise do determinante do processo, nem os atores

---

<sup>59</sup> Este texto é parte do artigo “**Meio Ambiente e Educação para a Cidadania: o que está em jogo nas grandes cidades?**” – A contribuição da Educação Ambiental à Esperança de Pandora – José Eduardo dos Santos e Michele Sato, 2003.

envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas de um novo desenvolvimento, em um perspectiva de sustentabilidade.

A noção de sustentabilidade implica em uma interrelação necessária entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e a necessidade de um novo desenvolvimento como tendo uma capacidade de suporte. (Jacobi, 1999).

No contexto metropolitano brasileiro, os problemas ambientais cresceram a passos gigantes e suas soluções lentas ficaram publicamente conhecidas pela virulência do seu impacto: um aumento incomensurável das enchentes, dificuldades da administração do lixo sólido e interferência crescente do seu descarte inadequado em áreas potencialmente degradáveis, e mesmo um impacto ainda maior da poluição atmosférica sobre a saúde da população. A preocupação com o desenvolvimento sustentável representa a possibilidade de garantir, mudanças sócio-políticas que não comprometam os sistemas ecológicos e sociais que sustentam as comunidades. A complexidade desse processo de transformação de um cenário urbano não apenas crescentemente ameaçado, mas também diretamente afetado pelos riscos sócio-ambientais e seus danos e cada vez mais notória. Adotamos o argumento de Beck (1994) no que diz respeito à configuração de uma lógica de distribuição dos riscos. Esta é completamente compatível com os aspectos acima apresentados, uma vez que o desafio que está feito é o de criar as condições para, se não reduzir, pelo menos atenuar o quadro preocupante dos riscos existentes, que afetam desigualmente a população. Assim, os riscos estão diretamente relacionados à modernidade reflexiva e aos efeitos ainda imprevisíveis da globalização.

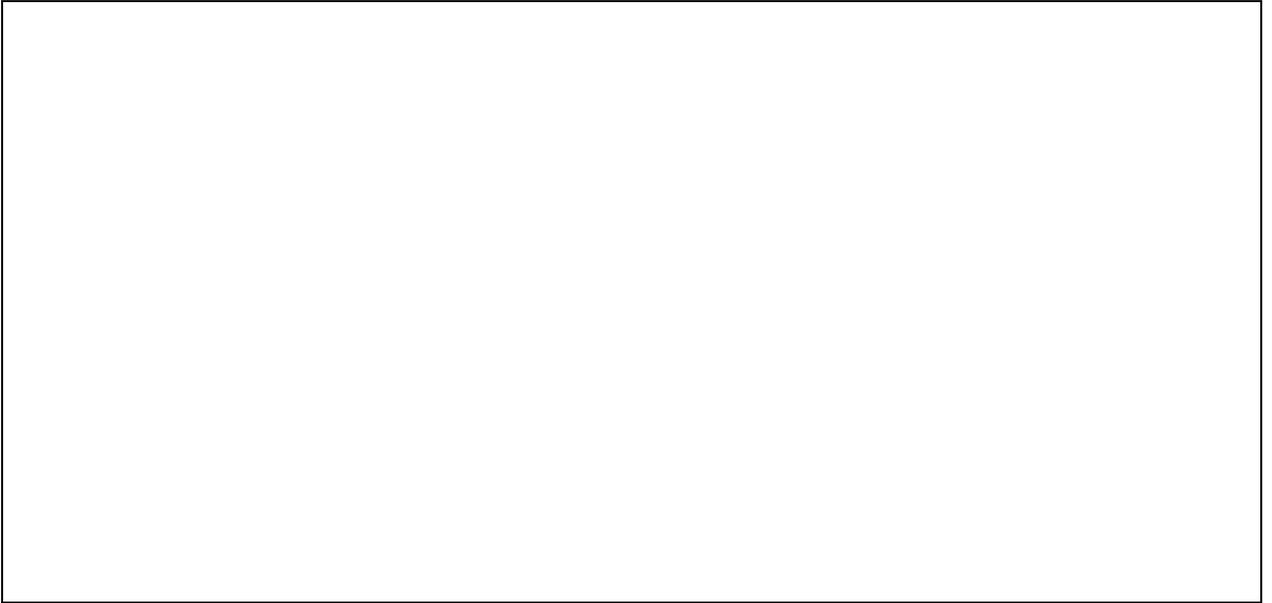
O tema da sustentabilidade confronta-se com o paradigma da sociedade de riscos. Isto implica na necessidade de se multiplicarem as práticas sociais baseadas no fortalecimento do direito ao acesso à informação e à educação ambiental em uma perspectiva integradora. E também demanda aumentar o poder das iniciativas baseadas na premissa de que um maior acesso à informação e a transparência na administração dos problemas ambientais urbanos pode implicar na reorganização do poder e autoridade. [...]

Um dos grandes desafios é o de gerar empregos com práticas sustentáveis e, por outro, promover o crescimento da consciência ambiental, expandindo a possibilidade da população participar em um nível mais alto do processo decisório, como uma forma de fortalecer sua co-responsabilidade na fiscalização e no controle dos agentes de degradação ambiental. (JACOBI, em SANTOS e SATO, p. 427-428, 2003)

***Reflexões propostas para esta atividade:***

Qual o conceito de sustentabilidade? Que padrões uma cidade deveria ou poderia apresentar para que fosse considerada “sustentável” sob a ótica ambiental. São compatíveis sustentabilidade ambiental com sustentabilidade econômica e crescimento urbano e populacional?

- |   |
|---|
| 1. Exprese as opiniões da dupla a respeito das reflexões propostas. |
|   |



## ATIVIDADE 2 - TEMPO PREVISTO 15 MINUTOS

### SISTEMAS URBANOS SUSTENTÁVEIS:

É possível simular um sistema urbano sustentável no SimCity?

Percorram todas as atividades do curso buscando responder a essa pergunta. A resposta a cada etapa poderá mudar.

Analise as semelhanças e diferenças entre o *game* e uma cidade real.

A partir da reflexão e dos conhecimentos estudados na atividade anterior, o próximo passo será o contato com o game SimCity4. Iniciando-se pela aprendizagem dos comandos, passando pelo tutorial interativo do próprio jogo no modo Deus e no modo Prefeito. Tentem associar os conceitos estudados até aqui com o padrão de comportamento vivenciado no game.

1. Relate de forma sucinta sua primeira experiência com o game. Você percebe alguma relação entre o que foi discutido até aqui e sua experiência no SimCity?

## ATIVIDADE 3<sup>60</sup>- TEMPO PREVISTO 40 MINUTOS

SIMULAÇÃO NO SIMCITY DE 0 A 10.000 hab :

### Organização Inicial

1. Escolham uma área plana para a criação de uma nova cidade. Como nome para a cidade coloquem “**Dupla A, B...etc...3City**” e para prefeito o nome da dupla. Pausem o jogo assim que entrarem.
2. Habilitem a grade no terreno utilizando a letra “G”, no teclado, como atalho. Observe o Gráfico de Demanda RCI que indica o potencial para construção.

### Ruas e estradas

A construção da cidade será iniciada com a criação de ruas e estradas, portanto é preciso explicar algumas diferenças entre elas.

#### *Ruas:*

Aparecem no ícone do jogo como sendo as mais claras, são as que tem um valor de investimento inicial menor, mas também possuem menos capacidade de trânsito, que pode ser mais lento. Como são característicos de bairros calmos, os cidadãos reclamam se estas não estiverem presentes no planejamento da cidade.

#### *Estradas:*

As estradas se diferenciam no ícone de seleção pela cor escura. O investimento de implantação é maior e a manutenção é mais cara, porém tem maior capacidade de trânsito e também comporta maior velocidade. Por esses motivos elas são essenciais nas áreas comerciais que exigem grande movimento.

3. Com o comando para implantação de ruas Crie 9 retângulos em uma parte da área que você escolheu para sua cidade e deixe livre uma área de 12 x 6 módulos dentro deles.
4. Do lado oposto de sua área, também utilizando o comando de criação de ruas, crie 8 quadrados de 6 módulos de lado de área livre.



Figura 01 – Definição de Áreas para Zoneamento.

<sup>60</sup> Exercício adaptado e modificado com base no tutorial de 0 a 10.000 desenvolvido por Marcelo Brandão e disponibilizado em <http://www.simcitybrasil.com.br> acesso em junho de 2005.

5. Junte as duas áreas com uma estrada e, se quiser, construa-a com parte sobreposta às ruas como apresentado na figura 01.

### Zoneamento Residencial e Industrial

Uma das maneiras mais rápidas de atrair cidadãos (imigrantes) para sua nova cidade é através da geração de empregos juntamente com o zoneamento de áreas residenciais. Para tanto se faz necessário compreender alguns conceitos básicos de zoneamento.

No SimCity temos três tipos de zoneamento, e cada um deles, como pode-se ver na figura 02, se subdivide pelo nível de densidade, ou seja, pela quantidade de cidadãos por m<sup>2</sup> que o zoneamento permite, que irá se refletir também pela altura e tipos de construção. Os zoneamentos disponíveis são: *Residencial*, *Comercial* e *Industrial*.

#### **Residencial:**

As subcategorias de zoneamento não devem ser confundidas com o padrão de vida dos cidadãos que habitam nos três tipos disponíveis. Elas apenas dizem respeito à densidade das construções, ou seja, podem existir em uma área da alta densidade que comportará edifícios com cidadão que possuem baixo padrão econômico e de escolaridade. Não há como definir diretamente o poder aquisitivo da população, apenas indiretamente, propiciando condições favoráveis para atrair determinado tipo de população.



Figura 03 – Zoneamento Industrial.

#### **Industrial:**

Como mostra a figura 03, o zoneamento industrial também divide-se em três subgrupos, e da mesma forma que no residencial é possível definir a densidade de ocupação, mas não o tipo de indústria. As estruturas de negócios é que por conveniência, de acordo com a estrutura que você oferece a eles, é de decidem se vão ou não implantar negócios na área.

6. Uma nova cidade em uma região também nova, não exige um investimento de valores altos no início do jogo. É possível começar fazendo zoneamento de baixa densidade para área residencial e média para área industrial.
7. Para zonear as áreas residencial e industrial, segure a tecla “*Shift*” ao mesmo tempo em que clica e arrasta na tela para que a criação automática de ruas fique desabilitada. Observe as setas que indicam a frente dos lotes. Devem apontar para as ruas.
8. Para o zoneamento, sigam os padrões mostrados na figura 04. Deixem área central vazia na zona residencial para futuras instalações de serviços.



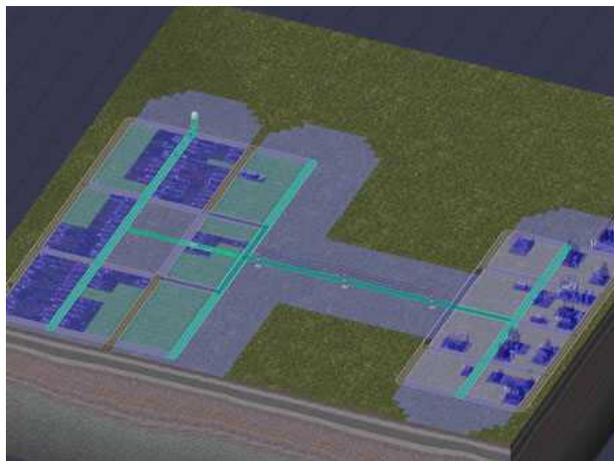
## Sistema Elétrico e Energia

Para que possam se desenvolver, a maior parte dos prédios e serviços necessitam de energia. A única exceção são alguns parques.

9. Na barra de ferramentas “*utilidades*”, acesse o menu “*construir sistemas de energia*”. Una as duas zonas criadas através de linhas de transmissão e depois escolha a usina de energia a carvão. Esta usina produz alta poluição e deve ser colocada longe da área residencial para não prejudicar os Sims. Coloque-a na área industrial. Este tipo de usina produz muita energia a um custo baixo, mas não é ambientalmente a melhor solução. Você concorda?
10. Para ajustar o nível de produção de energia de forma compatível ao tamanho da cidade, utilize a ferramenta consulta para clicar na usina e ajustar o orçamento para 100 §.
11. Solte o “*pause*” e permita que sua cidade crie vida e seja habitada. Acelere o tempo para “*Guepardo*”. Se o orçamento estiver negativo deverá ficar positivo em pouco tempo. Observe as despesas mensais e receitas e faça ajustes se necessário. Entre no menu que aparece como três pontos no canto da tela, salve sua cidade e tire uma fotografia. O comentário para a foto é livre.

## Abastecimento de Água:

12. Novamente aperte “*pause*”. Na barra de ferramentas “*utilidades*” selecionem uma bomba de água e posteriormente instalem os canos de distribuição como na figura 05 .
13. Quando a cidade chegar aos 500 habitantes, o game oferecerá a instalação da mansão do prefeito, aceitem e a instalem na área vazia no centro da área residencial.



### **Bombeiro:**

14. A segurança oferecida pelo corpo de bombeiros é fundamental à área industrial, instalem esse serviço no centro da mesma. Possivelmente com a implantação deste serviço seu orçamento fique negativo, mas logo voltará ao saldo positivo.

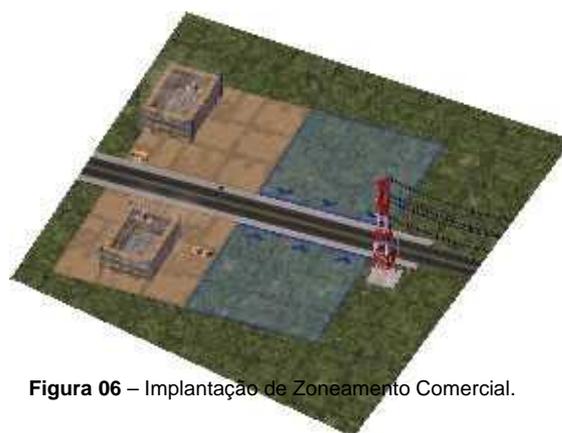
### **Escolas e Clínicas**

15. Instalem uma clínica e uma escola primária no centro da zona residencial, naquela área que ficou sem definição de zoneamento. Após 1 mês, ajuste o orçamento da escola e da clínica para manter seu orçamento positivo.
16. Quando a cidade atinge 1.000 hab, os cidadãos solicitam a implantação de uma igreja, instale-a no centro de sua zona residencial. No SimCity as igrejas aumentam a conveniência para que Sims de classe média e alta venham se instalar. Esta é uma questão interessante para se refletir...não é mesmo?

### **Zonas Comerciais**

Zonas comerciais desenvolvem-se melhor próximo a áreas de movimento intenso.

17. Zoneie a área comercial na região atendida pela estrada, como mostrado na figura 06, entre a zona residencial e industrial, que é onde tem-se maior movimentação de veículos até esse momento. Salve sua cidade e tire uma fotografia.



**Figura 06** – Implantação de Zoneamento Comercial.

### Sistema de Transporte Público:

Para que os sistemas de transporte público funcionem é necessário que existam estações de ônibus nas zonas residenciais e industriais, outros sistemas só serão disponibilizados com um número maior de habitantes do que temos até agora.

18. Coloquem uma estação de ônibus em cada quadrado, se possível no lado de fora da zona. Em pouco tempo você poderá observar os Sims utilizando o sistema.

### Parques

Ao implantar paradas de ônibus, algumas áreas podem ficar sem acesso às ruas. Preencham esses espaços com gramados, quiosques, playgrounds, etc., isso possibilita um efeito muito positivo sobre a conveniência das áreas residenciais além de auxiliar no controle de poluição. Os custos de manutenção e implantação são baixos. Vejam na figura 07 o aspecto que a cidade deverá estar apresentando.

19. Crie áreas verdes e de lazer na cidade.

Observe sua cidade até aproximadamente cinco anos de existência da mesma. Acesse os gráficos e faça um diagnóstico de quais são os maiores problemas que ela apresenta. Salve a cidade e faça uma foto do aspecto atual da mesma.



**Figura 07** – Implantação de Áreas Verdes e de Recreação.

## Zonas de Aterro

20. Possivelmente o gráfico que diz respeito ao lixo na cidade deve estar mostrando valores altos. Criem uma zona de aterro pequena em uma zona afastada da cidade.

## Colégios:

21. Com o orçamento positivo, construam um colégio de ensino médio, como mostrado na figura 08, e ajustem o orçamento de acordo com as necessidades da cidade, número de alunos, professores, transporte escolar, etc. Educação é fundamental para a cidade, ela permite que no futuro indústrias de alta tecnologia e comércio maiores se instalem na área e também mantém baixos os níveis de criminalidade.
22. Ajustes de orçamento devem ser feitos continuamente durante o jogo. Sempre consultem suas escolas, hospitais e usinas para ver se o orçamento está super ou subdimensionado. Se gastar demais estarão desperdiçando seu orçamento e caso estejam oferecendo verba insuficiente para os serviços haverá greves.
23. Se existirem reclamações sobre o abastecimento de água instalem mais uma caixa d'água, bomba ou expanda a rede de canos.
24. Com o número de habitantes que possivelmente você já tenha atingido, será necessário inserir um cemitério, quando este for habilitado pelo jogo, insira-o próximo à zona residencial como mostrado na figura 09. Fotografe a cidade.



### Expandindo:

25. Está tudo indo muito bem? Então aumente as zonas residenciais, como sugerido na figura 10. Lembre de disponibilizar canos de água para as novas áreas residenciais e ajustar sua usina caso em algum momento receber aviso de que está faltando energia.
26. Crie mais zonas comerciais na rua central.

### Zonas de média Densidade:

Agora façam um rezoneamento das zonas residenciais mais próximas dos comércios para zonas de *média densidade*.

27. Faça o novo zoneamento sobre o anterior, em pouco tempo novos prédios que abrigarão mais pessoas serão construídos.
28. Ajuste a capacidade de escolas e hospitais para dar suporte a uma população maior.
29. Crie uma nova zona residencial, semelhante a atual e também expanda a área comercial. Observem na figura 11, a configuração que a cidade poderá apresentar. Lembre de fotografar a nova evolução da cidade.



Figura 11 – Visão Geral de Crescimento da Cidade.

### **E a polícia?**

Até agora a polícia não se mostrou uma necessidade, mas se quiserem e o orçamento permitir, coloquem uma delegacia no centro de sua área comercial, dessa forma várias áreas receberão proteção.

Aumentem mais a área residencial e comercial quando existir demanda e criem conexões com as cidades vizinhas, elas podem aumentar as demandas por zonas residencial e comercial.

Passé algumas zonas de baixa densidade para média densidade (comercial e residencial) e de média para alta (industrial), você deve ganhar a estátua do governador, coloquem-na na zona comercial. Mudem as caixa d'agua de lugar e o cemitério para melhor aproveitar a área, e continuem ajustando os orçamentos das escolas, colégios, usinas, etc... . Construam bibliotecas para seus Sims permanecerem inteligentes quando estiverem na terceira idade. A cidade chegou a 10 habitantes? Parabéns, vocês completaram essa atividade. Fotografem sua criação.

1.	Quais as dificuldades e facilidades em uma busca pela sustentabilidade sócio-ambiental urbana que vocês já conseguem perceber com o exercício?
----	--

--	--

#### ATIVIDADE 4 - TEMPO PREVISTO 15 MINUTOS

MODELO DE MUNDO:

##### ***Reflexões propostas para esta atividade:***

Como pode ser entendido e visualizado o padrão de comportamento mundial em termos de sustentabilidade econômica e ambiental? O crescimento e desenvolvimento econômico que os países subdesenvolvidos desejam, ao se espelhar no modelo capitalista de consumo que os países ditos de “primeiro mundo”, oferecem condições de sustentabilidade? É viável em uma Terra finita e de recursos finitos que o mundo todo atinja o mesmo padrão de vida? Em termos sociais como pensar em empregos para todos sem pensar em ampliação de parque industrial, por exemplo, dentro do modelo capitalista vigente? Como vencer a distância entre a fome e o consumo excessivo e predatório?

##### **O Sistema Mundo e a Dinâmica de Sistemas**

Em fins da década de 60 e início da década de 70, duas equipes se destacaram por desenvolver uma simulação matemática que demonstrava padrões de comportamentos globais, chamados então de Modelos de Mundo. O primeiro a fazer o estudo, com a utilização da dinâmica de sistemas foi Forrester e posteriormente Meadows e equipe, cujo estudo foi apresentado na reunião do Clube de Roma em 1972 na conferência da ONU sobre desenvolvimento sustentável e é o marco inicial das preocupações despertadas na humanidade sobre meio ambiente e sustentabilidade.

O modelo incluiu uma mistura entre as visões ecológica e tecnológica e contemplou os 5 principais setores do sistema mundial: *capital, população, agricultura, recursos naturais e poluição*.

O modelo mostrou as diversas interrelações e subsistemas destes setores e suas saídas gráficas foram alarmantes. A simulação matemática contemplou o período entre 1900 e 2100, iniciando com dados históricos. O comportamento do modelo mostrou que o planeta não teria capacidade de suporte para o estilo econômico que vinha sendo desenvolvido até então.

A figura 12 mostra os setores e subsistemas envolvidos no estudo bem como suas interrelações e a seguir um diagrama causal das variáveis selecionadas para o modelo.

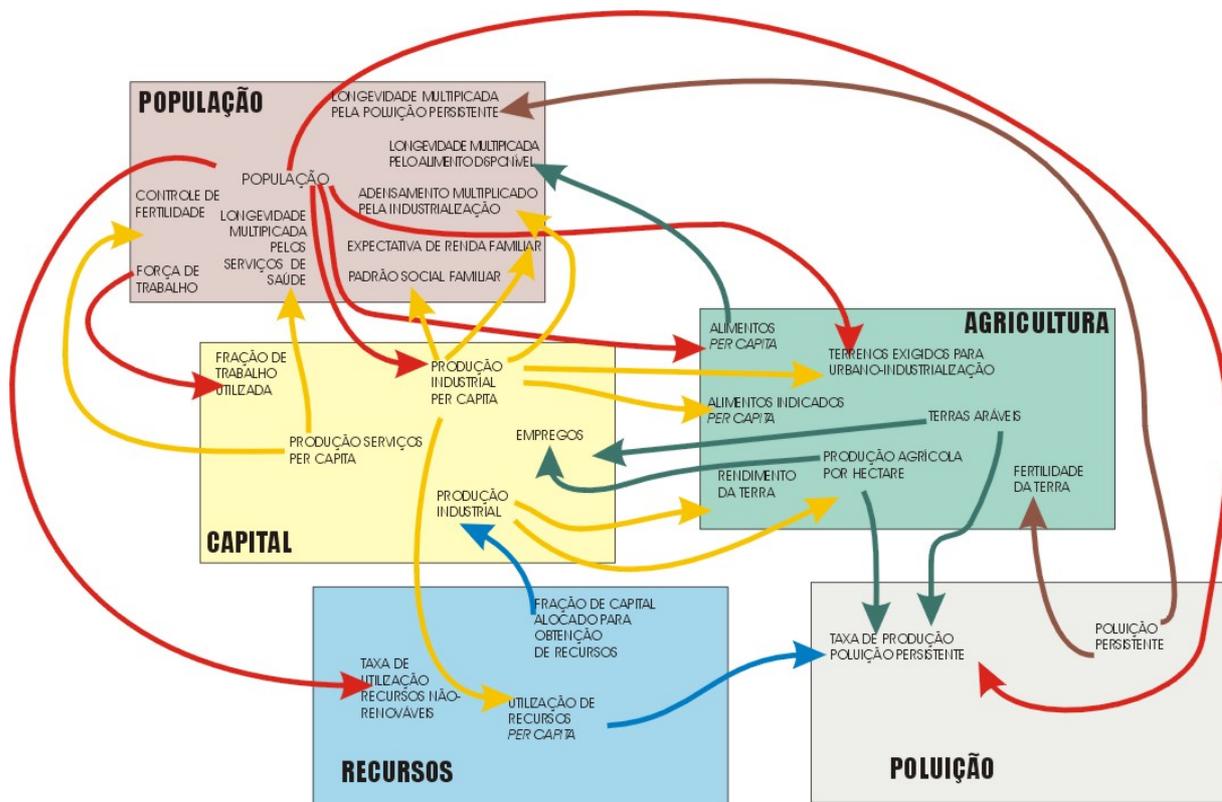


Figura 12 – Esquema mostrando os setores envolvidos no estudo Modelo de Mundo3 de Meadows e equipe.

Diagramas de causa e efeito são representações simplificadas que relacionam variáveis entre si mostrando seus elos causais. Existem dois tipos de elos fechados: os elos positivos e os elos negativos. Eles se diferenciam graficamente pelo sinal “+” ou “-“. Elos positivos indicam que uma determinada variável influencia uma outra de forma que se uma aumenta a outra aumenta também, se uma diminui a outra diminui. No elo negativo, quando uma variável aumenta a outra que está relacionada a ela diminui e vice-versa.

Na figura 13 a seguir, temos uma representação por elos causais do modelo de mundo3 desenvolvido pela equipe de Meadows, e que mostra os setores envolvidos no estudo e a relação entre as diversas variáveis do estudo.

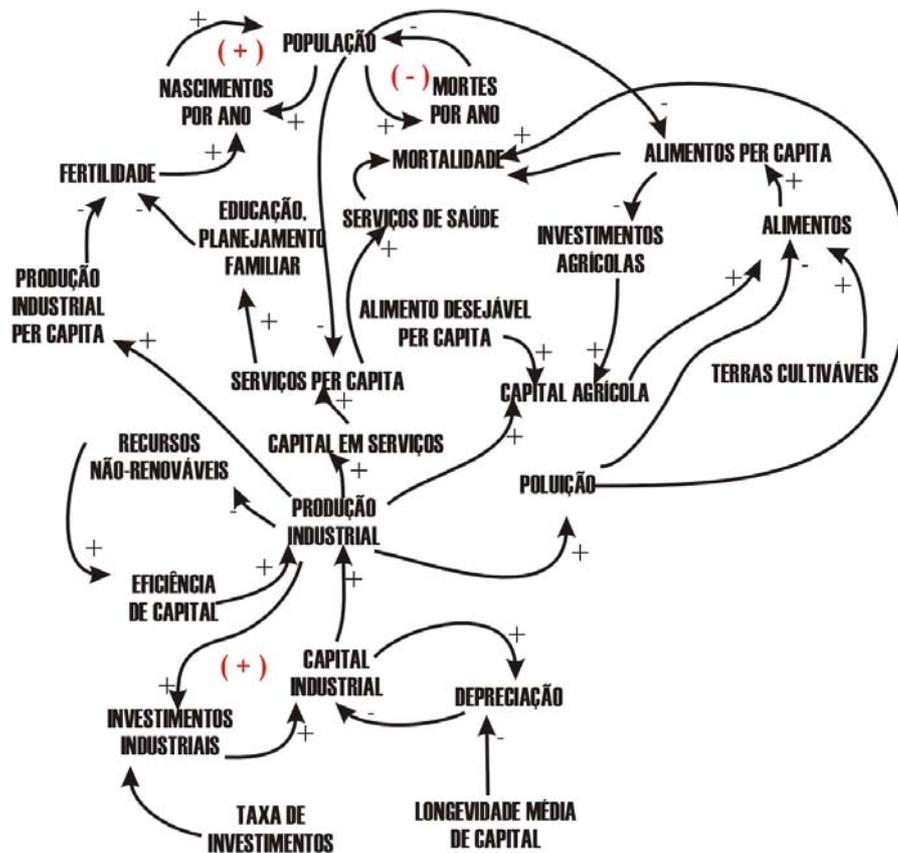


Figura 13 – Diagrama Causal do Modelo de Mundo3 de Meadows e equipe.

2. Analisando os conceitos apresentados a respeito das conexões entre os diversos setores mundiais expresse a opinião da dupla com relação às reflexões propostas.

## ATIVIDADE 5 - TEMPO PREVISTO 60 MINUTOS

### MUNDO GLOBALIZADO, METROPOLIZAÇÃO, INTERCÂMBIO REGIONAL:

Tendo-se em mente os conceitos estudados até aqui, procura-se entender como o *game* SimCity trabalha com a questão da regionalização e da integração das cidades. Partindo da cidade que você criou anteriormente, ampliem a região e iniciem cidades simultaneamente de forma que elas se complementem em serviços e se ajudem. Criem uma cidade universitária, uma cidade agrícola e incentivem o crescimento industrial da cidade já criada no tutorial. Faça conexões entre elas através de sistema rodoviário. Alterne a implantação de serviços entre elas, tente criá-las simultaneamente, ou seja iniciem o trabalho em uma e antes de concluí-la comecem outra.

1. A partir da experiência adquirida nesta atividade, que dificuldades ou facilidades você percebeu no game? No que implica o planejamento regional nesta atividade. No que a atividade proposta se assemelha a regionalização urbana real e no que ela difere na sua opinião?

## 6 ATIVIDADE 6<sup>61</sup> - TEMPO PREVISTO 20 MINUTOS

PRINCÍPIOS DE SISTEMAS E STELLA:

### ***Reflexões propostas para esta atividade:***

O que é e qual o objetivo do software STELLA?

Com quais conceitos o software STELLA trabalha?

O que são níveis, taxas e multiplicadores (ou constantes)?

Qual é a diferença entre um estoque e uma taxa?

Como o software pode nos ajudar a estudar sistemas complexos dinâmicos e seu comportamento através do tempo?

### **Conceitos Básicos para Modelagem:**

Estoques (ou níveis) são acumulações de um determinado “item” em estudo. Estoques mantêm o estado atual do sistema: como se fosse o que você veria se tirasse uma foto do sistema. Se você tira uma foto de uma banheira, você pode facilmente ver o nível da água. A água se acumula em uma banheira. O volume acumulado de água é um estoque (ou nível). Estoques descrevem integralmente a condição do sistema em algum ponto no tempo. Taxas fazem a alteração. A torneira despeja água dentro da banheira e o ralo escoar esta água para o sistema de esgoto.

Taxas aumentam ou diminuem estoques não apenas uma vez, mas por toda a unidade de tempo. Durante o tempo em que a torneira está aberta e que o ralo está destampado, a água irá entrar e sair ou seja, fluir através da banheira. Todos os sistemas que se alteram através do tempo podem ser representadas pela utilização única de níveis e taxas.

---

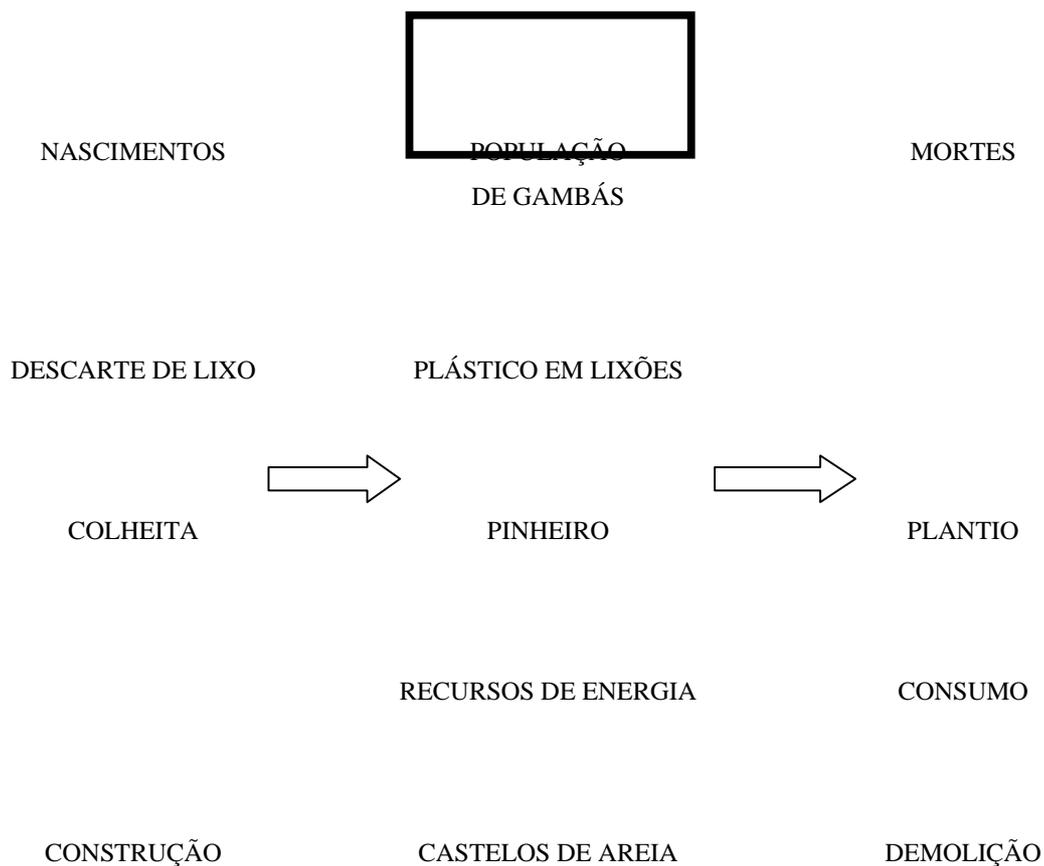
<sup>61</sup> Exercício adaptado e traduzido a partir do material disponibilizado pelo MIT em Road Maps de 2 (projeto do MIT de educação com a utilização da dinâmica de sistemas) disponível em <http://sysdyn.cleexchange.org/road-maps/home.html>

**1. Estoques e Taxas:**

Abaixo tem-se 5 linhas de variáveis. Para cada linha, identifiquem qual variável é um nível e quais são taxas que o alteram. Desenhem uma caixa em torno do estoque (nível). A primeira linha já foi feita como exemplo. A população de gambás é um estoque. O tamanho da população se altera com um número de nascimentos a cada ano e um número de mortes anual.

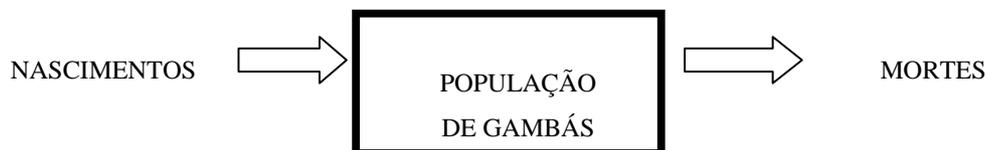


2. A solução do exercício anterior é mostrada abaixo, os estoques estão posicionados no centro dentro das caixas e no lado de fora as taxas. Determinem quais taxas são entradas e quais são saídas através do desenho de setas indicativas partindo dos níveis como no exemplo. Em relação a população de gambás, esta é aumentada pela taxa de nascimentos e decresce em função da taxa de mortes.



MODELANDO COM STELLA:

### Gambás



**Cenário:** 500 gambás vivem em uma área de madeira coberta por capim próximo a intersecção de duas estradas interestaduais. Todo ano 100 bebês gambás nascem. Viver em uma auto-estrada tem um alto preço. Todo ano 120 gambás morrem.

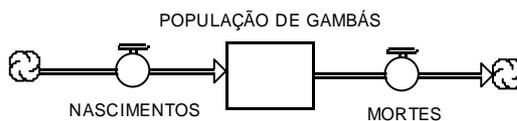
### Problema:

Quantos gambás viverão próximo a auto-estrada em 10 anos?

### Roteiro para Resolução da Atividade:

1. Abram um novo arquivo no STELLA.
2. Vão para o nível de construção de modelo clicando em no canto esquerdo superior da tela. 
3. Coloquem um estoque no centro da área de trabalho e chamem de “*População de Gambás*”.
4. Coloquem uma taxa  à esquerda do nível “*População de Gambás*” e, sem soltar o  ‘mouse’ arrastem-na para dentro do nível. Chamem essa taxa de “*Nascimentos*”.
5. Coloquem uma taxa partindo do nível “*População de Gambás*” em direção à direita do mesmo. Chamem-no de “*Mortes*”.

O modelo parecerá como na figura 13 a seguir:



**Figura 13** – Modelo de População de Gambás.  
Adaptada a partir do material disponibilizado pelo MIT em Road Maps de 2.

6. Para passar para o modo de equações no STELLA, cliquem em  na lateral esquerda do software e o ícone passará a ser mostrado desta forma:  To Equation Level Deverão aparecer pontos de interrogação dentro das taxas e do nível devido a não definição de quantificações para o modelo.
7. Dêem um duplo clique na taxa “*Nascimentos*” e a caixa de diálogo referente à quantificação desta taxa aparecerá na sua tela. Digite “100” como a equação para “*Nascimentos*”.
8. Cliquem no botão *Document*. Na caixa de diálogo de documentação, digitem “*nascem 100 gambás por ano*”.
9. Na próxima linha digite “UNIDADE: gambás/ano”. Clique OK.
10. Dê um duplo clique em “*Mortes*” e na caixa de diálogo que irá aparecer digite “120” como equação para “*Mortes*”.
11. Clique no botão *Document*. Na caixa de diálogo de documentação digite “*Morrem 120 gambás a cada ano*”.
12. Na próxima linha digite “UNIDADE: gambás/ano. Clique OK.
13. Dê um duplo clique no estoque “*População*” e na caixa de diálogo que irá aparecer na tela, digite “500” como a população inicial de gambás.
14. Clique em *Document*. Digite “População inicial = 500 gambás”.
15. Na próxima linha digite “UNIDADE: gambás. Clique OK.

Para visualizar as equações do modelo que você criou, clique na seta inferior  localizada acima do ícone . Então selecione “*Equation Prefs*” dentro do menu ‘*Equation*’. Quando a caixa de diálogo “*Equation Pref*” aparecer na tela, clique em “*Show Documentation*”. Dê OK. As equações da figura 14 irão aparecer:

```

□ POPULAÇÃO_DE_GAMBÁS(t) = POPULAÇÃO_DE_GAMBÁS(t - dt) + (NASCIMENTOS - MORTES)
  * dt
  INIT POPULAÇÃO_DE_GAMBÁS = 500

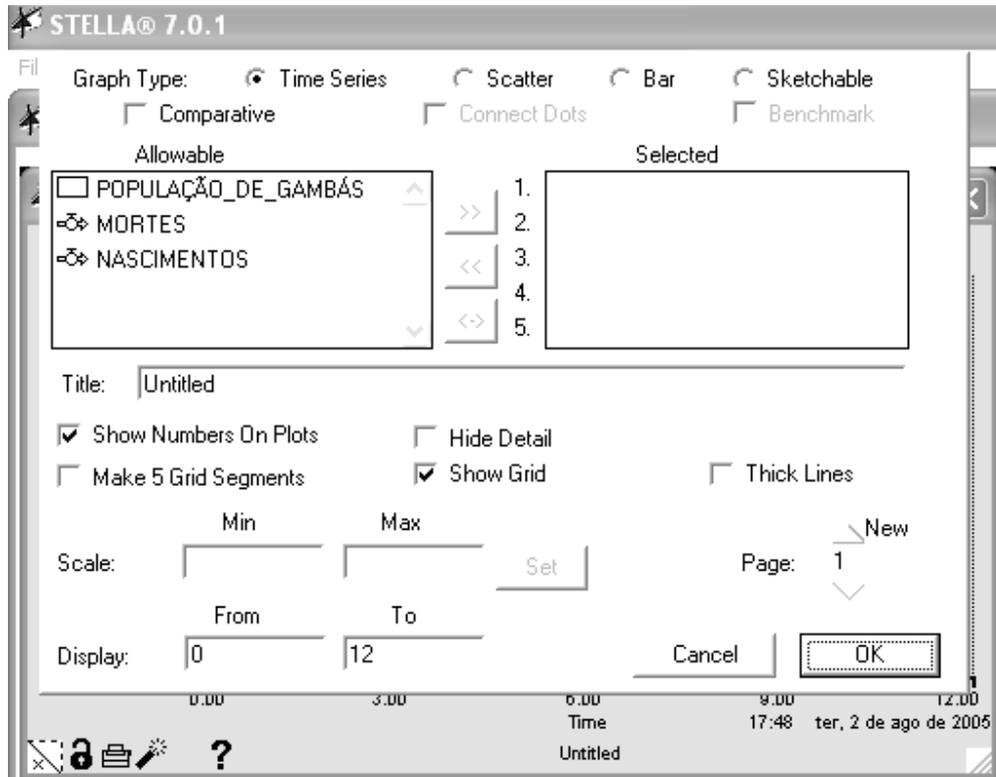
DOCUMENT: População Inicial = 500 gambas
UNIDADE: gambas
INFLOWS:
  -> NASCIMENTOS = 100
      DOCUMENT: nascem 100 gambas por ano
      UNIDADE: GAMBAS/ANO
OUTFLOWS:
  -> MORTES = 120
      DOCUMENT: Morrem 120 gambas a cada ano.
      UNIDADE: gambas/ano

```

**Figura 14** – Equações em STELLA para o modelo em estudo

Observe que você digitou a informação necessária para tudo, exceto para a primeira equação de “*População de Gambás*”. Cada equação de nível é automaticamente formulada pelo STELLA quando você insere as taxas, então tudo que você precisa fazer é definir o valor inicial.

16. Clique na seta superior  para voltar ao nível de construção do modelo.
17. Crie um gráfico clicando no ícone  e localize-o dentro da área de trabalho. O STELLA criará um atalho na tela. Dê um duplo clique neste atalho.
18. Dê um duplo clique no próprio gráfico (que ainda aparecerá vazio) para abri-lo. Quando a caixa de diálogo abre, nomeie o gráfico como “*População de Gambás*”. Duplo clique em “*População*” que aparece na lista de entradas disponíveis “*Allowable*” enviando-a para “*Selected*” de forma a ser utilizada no gráfico. Clique OK.



**Figura 15** – seleção de variáveis para construção de gráfico em STELLA

19. Selecione “Run Specs” no menu “Run”. Quando a caixa de diálogo mostrada na figura 16 aparecer, selecione “Years” (anos). Ajuste “Lenght of Simulation” (comprimento da simulação) de 0 a 10 (From: 0 e To: 10). Clique OK.

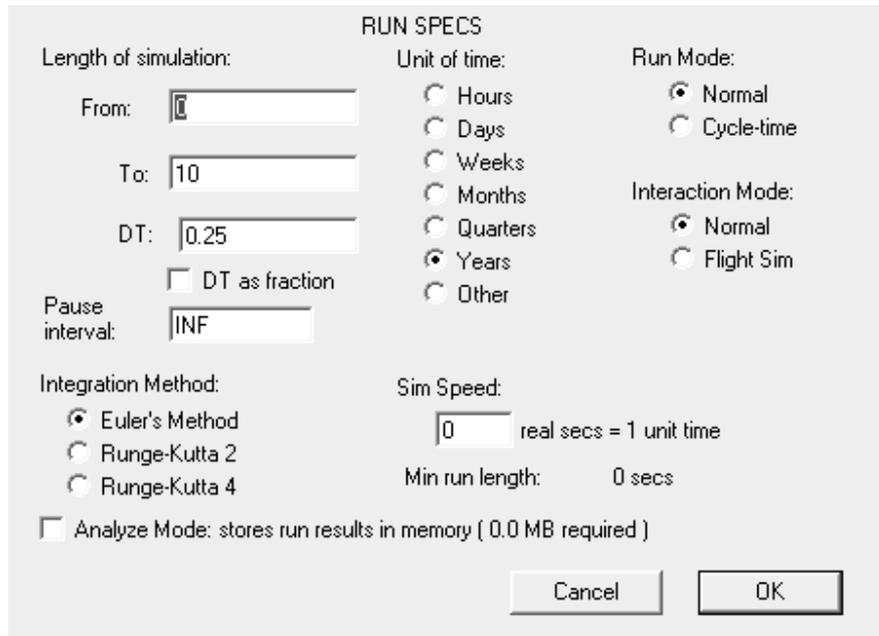
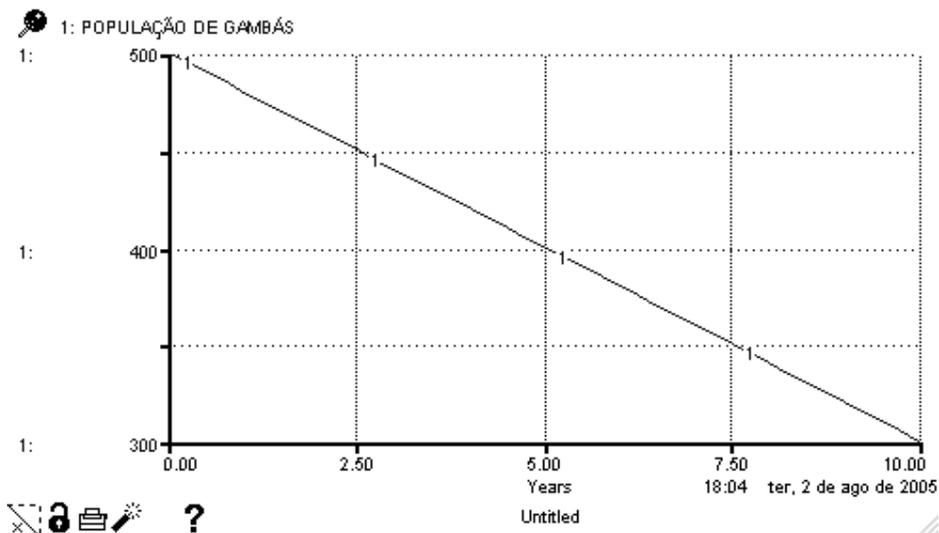


Figura 16 – Run Specs (Especificações para a rodagem do gráfico)

20. Para executar o gráfico, ou selecione “Run” a partir do menu “Run”, ou clique no canto inferior esquerdo no ícone  que habilitará uma pequena barra de ferramentas que ao clicar na seta a esquerda, rodará o gráfico, que deverá apresentar comportamento igual ao da figura 17 a seguir.



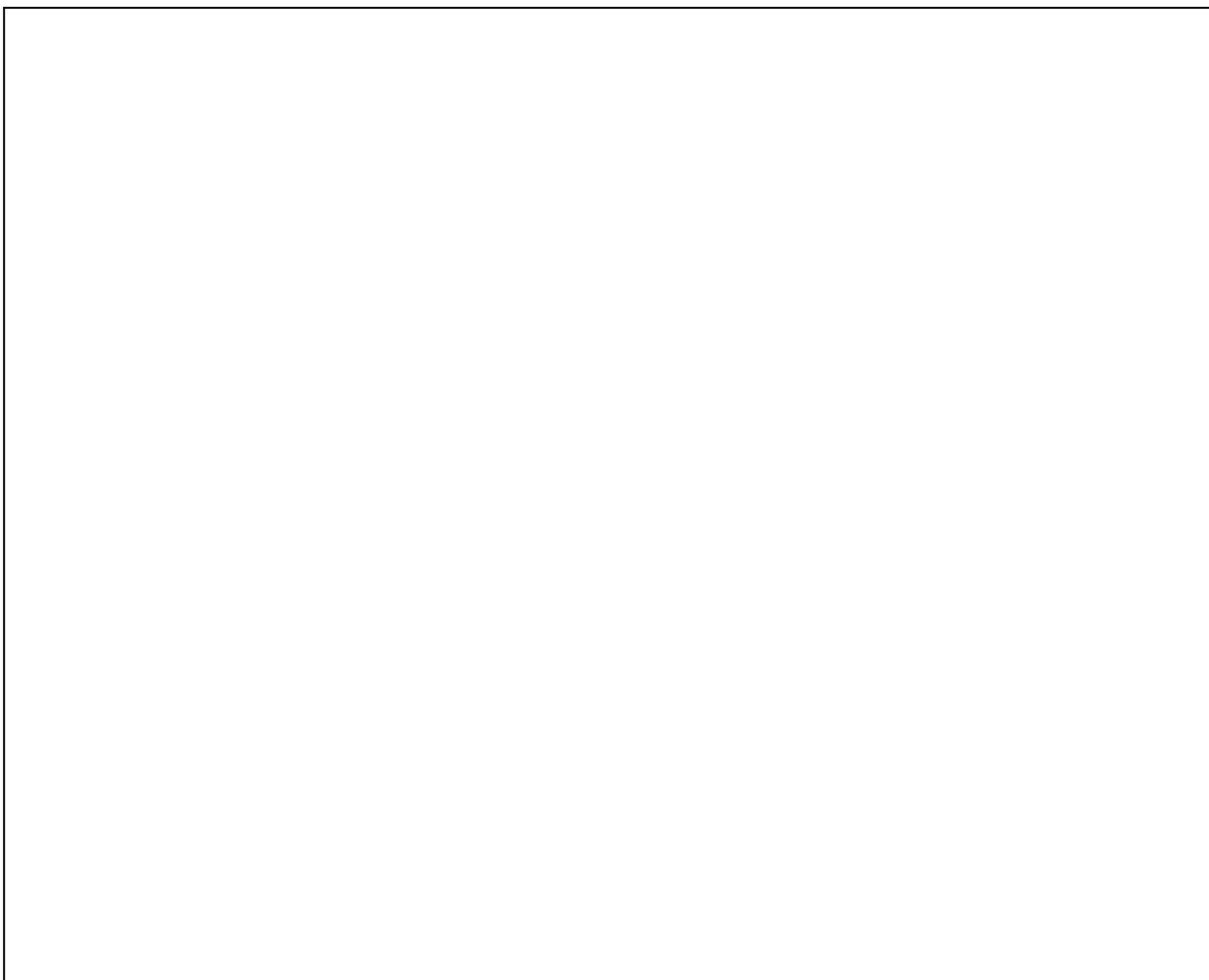
21. O gráfico mostra o comportamento do sistema População de Gambás. Quando uma rápida olhada no gráfico obtem-se a resposta para a questão: em dez anos, 300 gambás viverão na área gramada ao lado da estrada interestadual.

1. O que você consegue perceber com o exercício proposto e com a técnica de modelagem computacional?

## **ATIVIDADE 7 - TEMPO PREVISTO 60 MINUTOS**

### **DANDO CONTINUIDADE À CIDADES REGIONAIS**

Abram no SimCity a região criadas pela dupla na atividade 05. Continuem a ampliação da cidade. Procure manter os orçamentos compatíveis com a demanda, e crie zoneamento de acordo com a necessidade. Não esqueçam que o objetivo que almejado é a sustentabilidade sócio-ambiental das cidades sem perder os cidadãos que habitam a região. Abaixo anotem as dificuldades enfrentadas como prefeito e tentem relacioná-las com situações que observadas em cidades reais que vocês conhecem. Como vocês percebem a relação entre as diversas variáveis envolvidas na administração da cidade?



## **ATIVIDADE 8 - TEMPO PREVISTO 10 MINUTOS**

### **MODELAGEM EM STELLA :**

**Cenário:** a cidade de Boise, Idaho está construindo um novo depósito de lixo. A câmara municipal quer saber quão amplo o depósito ser em vinte anos para então poder planejar o futuro e alocar espaço suficiente para todo o lixo que será jogado fora no depósito. O lixo no depósito pode ser separado dentro de duas categorias: lixo que será rapidamente decomposto como armazenamento de papéis, e o lixo que levará um tempo muito longo para decomposição, tal como plásticos. A câmara de vereadores prevê que, ao final dos próximos vinte anos, os cidadãos de Boise irão descartar aproximadamente cinco mil galões de plástico por dia (aproximadamente 19.000 litros) no depósito de lixo.

### **Problema:**

Quantos galões de plástico conterà o depósito de lixo de Boise em 20 anos?

### **Dados para Resolução da Atividade:**

O plástico não tem uma decomposição significativa em um período de 20 anos, então você não precisa adicionar uma taxa de saída a partir do nível "Plástico em Lixões". Os cidadãos de Boise descartam 5.000 galões de plástico ao dia no lixão. Como o ano tem em média 365 dias, os cidadãos descartam  $5.000 * 365$  galões de plástico cada ano. Como o lixão é novo, o valor inicial para o estoque é 0.

### **Tarefas a serem executadas:**

Construam o modelo no STELLA, insiram as equações de acordo com os dados fornecidos e gerem o gráfico correspondente. Respondam a questão problema.

## ATIVIDADE 9 - TEMPO PREVISTO 20 MINUTOS

DINÂMICA URBANA<sup>62</sup>:

### Instruções para a atividade:

Abra o arquivo em STELLA, no diretório do curso chamado *Crescimento-Urbano-simulador.stm*. Analise o modelo, e então responda as questões.

### Cenário:

Um ciclo de vida da cidade é caracterizado por um período de crescimento econômico seguido por um período de transição em torno do equilíbrio. Durante o período de crescimento, a cidade parece economicamente saudável: atividades de negócios são expandidas e o desemprego é baixo. A “população” e o “número de estruturas de negócios” crescem rapidamente. Durante o período de transição, as condições se tornam menos desejáveis e chegam pressões que impedem que o crescimento siga mais longe. A taxa de “construção” de “estruturas de negócios” torna-se menor, e então impulsiona a taxa de “imigração” para a cidade. No equilíbrio, quando a “População” e o número de “estrutura de negócios” param o crescimento, a cidade sofre por problemas tais como alto desemprego.

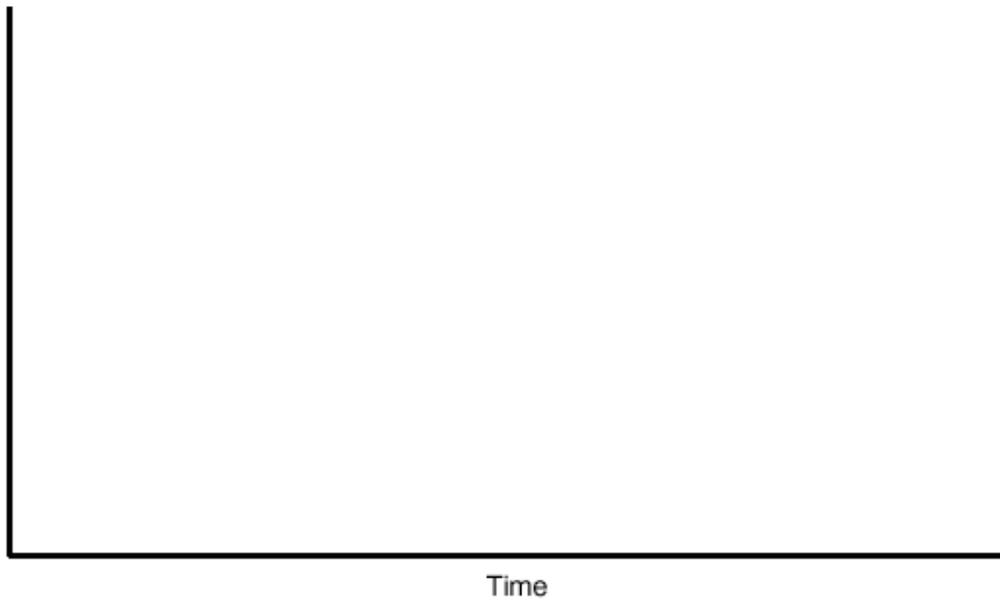
## Exploração Preliminar do Sistema Urbano

Por favor, responda as seguintes questões antes de continuar.

1. Qual é o problema que o modelo apontará? Qual é a razão para construção do modelo? O que são variáveis chave no sistema?
2. Rascunhe o comportamento esperado de todas as variáveis chave sobre um horizonte de tempo apropriado no gráfico em branco abaixo:

---

<sup>62</sup> Esta atividade foi baseada no Road Maps 6 (projeto do MIT de educação com a utilização da dinâmica de sistemas) disponível em <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html> e que, por sua vez utilizou como referência o trabalho de John Sterman e o modelo de estrutura adaptado a partir do modelo de população-negócios (POBSN) em *Introduction to Urban Dynamics*. Sterman, John 1981. Principles Of Systems I, 15.852/872, Fall 1981, Assignment #3: Urban Modeling Assignment (D-3296-1), System Dynamics Group, Massachusetts Institute of Technology. Alfeld, L. E., and Graham, A. K., 1976. Introduction to Urban Dynamics. Cambridge, MA: Productivity Press. O modelo POPBSN está desenvolvido no capítulo 5 .



**Figura 18** – Base para rascunhar o comportamento do sistema de acordo com o modelo mental do aluno.

**Problema:**

O rápido crescimento inicial de “População” e “Estrutura de Negócios” de um sistema urbano ultimamente oferece caminho para um subsequente equilíbrio estagnado caracterizado por um estreito, estático mercado de emprego. Após o crescimento inicial, o número total de oportunidades de emprego por trabalhador declina lentamente, como “Estrutura de Negócios” e “População” movendo-se em torno do equilíbrio. A razão para construção do modelo de crescimento urbano é para explicar o comportamento característico de crescimento logístico que o sistema exhibe. As variáveis chave do sistema são “Estrutura de Negócios”, “População” e “Disponibilidade de Mão-de-Obra”. O horizonte de tempo sobre o qual o comportamento ocorre é aproximadamente de 60 a 80 anos.

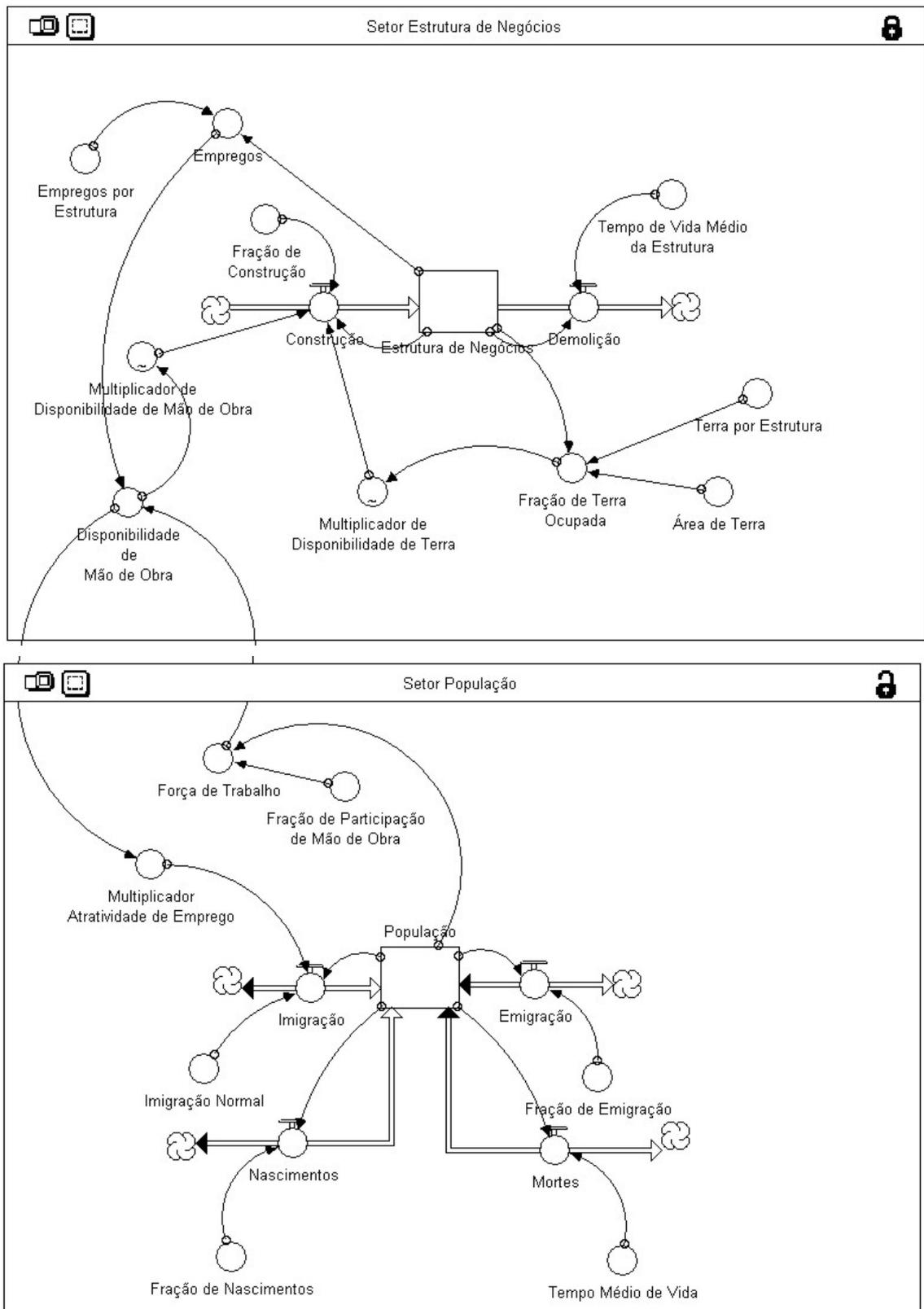


Figura 37 – Modelo em STELLA de simulação de crescimento urbano.

**Após ter feito a análise do modelo responda:**

Quais aspectos em comum ele apresenta como o game SimCity que você consegue perceber?

## **APÊNDICE 02 – Atividade Adicional**

## ATIVIDADE 10

### DINÂMICA URBANA<sup>63</sup>:

Neste exercício, o aluno irá construir um modelo para explicar crescimento e estagnação em uma área urbana.

#### Instruções para a atividade 10:

*Leia o material no item 1, e então responda as questões do item 2. O item 3 acrescenta descrições ao sistema e o 4 fornece instruções para construir um modelo simples em STELLA complementando a descrição. O modelo deve então ser utilizado para responder as questões dadas no item 5.*

#### Cenário:

Um ciclo de vida da cidade é caracterizado por um período de crescimento econômico seguido por um período de transição em torno do equilíbrio. Durante o período de crescimento, a cidade parece economicamente saudável: atividades de negócios são expandidas e o desemprego é baixo. A “população” e o “número de estruturas de negócios” crescem rapidamente. Durante o período de transição, as condições se tornam menos desejáveis e chegam pressões que impedem que o crescimento siga mais longe. A taxa de “construção” de “estruturas de negócios” torna-se menor, e então impulsiona a taxa de “imigração” para a cidade. No equilíbrio, quando a “População” e o número de “estrutura de negócios” param o crescimento, a cidade sofre por problemas tais como alto desemprego.

---

<sup>63</sup> Esta atividade foi baseada no Road Maps 6 (projeto do MIT de educação com a utilização da dinâmica de sistemas) disponível em <http://sysdyn.clexchange.org/road-maps/home.html> e que, por sua vez utilizou como referência o trabalho de John Sterman e o modelo de estrutura adaptado a partir do modelo de população-negócios (POBSN) em *Introduction to Urban Dynamics*. Sterman, John 1981. Principles Of Systems I, 15.852/872, Fall 1981, Assignment #3: Urban Modeling Assignment (D-3296-1), System Dynamics Group, Massachusetts Institute of Technology. Alfeld, L. E., and Graham, A. K., 1976. Introduction to Urban Dynamics. Cambridge, MA: Productivity Press. O modelo POPBSN está desenvolvido no capítulo 5 .

## Exploração Preliminar do Sistema Urbano

Por favor, responda as seguintes questões antes de continuar.

3. Qual é o problema que o modelo apontará? Qual é a razão para construção do modelo? O que são variáveis chave no sistema?
4. Rascunhe o comportamento esperado de todas as variáveis chave sobre um horizonte de tempo apropriado no gráfico em branco abaixo:

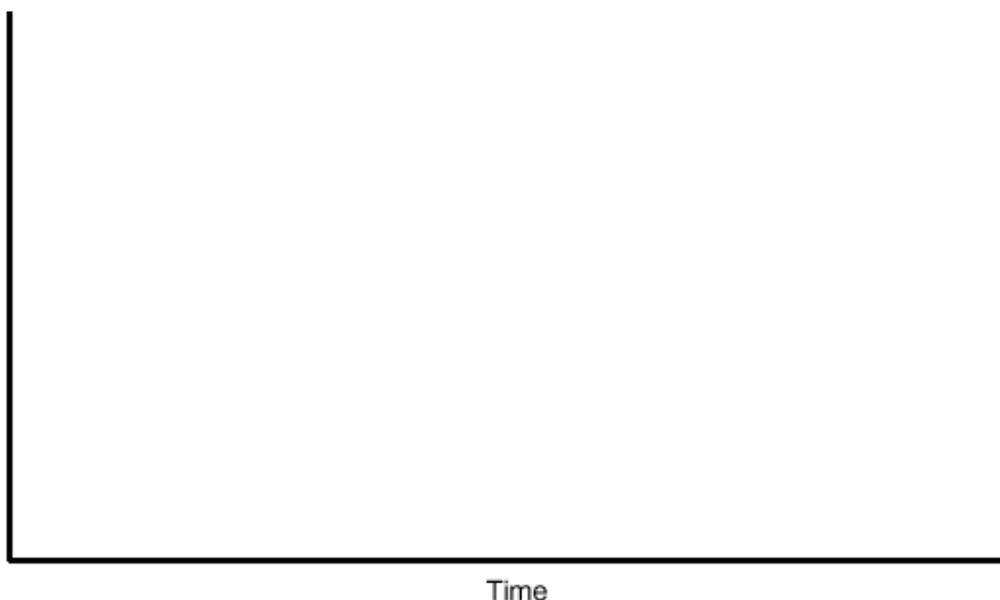


Figura 35 – Base para rascunhar o comportamento do sistema de acordo com o modelo mental do aluno.

### Descrição Geral do Sistema Urbano

A disponibilidade de “Empregos” e promessa de salários maiores são motivações primárias para “imigração” a uma área urbana. Pessoas tendem a mover-se para áreas onde oportunidades de emprego são favoráveis. Notícias televisivas, histórias em jornais, propagandas, comunicados verbais, recrutamento industrial, tudo tende a criar percepções de salários maiores e vastas oportunidades em áreas onde a “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é baixa. Na outra mão, em áreas onde “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é alta, condições de emprego são percebidas por serem relativamente desfavoráveis<sup>64</sup>. As pessoas tendem a migrar para cidades que sejam percebidas como capaz de oferecer mais oportunidades de emprego.

---

<sup>64</sup> “Disponibilidade de Mão-de-Obra”, como será definida no modelo de crescimento urbano, é o raio da “Força de Trabalho” na área urbana para o número total de empregos. Quando a “Força de Trabalho” é maior do que o número de “Empregos” (“Disponibilidade de Mão-de-Obra é maior do que 1), nem todos os trabalhadores na área podem encontrar “Empregos”, e a área

Quando pessoas movem-se para dentro ou para fora de uma área, elas adicionam ou subtraem, a partir dos números populacionais, a “Força de Trabalho” (capacidade de pessoal). O setor de negócios não pode ignorar a “Disponibilidade de Mão-de-Obra” em suas decisões de localização e expansão. Compreensivelmente a disponibilidade de mão-de-obra permite ampla flexibilidade na escolha de empregados e encurtamento do tempo necessário para preencher vagas em aberto. Além do mais, alta “Disponibilidade de Mão-de-Obra” tende a diminuir a competição de salários entre negócios (empresas que pagam mais para “roubar” empregados de outra).

### **Intruções Detalhadas para Construção do Modelo de Crescimento Urbano**

O modelo de crescimento urbano que o aluno é solicitado a construir na seção deve estar focado na dinâmica de população e crescimento de negócios dentro de uma área selecionada de uma cidade. O modelo deve conter dois setores: “Estrutura de Negócios” e “População”.

#### ***O setor “Estrutura de Negócios”***

O setor “Estrutura de Negócios” é composto de um nível chamado “Estrutura de Negócios” com valor inicial de 1000. O número de negócios da “Estrutura de Negócios” aumenta devido a uma taxa de “Construção” e diminui devido a taxa de “Demolição”. A taxa de “Demolição” é determinada pelo número de “Estruturas de Negócios” existentes e o “Tempo de vida média da Estrutura” de 50 anos. A taxa de “Construção” pode ser modelada como um produto da variável “Estrutura de Negócios” e diversos fatores<sup>65</sup>:

- Uma “Fração de Construção” representa “Construção” como 2% de “Estrutura de Negócios” sob condições normais – onde exista terras abundantes, e disponibilidade de mão-de-obra equilibrada com a disponibilidade de empregos. A “Fração de Construção” então tem um valor de 0.02.
- Um “Multiplicador de disponibilidade de Terrenos” é uma função não linear da “Fração de Terrenos Ocupados”. “Fração de Terrenos Ocupados” é definida como o número de “Estrutura de Negócios” multiplicado pela média “Terrenos por Estrutura” (1 acre por estrutura), e dividido pela “Área de Terra” de 5000 acres. Quando quase toda “Área de Terra” está disponível, o “Multiplicador de Disponibilidade de Terrenos”, e então “Construção”, é um pouco baixa porque existem uns muito poucos negócios no entorno para prover capital. Conforme a “Área de Terra” é mais ocupada, o efeito em “Construção” aumenta. Finalmente, a “Área de Terra” é esgotada, e o “Multiplicador de Disponibilidade de Terra” e “Construção” cai novamente, chegando a zero quando toda a “Área de Terra” é ocupada. Em equilíbrio, o “Multiplicador de Terra Disponível” é igual a 1.

---

experimenta o desemprego. Então, “Disponibilidade de Mão-de-Obra” representa o conceito de desemprego do ponto de vista dos negócios.

<sup>65</sup> Em Dinâmica de Sistemas, taxas são frequentemente definidas como um nível multiplicado por um ou mais fatores. Estes fatores, podem ser agregados dentro do formato de um valor “normal” e um ou mais multiplicadores. O normal representa o raio de uma taxa par o nível sob condições padrões de equilíbrio, enquanto os multiplicadores representam o total de modificações ao redor do valor de 1 para incluir os efeitos de condições variantes no sistema. Ele é considerado uma boa prática se todos os multiplicadores são iguais a 1 em equilíbrio.

- Um “Multiplicador de Disponibilidade de Mão-de-Obra” é uma função não linear de “Disponibilidade de Mão-de-Obra”. “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é o raio de “Força de Trabalho” para “Empregos”. “Força de Trabalho” é o produto da “População” e a “Fração de Participação de Mão-de-Obra” de 0.35, ou 35%. “Empregos” é o produto de “Estrutura de Negócios” e 20 “Empregos por Estrutura”. Quando “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é maior do que 1 (“Força de Trabalho” é mais ampla do que “Empregos”), os negócios são mais aptos para construir novas “Estruturas de Negócios”. Quando “Disponibilidade de Mão-de-Obra” desce abaixo de 1, o “Multiplicador de Disponibilidade de Mão-de-Obra” e “Construção” desce. Em equilíbrio, o “Multiplicador de Disponibilidade de Mão de Obra” é igual a 1.

### ***O setor “População”***

O setor “População” consiste de um nível chamado “População”. O valor inicial de “População” é 50.000 pessoas. “População” aumenta através das taxas de “Nascimentos” e “Imigração”, e diminui através das taxas de “Mortes e “Emigração”. A taxa de “Nascimentos” é um percentual constante da “População”. Aproximadamente 1.5 pessoas nascem por cada 100 pessoas por ano. A taxa de “Mortes” também é um percentual constante de “População”. A “Média de Tempo de Vida” de uma pessoa é aproximadamente 67 anos. A taxa de “Emigração” é igual a 8% da “População” existente. A taxa de “Imigração” é também um produto da “População” além de diversos fatores:

- A “Imigração Normal” de 8% é a fração da “População” que Imigra para dentro da cidade a cada ano sob condições normais. O “Multiplicador da Atratividade de Empregos” depende da “Força de Trabalho”. Quando existem muitos empregos disponíveis (“Disponibilidade de Mão-de-Obra” é menor de 1 porque “Força de Trabalho” é menor do que “Empregos”), o “Multiplicador de Atratividade de Empregos” aumenta para valores maiores do que 1. As pessoas são inclinadas a mudarem-se para a cidade. Quando empregos disponíveis são raros (“Disponibilidade de Mão-de-Obra” é maior do que 1 porque “Força de Trabalho” é maior do que “Empregos”), o “Multiplicador da Atratividade de Empregos” diminui para valores entre 0 e 1. As pessoas tendem a não imigrar para a cidade.

### **Exploração do Modelo de Crescimento Urbano**

O estado inicial trabalha com a hipótese como para porque “Estrutura de Negócios” e “População” crescimento inicial e Finalmente se torna estagnado. Use a descrição acima para ajudar com a resposta.

Usando as intruções a partir da seção 3.4, planeje em STELLA os dois setores em interação das “Estruturas de Negócios” e a “População”.

Defina os elementos no modelo e entre corretamente com as equações no computador. Esteja certo de indicar claramente nenhuma hipótese numérica não informada acima (ex.: valores assumidos em “funções gráficas” não lineares). Tente fazer o modelo claro de forma que outros possam entender sua estrutura facilmente. Então simule o modelo. Fez o modelo produzir um comportamento similar ao previsto facilmente?

O que causa o crescimento de “População” e “Estrutura de Negócios” de uma área urbana durante os anos iniciais de seu desenvolvimento? Use a estrutura do modelo para responder esta questão. Como a resposta se refere a resposta da questão 2?

Qual é o comportamento de “Disponibilidade de Mão-de-Obra” durante o ciclo de vida de uma área urbana? O que causa o comportamento?

Como a “Área de Terra” finita vem limitar crescimento? Toda a “Área de Terra” será preenchida em equilíbrio?

Use o modelo para mostrar os efeitos da anexação de terras circundantes para aumentar a “Área de Terra” para 7500 acres. Inicialize o modelo em equilíbrio. Use a função STEP em toda a “Área de Terra” em 10 anos. Como o comportamento se altera? Toda a “Área de Terra” será preenchida em equilíbrio?

A hipótese de uma “Área de Terra” fixada invalidaria o modelo? A maioria das cidades pode e tem suas áreas originais expandidas. Como tais expansões influenciam os resultados dados pelo modelo? Por exemplo, quais seriam as consequências prováveis de expandir a “Área de Terra” dentro do qual o crescimento da cidade é permitido? Simule o modelo com uma sequência de tais expansões, digamos por a cada 20 anos.

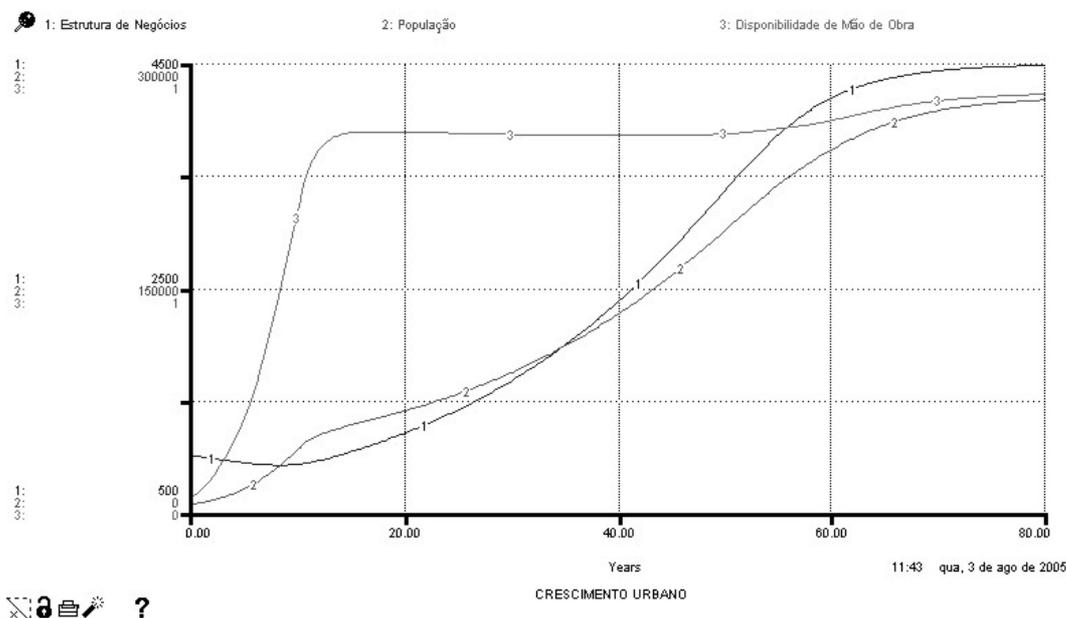
Para inicializar o modelo no equilíbrio, primeiro encontre os valores de equilíbrio dos dois níveis, “Estruturas de Negócios” e “População”, da rodagem básica do modelo. Então entre os valores de equilíbrio com valores iniciais dos respectivos níveis. O modelo deve agora permanecer em equilíbrio durante a simulação toda. O modelo deve então ficar em um estado estacionário. Evolui no tempo, mas as variáveis ficam sempre com os mesmos valores.

## SOLUÇÃO PARA O EXERCÍCIO DE DINÂMICA URBANA

O mostrado a seguir é um conjunto possível de soluções para a questão colocada no exercício em crescimento urbano.

### Problema:

O rápido crescimento inicial de “População” e “Estrutura de Negócios” de um sistema urbano ultimamente oferece caminho para um subsequente equilíbrio estagnado caracterizado por um estreito, estático mercado de emprego. Após o crescimento inicial, o número total de oportunidades de emprego por trabalhador declina lentamente, como “Estrutura de Negócios” e “População” movendo-se em torno do equilíbrio. A razão para construção do modelo de crescimento urbano é para explicar o comportamento característico de crescimento logístico que o sistema exibe. As variáveis chave do sistema são “Estrutura de Negócios”, “População” e “Disponibilidade de Mão-de-Obra”. O horizonte de tempo sobre o qual o comportamento ocorre é aproximadamente de 60 a 80 anos. A figura 09 mostra um gráfico do comportamento esperado das variáveis chave. O esquema mostra a transição para o equilíbrio com alta “Disponibilidade de Mão-de-Obra” (desemprego) que foi descrita anteriormente.



**Figura 36** – Comportamento esperado das variáveis em estudo.

A “Construção” de “Estrutura de Negócios” é encorajada quando “Fração de Terra Ocupada” é baixa, mas torna-se restrita com a “Área de Terra” preenchida. Pessoas são atraídas para a cidade em primeiro lugar quando o “Multiplicador de Atratividade de Empregos” é alta. Como “População” aumenta, “Disponibilidade de Mão-de-Obra” aumenta para manter ritmo com expansão de negócios, e em consequência encoraja desenvolvimento adicional. O sucesso dos investimentos prévios também atraem mais desenvolvimento. Finalmente, o aumento “Fração de Terra Ocupada” diminui o “Multiplicador de Disponibilidade de Terra”, e então causa queda em

“Construção”. A situação de emprego deteriora porque “Construção” de negócios não acompanha a demanda por empregos. A cidade fica estagnada com uma deficiência em empregos e a maioria da “Área de Terra” está ocupada. A escassez de emprego compensa a atratividade pertencente da área para migrantes potencial.

A figura 10, na próxima página, mostra um modelo em STELLA para o sistema de crescimento urbano. O modelo detalhado e equações estão incluídas no final da atividade.

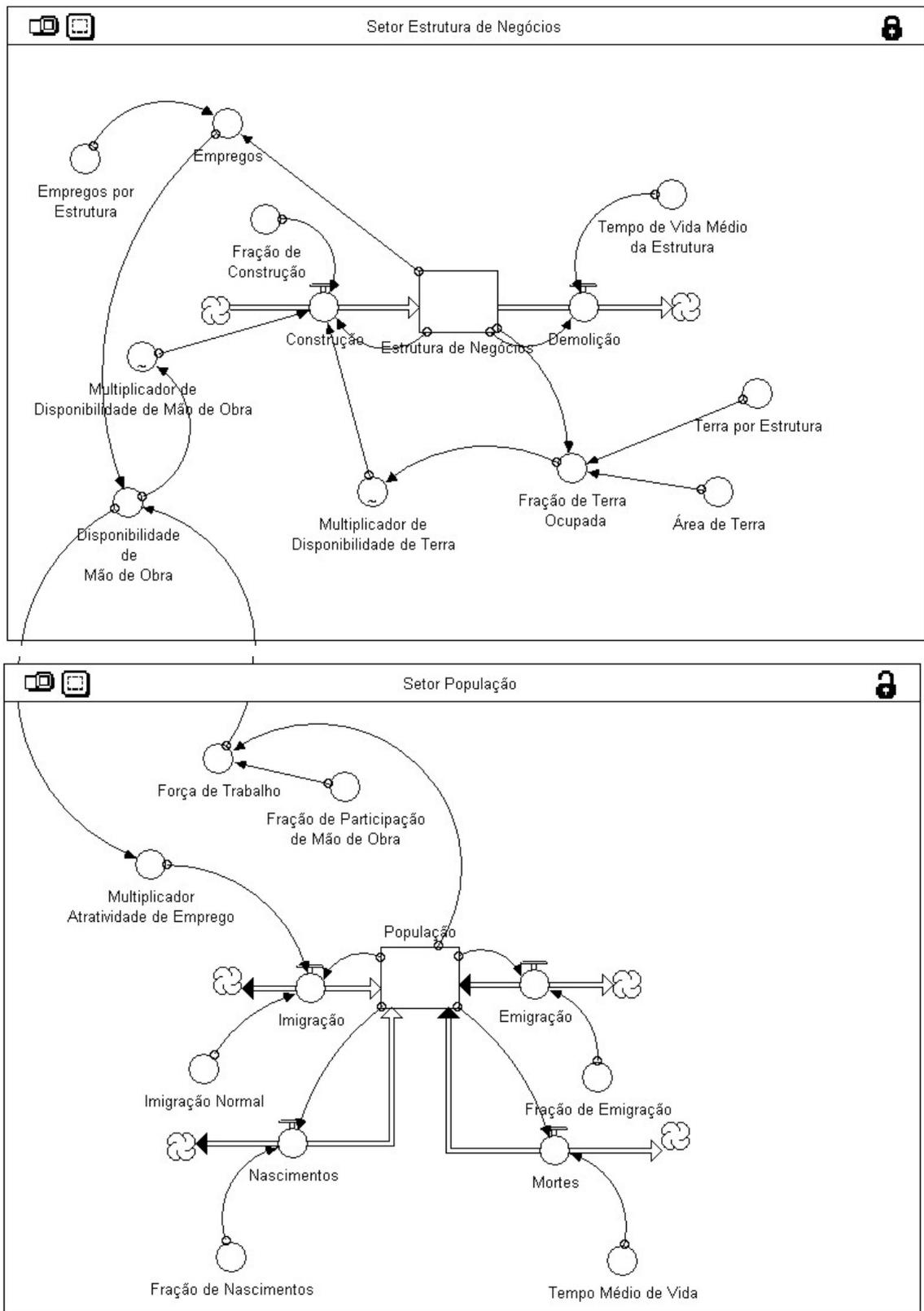
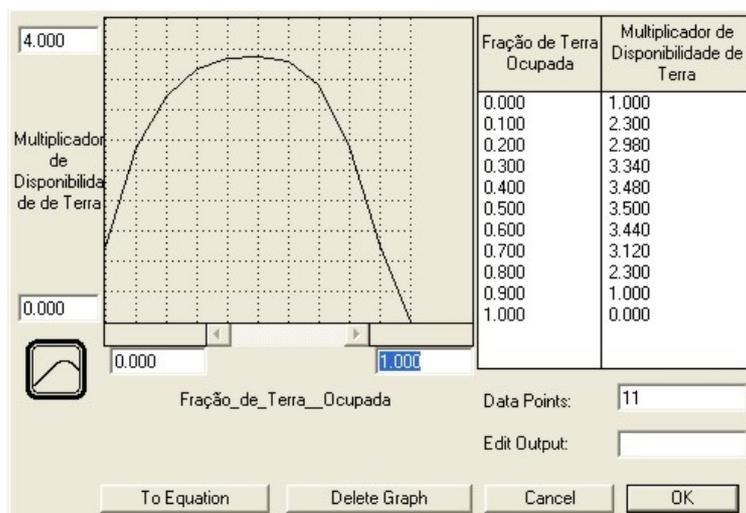


Figura 37 – Modelo em STELLA de simulação de crescimento urbano.

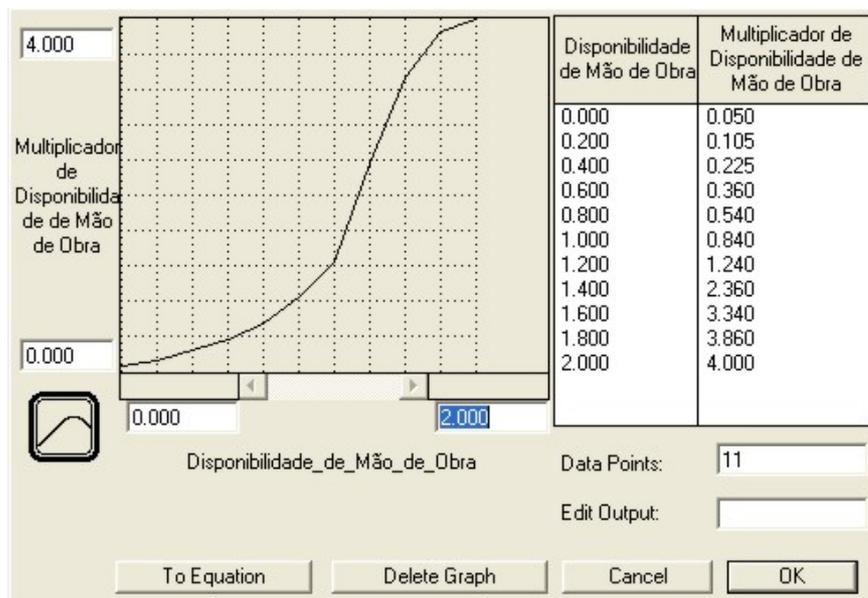
O modelo é uma implementação simples da descrição dada anteriormente. O setor “Estrutura de Negócios” consiste de um estoque, “Estrutura de Negócios”, o qual é preenchido por “Construção” e esvaziada por “Demolição”. “Demolição” é definida pela formulação do tempo de vida média familiar: o número de “Estrutura de Negócios” existentes multiplicada por uma “Fração de Construção” e dois multiplicadores, o “Multiplicador de Terra Disponível” e o “Multiplicador de Disponibilidade de Mão-de-Obra”. O “Multiplicador de Disponibilidade de Terra” incorpora o efeito do desenvolvimento limitado pela “Área de Terra” na taxa de “Construção”. Ela é determinada pela “Fração de Terra Ocupada”, o qual é a quantidade de terra ocupada por “Estrutura de Negócios” dividida pelo total “Área de Terra” disponível para desenvolvimento comercial. Para valores baixos de “Fração de Terra Ocupada”, aumentando o desenvolvimento de negócios conduzirá para maiores valores de “Multiplicador de Disponibilidade de Terra”. Os altos valores ocorrem devido a mais avançadas infraestruturas associadas com desenvolvimento mais denso. Como a “Fração de Terra Ocupada” aumenta mais, mais se torna desejável a terra que é usada e os preços começam a subir, então “Construção” diminui. Finalmente, quando toda a “Área de Terra” é muito usada e a “Fração de Terra Ocupada” é 1, “Construção” pode chegar a zero. A função gráfica para o “Multiplicador” é mostrado na figura 38.



**Figura 38** - “Multiplicador de Disponibilidade de Terra” como uma função de “Fração de Terra Ocupada”.

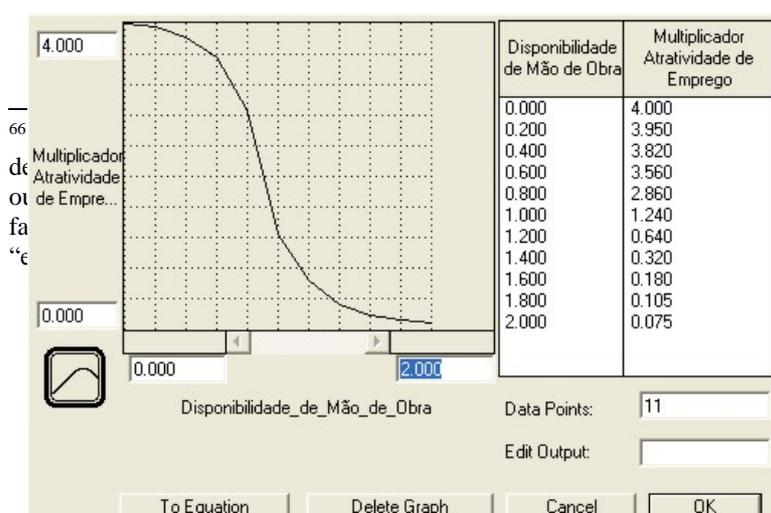
O “Multiplicador de Disponibilidade de Mão-de-Obra” incorpora o efeito de recursos humanos variantes na “Construção de novas “Estruturas de Negócios”. Ela é determinada pelo valor de “Disponibilidade de Mão-de-Obra”, o raio de “Força de Trabalho” para “Empregos”. Quando “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é baixa, existe pouco incentivo para construir novas “Estruturas de Negócios” devido a dificuldade de encontrar empregados. O multiplicador de “Disponibilidade de Mão-de-Obra” não vai a zero porque alguma “Construção” ainda ocorrerá com base na hipótese dos investidores que a criação de “Empregos” causará “Imigração”. Como o multiplicador “Disponibilidade de Mão-de-Obra” aumenta, incentiva a construir novas “Estruturas de Negócios”. Finalmente, a “Força de Trabalho” excede o número de “Empregos” para com aptidão suficientemente extensa para que os efeitos do alto desemprego sobreponha as vantagens de “Disponibilidade de Mão-de-Obra”, então o fator “Multiplicador de Disponibilidade de Mão-de-Obra” tende a se

estabilizar. A função gráfica para o fator “Multiplicador de Disponibilidade de Mão-de-Obra” é mostrado na figura 39.



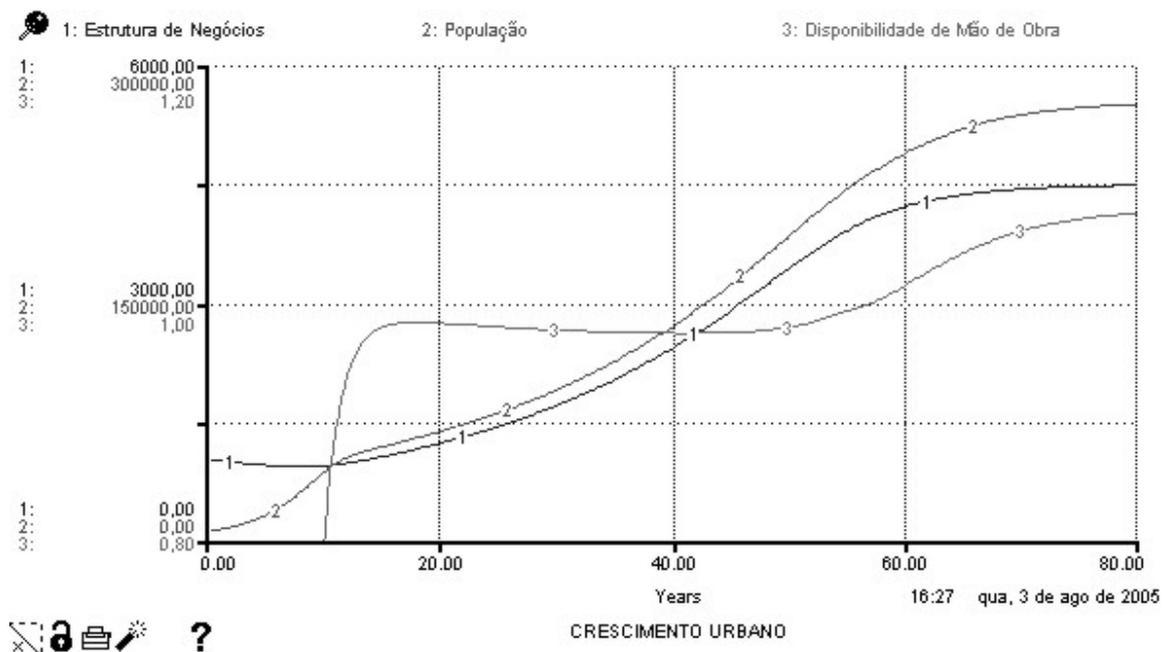
**Figura 39** - “Multiplicador Disponibilidade de Mão-de-Obra” como uma função de “Disponibilidade de Mão de Obra”.

O setor “População” contém o nível “População” que é afetado por “Nascimentos”, “Mortes”, “Imigração” e “Emigração”. “Nascimentos equivale a 1.5% da população por ano. “Mortes”, equivale a “População” dividido pelo “Tempo médio de Vida” de 67 anos. Emigração” é definida como sendo uma constante de 8% da “População” por ano<sup>66</sup>. “Imigração” é definida como a “População” multiplicada pela “Imigração Normal” de 8% ao ano e um fator “Multiplicador de Atratividade de Emprego”. O “Multiplicador Atratividade de Emprego” mostra o efeito da “Disponibilidae de Mão-de-Obra” no número de pessoas migrando para dentro da area urbana. Quando “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é baixa, o Mercado de empregos é muito favorável para a parte de trabalho da “População”. O número de “Empregos” exceed a “Força de Trabalho”, então bons “Empregos” são relativamente fáceis para conseguir. Naturalmente, pessoas são atraídas para dentro da área urbana, então o “Multiplicador de Atratividade de Emprego” é maior do que 1. A curva é quase horizontal a extrema esquerda porque é suposto que quando as condições já são extremamente favoráveis, pequenas alterações em um caminho ou outro terão pequenos efeitos. Como a “Disponibilidade de Mão-de-Obra” aumenta, as condições de emprego começam a decrescer, então a tendência para migração na área decai. Finalmente quando as condições são extremamente miseráveis, o “Multiplicador de Atratividade de Emprego” cai próximo a zero. Neste ponto, quase não existe nenhuma “Imigração”. A função gráfica de “Multiplicador de Atratividade de Emprego” é mostrado na figura 40.



jogo e não se mostra como uma variável a satisfação de determinadas necessidades à demissão ou falência da mesma. Outros segurança, etc. São capazes de atrair ou idades reais.

**Figura 40 - “Multiplicador Atratividade de Emprego” como uma função de “Disponibilidade de Mão de Obra”.**



**Figura 41 – comportamento básico do modelo de crescimento urbano.**

Na primeira parte do modelo de simulação, a cidade é atrativa para moradores e pessoas planejam mudar-se para a cidade porque “Empregos” são satisfatoriamente disponíveis (“Disponibilidade de Mão-de-Obra é menor do que 1). O aumento de “População” e o sucesso de investimentos prévios demonstram o potencial para mais crescimento e a lucratividade de “Construção” de “Estruturas de Negócios”. O desenvolvimento da infraestrutura urbana causada pela expansão de negócios permite que ocorram ainda mais desenvolvimento. A disponibilidade continuada de “Área de Terra” durante o estágio de crescimento permite aos negócios novas “Construções” para avançar o aumento de “População” e então as pessoas continuam a ser atraídas pelas oportunidades de emprego na área. As hipóteses expressas na resposta para a questão 2 identifica corretamente as razões para o crescimento inicial.

O rápido crescimento inicial em “Disponibilidade de Mão-de-Obra” é devido aos valores iniciais de “População” e “Estrutura de Negócios” que estão fora de equilíbrio entre si. Após a fase de crescimento inicial de “Estrutura de Negócios, durante a qual “Disponibilidade de Mão-de-Obra” declina levemente (em outras palavras,

disponibilidade de emprego melhora levemente), “Empregos” começam a se tornar menos disponíveis para a média de desempregados (“Disponibilidade de Mão-de-Obra” começa a aumentar). A disponibilidade de “Empregos” mais baixa ocorre porque “Empregos” começam a crescer de forma mais lenta do que “População” uma vez que a “Área de Terra” limita a lenta “Construção” de negócios. O aumento em “Disponibilidade de Mão-de-Obra” (correspondente ao declínio em disponibilidade de emprego) continua até uma taxa de desemprego ampla o bastante para gerar um desencorajamento em “Imigrações”.

Como observado no início, em equilíbrio, um déficit de emprego deve existir em um sistema a fim de compensar a atratividade inerente da área.

A limitação de uma “Área de Terra” fixada limita crescimento por tornar “Construções” de “Estruturas de Negócios” adicionais cada vez menos economicamente justificáveis. O modelo atinge o equilíbrio quando o “Multiplicador de Disponibilidade de Terra” é igual a 1, e dessa forma reduz “Construção” até que ela esteja igual a “Demolição. Devido a “Construção” necessitar ser maior do que zero, a “Fração de Terra Ocupada” deve ser menos do que 1 em equilíbrio. Na base utilizada para geração dos gráficos, 90% da “Área de Terra” está ocupada em equilíbrio.

A figura 42 mostra o efeito de se anexar 50% de “Área de Terra” extra ao zoneamento para permitir ainda mais expansão urbana. Esta é uma política comum usada para conter os efeitos de estagnação urbana. O modelo foi inicializado em estado de equilíbrio com um valor final de equilíbrio a partir da base de execução do modelo. No ano 10, a “Área de Terra” disponível foi aumentada de 5000 para 7500 acres. A figura abaixo mostra que ao expandir a “Área de Terra” disponível cria-se uma nova expansão de “Estruturas de Negócios” e “População”. A expansão causa melhores condições de emprego, mas a ajuda é somente temporária e o mesmo problema de alta “Disponibilidade de Mão-de-Obra” em equilíbrio existe. Novamente, somente 90% da “Área de Terra” é ocupada em equilíbrio.

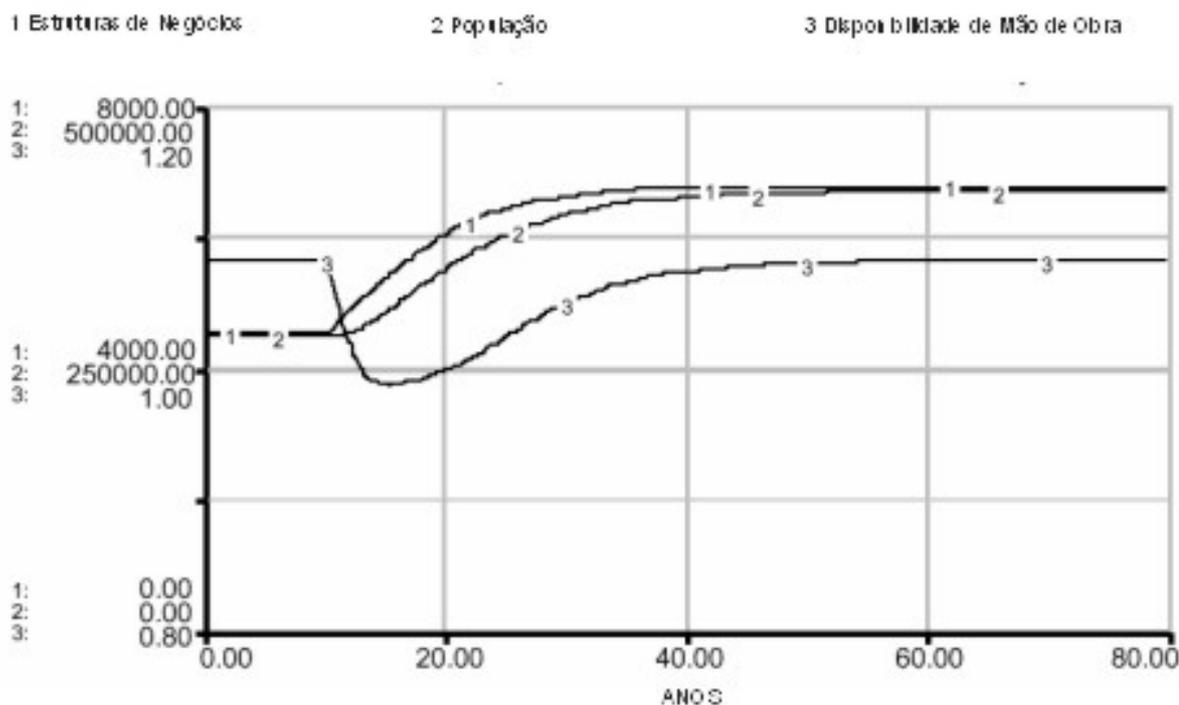


Figura 42 – Equilíbrio com 50% de aumento em “Área de Terra” disponível.

Supor uma “Área de Terra fixa seria simplificar a vida real. Cidades expandem seus limites geográficos, algumas vezes dramaticamente (considerando Los Angeles e Cidade do México por exemplo). Quando a “Área de Terra” total disponível é expandida no simples modelo de simulação de dois níveis que mostramos aqui, “Estruturas de Negócios” e “População” crescem para preencher a mais ampla “Área de Terra”. Entretanto, o sistema ainda se equilibra com alta “Disponibilidade de Mão-de-Obra” (desemprego). Se uma série de expansões de “Área de Terra” disponível é testada, cada expansão estimulará ainda mais crescimento. Cada crescimento adicional diminuirá “Disponibilidade de Mão-de-Obra” em um curto prazo, devido ao aumento de “Construção” de negócios. Entretanto, como cada período de crescimento abre caminho para um novo equilíbrio, “Disponibilidade de Mão-de-Obra” aumentará novamente a valores de equilíbrio anteriores. Entretanto, expandindo os limites geográficos da cidade conduzirá para um melhoramento temporário na disponibilidade de “Empregos”, mas a melhora será finalmente revertida a medida que as novas “Áreas de Terra” são preenchidas. O alto desemprego em equilíbrio pode somente ser prevenido se a cidade continuar a crescer indefinidamente. Uma vez que nenhuma cidade pode ser expandida indefinidamente, analisando crescimento dentro de uma “Área de Terra” fixada torna-se uma abordagem útil para estudo de tipos de pressões que possam limitar crescimento.

## EQUAÇÕES PARA O MODELO DE CRESCIMENTO URBANO

### Setor Estrutura de Negócios

- $Estrutura\_de\_Negócios(t) = Estrutura\_de\_Negócios(t - dt) + (Construção - Demolição) * dt$   
INIT Estrutura\_de\_Negóci0s = 1000  
INFLOWS:  
    ↔ Construção =  
         $Estrutura\_de\_Negócios * Fração\_de\_Construção * Multiplicador\_de\_Disponibilidade\_de\_Mão\_de\_Obra * Multiplicador\_de\_Disponibilidade\_de\_Terra$   
OUTFLOWS:  
    ↔ Demolição =  $Estrutura\_de\_Negócios / Tempo\_de\_Vida\_Médio\_da\_Estrutura$
- Área\_de\_Terra = 5000
  - Disponibilidade\_de\_Mão\_de\_Obra = Força\_de\_Trabalho/Empregos
  - Empregos =  $Estrutura\_de\_Negócios * Empregos\_por\_Estrutura$
  - Empregos\_por\_Estrutura = 20
  - Fração\_de\_Terra\_\_Ocupada =  $Estrutura\_de\_Negócios * Terra\_por\_Estrutura / Área\_de\_Terra$
  - Fração\_de\_\_Construção = .02
  - Tempo\_de\_Vida\_Médio\_da\_Estrutura = 50
  - Terra\_por\_Estrutura = 1
  - Multiplicador\_de\_Disponibilidade\_de\_Mão\_de\_Obra =  
 GRAPH(Disponibilidade\_de\_Mão\_de\_Obra)  
(0.00, 0.05), (0.2, 0.105), (0.4, 0.225), (0.6, 0.36), (0.8, 0.54), (1.00, 0.84), (1.20, 1.24), (1.40, 2.36), (1.60, 3.34), (1.80, 3.86), (2.00, 4.00)
  - Multiplicador\_de\_Disponibilidade\_de\_Terra = GRAPH(Fração\_de\_Terra\_\_Ocupada)  
 (0.00, 1.00), (0.1, 2.30), (0.2, 2.98), (0.3, 3.34), (0.4, 3.48), (0.5, 3.50), (0.6, 3.44), (0.7, 3.12), (0.8, 2.30), (0.9, 1.00), (1, 0.00)

### Setor População

- $População(t) = População(t - dt) + (Imigração + Nascimentos - Emigração - Mortes) * dt$   
INIT População = 5000  
INFLOWS:  
    ↔ Imigração =  $População * Imigração\_Normal * Multiplicador\_Atratividade\_de\_Emprego$   
    ↔ Nascimentos =  $População * Fração\_de\_Nascimentos$   
OUTFLOWS:  
    ↔ Emigração =  $População * Fração\_de\_Emigração$   
    ↔ Mortes =  $População / Tempo\_Médio\_de\_Vida$
- Força\_de\_Trabalho =  $População * Fração\_de\_Participação\_de\_Mão\_de\_Obra$
  - Fração\_de\_Emigração = .08
  - Fração\_de\_Nascimentos = .015
  - Fração\_de\_Participação\_de\_Mão\_de\_Obra = .35
  - Imigração\_Normal = .08
  - Tempo\_Médio\_de\_Vida = 66.7
  - Multiplicador\_Atratividade\_de\_Emprego = GRAPH(Disponibilidade\_de\_Mão\_de\_Obra)  
 (0.00, 4.00), (0.2, 3.95), (0.4, 3.82), (0.6, 3.56), (0.8, 2.86), (1.00, 1.24), (1.20, 0.64), (1.40, 0.32), (1.60, 0.18), (1.80, 0.105), (2.00, 0.075)

Figura 43 – Equações detalhadas do modelo de crescimento urbano.