

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA MULTIDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO DO MESTRADO  
MODELAGEM COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

ERALDO ALVES DA SILVA NETO

**MODELO BASEADO EM RBC USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS PARA  
AUXILIAR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL UTILIZANDO CASOS NO  
CONTEXTO DO GERENCIAMENTO DO “LIXO” ELETRÔNICO**

MACEIÓ

2013

ERALDO ALVES DA SILVA NETO

**MODELO BASEADO EM RBC USANDO ALGORITMOS GENÉTICOS PARA  
AUXILIAR NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL UTILIZANDO CASOS NO  
CONTEXTO DO GERENCIAMENTO DO “LIXO” ELETRÔNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Modelagem Computacional de Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Arturo Hernández-Domínguez.

MACEIÓ

2013

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Helena Cristina Pimentel do Vale

S586m Silva Neto, Eraldo Alves.  
Modelo baseado em RBC usando algoritmos genéticos para auxiliar na educação ambiental utilizando casos no contexto do gerenciamento do “lixo” eletrônico / **Eraldo Alves** Silva Neto. – 2013.  
108 f. : il.

Orientador: Fábio Paraguaçu Duarte da Costa.  
Coorientador: Arturo Hernández-Domínguez.  
Dissertação (mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2013.

Bibliografia: f. 96-101.  
Apêndices: f. 102-108.

1. Tecnologia da informação. 2. Lixo eletrônico. 3. Educação ambiental.  
I. Título.

CDU: 004



Membros da Comissão Julgadora da Dissertação de Mestrado de Eraldo Alves da Silva Neto, intitulada: “Modelo baseado em RBC usando algoritmos genéticos para auxiliar na educação ambiental utilizando casos no contexto do gerenciamento do “lixo” eletrônico”, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional de Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas em 11 de novembro de 2013, às 14h30min, na sala de aula do Mestrado em Modelagem Computacional de Conhecimento da UFAL.

**COMISSÃO JULGADORA**

**Prof. Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa**

UFAL – Instituto de Computação

Orientador

**Prof. Dr. Arturo Hernández-Domínguez**

UFAL – Instituto de Computação

Orientador

**Profa. Dra. Roberta Vilhena Vieira Lopes**

UFAL – Instituto de Computação

Examinadora

**Prof. Dr. André Ricardo Magalhães**

UNEB – Colegiado de Análise de Sistemas

Examinador

Maceió, novembro de 2013.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO  
PROGRAMA MULTIDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO DO MESTRADO  
MODELAGEM COMPUTACIONAL DE CONHECIMENTO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Modelagem Computacional do Conhecimento da Universidade Federal de Alagoas como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Modelagem Computacional de Conhecimento aprovada pela banca examinadora que abaixo assina:

.....  
Prof. Dr. Fábio Paraguaçu Duarte da Costa  
UFAL – Instituto de Computação  
Orientador/Examinador

.....  
Prof. Dr. Arturo Hernández-Domínguez  
UFAL – Instituto de Computação  
Orientador/Examinador

.....  
Profa. Dra. Roberta Vilhena Vieira Lopes  
Examinadora

.....  
Prof. Dr. André Ricardo Magalhães  
Examinador

MACEIÓ

2013

Dedico,

À minha esposa Valdete e à minha filha Alessandra por serem constantes incentivadoras na profissão que escolhi e por acreditarem em mim, ajudaram-me a transformar um grande sonho em realidade.

Aos amigos de labuta por perseverarem junto comigo nesta jornada de desafios e vitórias.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por ter-me dado a vida, e junto com ela, minha família e meus amigos.

Aos meus orientadores, que com sua didática e paciência transmitiram-me ensinamentos que carregarei daqui por diante, em prol da sociedade.

A todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a concretização de mais esta etapa da minha vida.

Aos amigos de turma, pelos gestos de incentivo e companheirismo. Que nossa amizade permaneça por toda a nossa caminhada.

A Terra tem o suficiente para a necessidade de todos, mas  
não para a ganância de uns poucos.

(Gandhi).

## RESUMO

A questão ambiental é bastante discutida na nossa sociedade, na verdade o homem e a natureza sempre tiveram uma relação conflitante, é preciso pensar e agir de forma rápida, com eficiência e eficácia sobre como o ser humano se relaciona com o meio ambiente buscando o desenvolvimento auto-sustentável sem comprometer a qualidade de vida do planeta Terra. A sociedade atual, capitalista, industrial e extremamente apoiada pela indústria da propaganda implicitamente passou a imprimir um estilo de vida altamente consumista, em relação ao exacerbado avanço tecnológico e com isso, vive-se um momento de intensa aquisição e descarte de equipamentos cujo tempo de vida útil torna-se cada vez menor. O lixo eletrônico ou “e-lixo” gerado pela grande quantidade de produtos tecnológicos colocados à disposição da sociedade é um contrapeso que a evolução do acesso a informação e comunicação, traz no seu bojo um grande prejuízo ao meio ambiente e conseqüentemente ao homem. O descarte do e-lixo é altamente prejudicial à natureza, devido aos seus componentes, se não forem descartados e tratados adequadamente, eles também podem representar novas oportunidades de negócio e aprendizado, como já é feito em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Este trabalho tem como foco propor um modelo computacional de aprendizagem baseado em RBC usando algoritmos genéticos para auxiliar na educação ambiental utilizando a representação de casos do processo de gerenciamento do lixo eletrônico tendo como área de estudo a cidade de Maceió/AL – uma cidade com um potencial turístico enorme e com uma dimensão geográfica, relativamente pequena e como complemento, identificar o vocabulário de indexação do escopo do gerenciamento do “lixo” tecnológico e construir uma base de casos sobre a temática.

**Palavras-chave:** Lixo eletrônico. Educação ambiental. Tecnologia da informação.

## ABSTRACT

The environmental issue is widely debated in our society, in fact man and nature have always had a conflicted relationship, you need to think and act quickly, efficiently and effectively on how humans relate to the environment seeking self development - sustainable without compromising the quality of life on the planet Earth. Current society, capitalist, industrial and highly supported by the advertising industry has implicitly printing a highly consumerist lifestyle, exacerbated in relation to technological advancement and with that, we live a moment of intense acquisition and disposal of equipment which time life becomes increasingly smaller. Electronic waste or “e-waste” generated by the large amount of technological products made available to the company is a counterweight to the evolution of access to information and communication, brings in its wake a great damage to the environment and consequently to man. Disposal of e-waste is highly harmful to nature due to its components, if not properly treated and disposed of, they can also represent new business opportunities and learning, as is done in many parts of the world, including Brazil. This work focuses on proposing a computational model of learning based on RBC using genetic algorithms to assist in environmental education using the representation case management process of e-waste as a study area with the city of Maceió/AL - a city with a tourism potential and a huge geographical size, relatively small, and in addition, identify the vocabulary indexing the scope of management "trash " and build a technological base cases on the subject.

**Keywords:** E-waste. Environmental education. Information technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lixo eletrônico por tipo de produto.....	26
Figura 2 - Esquema de descarte do e-lixo.....	33
Figura 3 - O caminho do e-lixo.....	35
Figura 4 - Framework - logística reversa - fornecedores de computadores/hardware	37
Figura 5 - Site do Projeto E-tralha: recicle esta ideia.....	39
Figura 6 - Site do CDI.....	40
Figura 7 - Site do Projeto Computadores para Inclusão.....	41
Figura 8 - Demonstração gráfica de RBC.....	43
Figura 9 - Estrutura básica de um sistema RBC.....	44
Figura 10 - Ciclo do RBC.....	44
Figura 11 - Mapa Conceitual PBL.....	50
Figura 12 - Os 7 passos do grupo tutorial da Universidade de Maastricht – Holanda	51
Figura 13 - Funcionamento do Algoritmo Genético de Holland.....	53
Figura 14 - Fundamentos do modelo SAGA – adaptado pelo autor (2013).....	64
Figura 15 - O gerenciamento do e-lixo e algumas de suas interfaces.....	66
Figura 16 - Construção do modelo proposto.....	67
Figura 17 - Etapas do modelo proposto.....	68
Figura 18 - Concepção do SAGA (modelo proposto).....	72
Figura 19 - Tela inicial - Módulo Administrador/Professor.....	82
Figura 20 - Módulo Administrador/Professor - Gerenciador de Conteúdo.....	83
Figura 21 - Módulo Administrador/Professor - Gerenciar Temas.....	83
Figura 22 - Módulo Administrador/Professor - Editar Tema.....	84
Figura 23 - Módulo Administrador/Professor - Inserir questão.....	84
Figura 24 - Módulo Administrador/Professor - Inserir verbete.....	85
Figura 25 - Módulo Administrador/Professor - Gerenciar Usuários.....	85
Figura 26 - Módulo Administrador/Professor - Cadastrar alunos.....	86
Figura 27 - Módulo Administrador/Professor - Gerenciar Artigos.....	86
Figura 28 - Módulo Administrador/Professor - Visualização de artigos.....	87
Figura 29 - Módulo Administrador/Professor - Inserir artigo.....	87
Figura 30 - Tela inicial - Módulo Usuário/Aluno.....	88
Figura 31 - Módulo Usuário/Aluno - Apresentação dos temas disponibilizados.....	88

Figura 32 - Módulo Usuário/Aluno - Questões que são respondidas.....	89
Figura 33 - Módulo Usuário/Aluno - Apresentação dos artigos existentes.....	89
Figura 34 - Módulo Usuário/Aluno - Artigo no formato . pdf.....	90
Figura 35 - Módulo Usuário/Aluno - Exibição do Glossário.....	90

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Porcentagem de alguns metais pesados em computadores em relação ao peso total.....	31
Gráfico 2- Quantidade de e-lixo gerado a partir de PCs em kg/hab – 2007.....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- EA no Mundo (1962-2012).....	23
Tabela 2 - EA no Brasil (1970-2012).....	24
Tabela 3 - Composição de um microcomputador.....	31
Tabela 4 - Efeito das substâncias tóxicas nos seres humanos.....	31
Tabela 5 - Relação PBL x Tradicional.....	51
Tabela 6 - Codificação dos pares.....	59
Tabela 7 - Representação das Questões x Características.....	73
Tabela 8 - Representação dos Casos x Características.....	74
Tabela 9 - Peso das Questões x Características.....	74

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
AG	Algoritmo Genético
AMD	Advanced Micro Devices
CDI	Centro de Democratização da Informática
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CETIS	Centro de Tecnologia da Informação em Saúde
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRC	Centro de Recondicionamento de Computadores
CRT	Cathode Ray Tube
BD	Banco de Dados
EA	Educação Ambiental
E-lixo	Lixo eletrônico
EMPA	Laboratório Suíço para a pesquisa e teste de materiais
EPA	Environmental Protection Agency
E-waste	Electronic waste (lixo eletrônico)
FESO	Fundação Educacional Serra dos Órgãos
HP	Hewlett-Packard
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBDF	Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
MC	Modelo Computacional
MCC	Microelectronics and Computer Corporation
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MINTER	Ministério do Interior
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MOPs	Pacote de Organização de Memória
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONG	Organização Não-Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
PBL	Problem based-learning

PC	Personal Computer
PNEA	Política Nacional de Educação Ambiental
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPA	Plano Plurianual de Aplicações
PROEX	Pró-reitoria de Extensão
PRONEA	Programa Nacional de Educação Ambiental
PROPEG	Pró-reitoria de Planejamento e Gestão
RAM	Random Memory Aleatory
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
RoHS	Restriction of Certain Hazardous Substances
SAGA	Sistema de Aprendizagem de Gestão Ambiental
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente
SINIMA	Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SLTI/MP	Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão
StEP	Solving the E-Waste (resolvendo o problema dos e-resíduos)
SUDEPE	Superintendência do Desenvolvimento da Pesca
SUDHEVEA	Superintendência da Borracha
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
UNCISAL	Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas
UNU	Universidade das Nações Unidas
UNIFESO	Centro Universitário Serra dos Órgãos
WEEE	Waste Electrical and Electronic Equipment

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Motivação.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3 Objetivos Específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Metodologia Aplicada.....</b>	<b>17</b>
<b>2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO E UM PANORAMA DO LIXO ELETRÔNICO NO MUNDO E NO BRASIL.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Educação Ambiental – uma visão geral.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Histórico da Educação Ambiental no Mundo e no Brasil.....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 A problemática do e-lixo na sociedade da informação.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4 Composição do e-lixo.....</b>	<b>30</b>
<b>2.5 Algumas leis, normas e diretrizes referentes ao lixo eletrônico.....</b>	<b>32</b>
<b>2.6 O processo de descarte do e-lixo.....</b>	<b>33</b>
<b>2.7 O caminho do e-lixo - um problema ambiental.....</b>	<b>34</b>
<b>2.8 Logística Reversa.....</b>	<b>36</b>
<b>2.9 Projetos que utilizam o e-lixo como matéria-prima.....</b>	<b>38</b>
2.9.1 Projeto E-tralha: Recicle esta Ideia (Maceió/AL).....	38
2.9.2 Projeto CDI (Centro de Democratização da Informática) – RJ.....	39
2.9.3 Projeto Computadores para Inclusão (Governo Federal).....	40
<b>3 SAGA (SISTEMA DE APRENDIZAGEM DE GESTÃO AMBIENTAL) – FUNDAMENTOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DO MODELO PROPOSTO.....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 Raciocínio Baseado em Casos – RBC.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Aprendizagem Baseada em Problema – ABP.....</b>	<b>46</b>
<b>3.3 Algoritmo Genético.....</b>	<b>52</b>
3.3.1 O Algoritmo Genético de Holland.....	53
3.3.2 Variações do algoritmo Genético de Holland.....	63
<b>4 MODELO PROPOSTO PARA O SAGA.....</b>	<b>65</b>
<b>4.1 Contextualização.....</b>	<b>65</b>
<b>4.2 Modelo SAGA (Sistema de Aprendizagem de Gestão Ambiental).....</b>	<b>66</b>
<b>4.3 Descrição de cada etapa do modelo.....</b>	<b>68</b>

<b>5 IMPLEMENTAÇÃO DO SAGA (PROTÓTIPO).....</b>	<b>72</b>
<b>5.1 Arquitetura do Sistema.....</b>	<b>72</b>
<b>5.2 Funcionamento do SAGA (Sistema de Aprendizagem de Gestão Ambiental)....</b>	<b>81</b>
<b>5.3 Telas do SAGA - Módulo Administrador/Professor.....</b>	<b>82</b>
<b>5.4 Tela do SAGA - Módulo Usuário/Aluno.....</b>	<b>88</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>92</b>
<b>6.1 Considerações Finais.....</b>	<b>92</b>
<b>6.2 Trabalhos Futuros.....</b>	<b>94</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>96</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>102</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação

A sociedade moderna imprime um ritmo acelerado em todos os sentidos do ser humano. O fenômeno da globalização atingiu, em menor ou maior grau, todos os países do mundo. O avanço do uso disseminado e muitas vezes indiscriminado, dos produtos e serviços oriundos da tecnologia da informação e comunicação (TIC), nas mais diversas atividades do homem moderno vem provocando um volume de produção e conseqüentemente de descarte cada vez maior de equipamentos eletroeletrônicos no planeta terra. A sociedade atual, capitalista, industrial e extremamente apoiada pela indústria da propaganda implicitamente passou a imprimir um estilo de vida altamente consumista, em relação ao exacerbado avanço tecnológico e com isso, vive-se um momento de intensa aquisição e descarte de equipamentos cujo tempo de vida útil torna-se cada vez menor.

O lixo eletrônico, denominado também de e-lixo ou *e-waste*, gerado pela grande quantidade de produtos tecnológicos colocados à disposição da sociedade, é um contrapeso que a evolução do acesso à informação e comunicação, traz no seu bojo um grande prejuízo ao meio ambiente e conseqüentemente ao homem. Os equipamentos produzidos pelas indústrias rapidamente ficam obsoletos e são descartados com uma velocidade cada vez mais impressionante. É cada vez maior a necessidade, segundo o mercado capitalista, da atualização rápida destes equipamentos, devido aos constantes avanços tecnológicos, o que acrescenta mais problemas ao dia a dia, que traz o absurdo de que na aquisição de um produto, no simples fato de ao retirar da prateleira ou começar a usá-lo, já o deixa ultrapassado e pronto para ser lançado no lixo, ou exportado a países mais pobres, para ser reutilizado ou servir para reciclagem, já que o lixo oriundo desse processo é bastante considerável, ocupando grandes espaços se constituindo em um sério risco para o meio ambiente, muitas vezes até colocando em risco a saúde da população que recebe este “lixo”.

O descarte do e-lixo que pode ser desde baterias inutilizadas de celulares, microcomputadores, teclados, *mouses*, *no-breaks*, impressoras, *notebooks*, estabilizadores, grandes computadores e máquinas que se tornam obsoletas com uma rapidez incrível, só para ficar com os produtos de TIC, é altamente prejudicial à natureza, devido aos seus componentes, se não forem descartados e tratados adequadamente. Eles também podem

representar novas oportunidades de negócio e aprendizado, como já é feito em várias partes do mundo, inclusive no Brasil.

## **1.2 Objetivo Geral**

Esta dissertação tem como objetivo geral propor um modelo computacional de aprendizagem baseado em RBC usando algoritmos genéticos (AG) para auxiliar na educação ambiental utilizando a representação de casos do processo de gerenciamento do lixo eletrônico tendo como área de estudo a cidade de Maceió/AL – uma cidade com um potencial turístico enorme e com uma dimensão geográfica, relativamente pequena. A problemática aqui abordada é para ajudar na educação ambiental dos estudantes e de quem queira saber mais sobre o tema e-lixo visando minimizar os efeitos danosos do “lixo” eletrônico ao meio ambiente e contribuindo para a educação ambiental da população.

O objetivo desse estudo é, portanto, conceber e implementar um modelo computacional - MC para educação ambiental através da utilização de uma base indexada de casos utilizando RBC e AG no processo de gerenciamento do “lixo” tecnológico.

## **1.3 Objetivos Específicos**

Alcançando as bases do modelo proposto, pretende-se com o MC, atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar o vocabulário de indexação do escopo do gerenciamento do “lixo” tecnológico;
- b) Construir uma base de casos sobre a temática; e
- c) Usando AG em conjunto com o RBC estabelecer uma relação que permita o desenvolvimento de um protótipo para ser avaliado, posteriormente, pelos especialistas e alunos.

## **1.4 Metodologia Aplicada**

Após uma experiência de 5 (cinco) anos em trabalhos envolvendo “lixo” tecnológico e trocando experiências com profissionais das áreas de TIC e Gestão Ambiental identificamos a

necessidade de ferramentas computacionais no auxílio da Educação Ambiental nas escolas, principalmente, daí a escolha do tema deste trabalho.

Para a aproximação do objeto, foi fundamental conhecer os documentos e os instrumentos que estão envoltos na fundamentação do modelo proposto (AG e RBC) e que a definiram como sendo adequada a usabilidade dessa ferramenta computacional. Os estudos teóricos possibilitaram um avanço na discussão sobre o posicionamento adequado a ser seguido. Estudos, também, sobre Aprendizagem Baseada em Problema – ABP mostraram a capacidade de representação desta metodologia de aprendizagem com as ferramentas computacionais AG e RBC.

Este trabalho será qualitativo e quantitativo e terá como área de abrangência a cidade de Maceió/Al.

Os dados utilizados serão coletados, principalmente, na internet e que tratem sobre a temática gerenciamento do “lixo” tecnológico. Em seguida estes dados serão padronizados em formulário construído para este trabalho e as tabelas geradas serão tratadas usando-se AG e RBC fazendo um “casamento” entre os casos padronizados, as questões a serem respondidas e os pesos atribuídos às características (atributos) definidos nesta dissertação. Após este tratamento será criado um protótipo para demonstrar a efetividade e eficácia do modelo proposto.

A distribuição do conteúdo deste trabalho está da seguinte forma: no Capítulo I - Introdução - será mostrada a motivação, objetivos geral e específicos e a metodologia aplicada, permitindo uma visão geral do teor deste trabalho acadêmico. No Capítulo II será feita uma breve contextualização da educação ambiental no Mundo e no Brasil e também um referencial teórico sobre o gerenciamento do lixo eletrônico e suas especificidades. No Capítulo III – serão abordados os temas ABP, RBC e AG, fundamentos utilizados na construção do protótipo deste trabalho acadêmico. No Capítulo IV – tem-se uma abordagem da concepção do modelo proposto desde suas etapas iniciais até a transformação no modelo (protótipo). No Capítulo V – tem-se a implementação do modelo com o aplicativo SAGA – Sistema de Aprendizagem de Gestão Ambiental, suas telas e funcionalidades. Na Conclusão será feita uma análise do trabalho, considerações finais, contribuições e propostas de trabalhos futuros visando à consolidação e aperfeiçoamento do modelo em questão. Finalizando esta dissertação temos os referenciais bibliográficos consultados e estudados além dos anexos

contendo documentos que permitem uma compreensão documental complementar do trabalho desenvolvido.

## **2 EDUCAÇÃO AMBIENTAL: BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO E UM PANORAMA DO LIXO ELETRÔNICO NO MUNDO E NO BRASIL**

### **2.1 Educação Ambiental – uma visão geral**

A questão ambiental é bastante discutida na nossa sociedade, o homem e a natureza sempre tiveram uma relação conflitante, é preciso pensar e agir de forma rápida, com eficiência e eficácia sobre como o ser humano se relaciona com o meio ambiente buscando o desenvolvimento auto-sustentável sem comprometer a qualidade de vida do planeta Terra. Não se pode ignorar a necessidade que temos dela para nossa sobrevivência e existência como humanos, mas o contrário parece não ser verdadeiro, ou seja, a floresta, os rios e a fauna existem independentemente da presença ou ação humana.

Na teoria espera-se alcançar um modelo de crescimento econômico com equidade social e equilíbrio ecológico, neste contexto o Brasil apresenta-se muito bem no cenário internacional, visto que em outros países, ditos desenvolvidos, a natureza não foi considerada e grande parte foi destruída. No entanto, percebe-se, hoje, que se não houver redução de consumo dos bens renováveis (pelo menos a curto e médio prazo) o planeta não suportará por muito mais tempo. Diversos estudos mostram que a atual taxa de consumo já é maior do que a capacidade de suporte do planeta de reciclá-los para serem novamente disponibilizados, é preciso investir muito mais em educação ambiental. Mas, diante deste cenário, o que é educação ambiental? De acordo com a Lei Federal n.º 9.795/99 a Educação Ambiental é definida como:

Processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

De acordo com REIGOTA (1998), a Educação Ambiental – EA “deve ser entendida como educação política, no sentido de que ela reivindica e prepara os cidadãos para exigir justiça social, cidadania nacional e planetária, autogestão e ética nas relações sociais e com a natureza”.

Ainda segundo REIGOTA (1998) “Ela deve viabilizar um relacionamento harmônico entre o homem e o ambiente, a fim de formar uma cidadania consciente de que a qualidade de vida das gerações futuras depende das escolhas que cada um fizer em sua própria vida, hoje.”

Para os autores PÁDUA e TABANEZ (1998), a EA deve além do citado, propiciar a ampliação dos conhecimentos, gerando para tal, mudança de valores e para uma melhor integração e harmonia dos indivíduos com o seu meio ambiente. Assim, adotando mecanismos cada vez mais simples e presentes no dia a dia, seja na cidade (meio urbano) ou no campo (meio rural), principalmente no que se refere ao desafio de preservar a qualidade de vida é que atingiremos a resolutividade do nosso grande desafio que é crescer economicamente com qualidade de vida e sem destruir o meio ambiente.

LEFF (2001) fala sobre essa impossibilidade de resolver os crescentes e complexos problemas ambientais e reverter suas causas sem que ocorra uma mudança radical nos sistemas de conhecimento, dos valores e dos comportamentos gerados pela dinâmica de racionalidade existente, fundada no aspecto econômico do desenvolvimento, ainda tem-se muito a resolver quando a discussão recai no campo tecnológico interligado aos fatores ambientais, o que provoca a necessidade de ampliação das discussões acerca da EA. Um dos fatores mais importante é a forma de urbanização acelerada e indiscriminada nas cidades o que vem provocando o aumento considerável dos problemas ambientais vivenciados nos dias atuais. Outro é a produção de “descartáveis” com uma propaganda de consumo prejudicial à sociedade.

A EA trata diversos temas, tais como: a contaminação das fontes de água, o aumento do número de enchentes, tsunamis, a falta de saneamento básico, terremotos, aquecimento global, as dificuldades na gestão dos resíduos sólidos e líquidos e a poluição do ar, dentre outros. E onde fica o lixo eletrônico? Este é o foco do nosso trabalho.

Os grandes impactos negativos na questão ambiental resultam principalmente da deficiência das políticas públicas em nível de governo (federal, estadual e municipal), dos serviços e da omissão do poder público em relação à prevenção das condições de vida da população, mesmo que estes objetivos estejam explícitos em diversas legislações, ou seja, é lei, e lei é para ser cumprida, porém é também reflexo do descuido e da omissão das pessoas (sociedade em geral).

O desafio agora, que se coloca é de formular uma educação ambiental que seja crítica e inovadora e atenda também às reais necessidades da permanência da vida de forma geral no planeta Terra. A EA deve ser acima de tudo um ato político voltado para a transformação social. O seu enfoque deve buscar uma perspectiva de ação holística que relaciona o homem,

a natureza e o universo, partindo da premissa de que os recursos naturais se esgotam e que o principal responsável pela sua degradação é o ser humano, que nos seus processos de produção, comercialização, consumo e descarte interagem de forma direta com os recursos ambientais disponíveis. Todo esse processo de aprendizagem deve ser visto de forma permanente e que valorize as diversas formas de conhecimento de cidadãos com consciência local e planetária, buscando sempre o desenvolvimento auto-sustentável e a qualidade de vida.

E o que dizer dos ensinamentos na área de meio ambiente na escola? Tomando-se como referência Vigotsky apud Tamaio (2000) pode-se dizer que um processo de reconstrução interna (dos indivíduos) ocorre a partir da interação com uma ação externa (natureza, reciclagem, efeito estufa, ecossistema, recursos hídricos, desmatamento, e-lixo), na qual os indivíduos se constituem como sujeitos pela internalização de significações que são construídas e reelaboradas no desenvolvimento de suas relações sociais. A educação ambiental, como tantas outras áreas de conhecimento, pode assumir “uma parte ativa de um processo intelectual, constantemente a serviço da comunicação, do entendimento e da solução dos problemas” (VIGOTSKY, 1991).

Segundo DIAS (1992 p. 116) “Um programa de EA, para ser efetivo, deve promover, simultaneamente, o desenvolvimento de conhecimentos, de atitudes e de habilidades necessárias à preservação e à melhoria da qualidade ambiental”.

Somente com a participação efetiva da comunidade, um programa de EA atinge seus objetivos na plenitude. Para isso, ele deve proporcionar os conhecimentos necessários à compreensão do ambiente, de modo a promover uma consciência social que seja capaz de gerar atitudes que promovam alterações comportamentais, é preciso envolver, de forma definitiva, todos os atores envolvidos.

Segundo a Lei Federal n.º 9.795/99 – no seu Art. 7º:

A Política Nacional de Educação Ambiental envolve em sua esfera de ação, além dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama, instituições educacionais públicas e privadas dos sistemas de ensino, os órgãos públicos da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, e organizações não-governamentais com atuação em educação ambiental (BRASIL, 1999).

A Constituição Federal do Brasil de 1988 diz em seu Art. 225:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

Os educadores têm um papel importante na inserção da educação ambiental no dia a dia escolar, preparando o aluno para uma postura pró-ativa e crítica em face desta crise socioambiental vivenciada pela sociedade, tendo como horizonte a transformação de hábitos e práticas sociais e a formação de uma cidadania ambiental que os mobilize para a questão da sustentabilidade, é preciso dotá-los de um aparato tecnológico que possibilite a EA no ambiente escolar além de um maior contato com a natureza e seus processos.

E afinal, quem são os responsáveis pela Educação Ambiental no Brasil? O Ministério do Meio Ambiente juntamente com o Ministério da Educação e Cultura são os maiores responsáveis pela EA no território nacional.

## 2.2 Histórico da Educação Ambiental no Mundo e no Brasil

Para que se tenha uma visão macro do universo que permeia a EA no mundo e no Brasil, é mostrada, logo abaixo, uma cronologia de alguns eventos marcantes onde se discutiu a EA.

Tabela 1: EA no Mundo (1962-2012)

Ano	Evento no Mundo
1962	A Jornalista Rachel Carson lança o livro “Primavera Silenciosa”.
1968	Forma-se o Clube de Roma, para discutir a crise na humanidade.
1972	Publicação do relatório <i>The limits of growth</i> (Os limites do crescimento econômico).
1975	Encontro de Belgrado (Iugoslávia) ou Seminário Internacional em Educação Ambiental.
1977	Primeira Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental - Tbilisi (Geórgia ex-URSS).
1987	Em Moscou (Rússia) – foi realizado o II Congresso Mundial da EA. Relatório Brundtlandt - O Relatório “Nosso Futuro Comum”, produzido pela Comissão, veio a público em 1987 (McCormick, 1992).
1992	Aconteceu no Rio de Janeiro – Brasil – A Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – ECO-92.
1997	Em Tessalonica - Grécia é a vez da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade: Educação e Consciência Pública para a Sustentabilidade.
2002	Rio+10 - Johannesburgo – África do Sul - Cúpula Mundial do Desenvolvimento Sustentável.
2007	IV Conferência Internacional de Educação Ambiental de Ahmedabad: Índia – de 24 a 28 de novembro.

2012	RIO+20 – Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável foi realizada no Rio de Janeiro, uma conferência internacional da Organização das Nações Unidas para marcar o 20º aniversário da Rio-92. Veja o site deste evento: <a href="http://www.rio20.info/2012/">http://www.rio20.info/2012/</a>
------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Adaptado pelo autor.

Tabela 2: EA no Brasil (1970-2012)

Ano	Evento no Brasil
1970	Torna-se obrigatória a disciplina Ciências Ambientais nos Cursos de Engenharia; No Brasil, fundava-se a Associação Gaúcha de Proteção ao Ambiente Natural.
1973	Criação no âmbito do Ministério do Interior a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA).
1976	O Ministério de Educação e Cultura - MEC e o Ministério do Interior - MINTER firmaram o “Protocolo de Intenções”, segundo o qual seriam incluídos temas ecológicos nos currículos de 1.º e 2.º graus.
1979	O Departamento de Ensino Médio do MEC e a CETESB publicaram o documento <b>Ecologia - uma proposta para o ensino de 1.º e 2.º graus.</b>
1980	Grandes debates para institucionalizar a EA. Surge a ideia de inserir a EA como disciplina no currículo do Ensino Fundamental.
1981	É criada a Lei n.º 6938 em 31 de Agosto, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA. Através desta Política foram criados o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, o Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, e o Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente – SINIMA.
1986	Realização em Brasília do "I Seminário Nacional sobre Universidade e Meio Ambiente".
1988	Constituição Federal – art. 225, inciso VI determina ao “...Poder Público, promover a EA em todos os níveis de ensino...”.
1990	É criado o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, pela fusão de órgãos que direta e indiretamente estavam relacionados com a temática ambiental (SEMA, IBDF, SUDEPE e SUDHEVEA).
1994	Aprovação do Programa Nacional de EA – <b>PRONEA.</b>
1999	<b>Lei 9.795</b> – Institui a Política Nacional de Educação Ambiental.
2002	Aprovado o Decreto Nº 4.281, de 25 de Junho de 2002, regulamentando assim a Lei 9795/99, e ainda Instituiu o Órgão Gestor da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA).

Fonte: Adaptado pelo autor, 2013.

Como demonstram as tabelas 1 e 2, vários foram os eventos que trataram da EA em nível de mundo e de Brasil. Com a ampliação de uma nova metodologia proporcionada com os eventos citados, a EA passa a ser vista como um processo de permanente aprendizagem que valoriza as diversas configurações de conhecimento e que contribui com a formação de cidadãos com consciência local e global. Nestes tempos em que a informação assume um papel cada vez mais relevante, ciberespaço, multimídia, internet, a educação para a cidadania

representam a possibilidade de motivar e sensibilizar as pessoas para transformar as diversas formas de participação na defesa da qualidade de vida. Portanto, todos estes eventos cooperaram com maior ou menor importância para a discussão da EA no mundo e no Brasil.

Nesse sentido cabe destacar que a educação ambiental assume cada vez mais uma função transformadora, na qual a co-responsabilização dos indivíduos torna-se um objetivo essencial para promover um novo tipo de desenvolvimento – o desenvolvimento sustentável, que traz à tona uma nova ordem social ao movimento da EA, agora resgata o papel do educador que tem a função de mediador na construção de referenciais ambientais e deve saber usá-los como instrumentos para o desenvolvimento de uma prática social centrada no conceito da natureza.

A EA agregada a outras áreas de conhecimento – a esse estudo em especial, a área de Tecnologia da Informação e Comunicação – tem como base auxiliar o indivíduo na formação de sua percepção ambiental, ressaltando o papel do homem no processo de preservação ambiental. O desafio que se coloca é de formular uma educação ambiental que seja crítica e inovadora, assim, ela deve ser acima de tudo um ato político voltado para a transformação social.

Para que se possa materializar esse aprendizado há, portanto, a necessidade de incrementar os meios de informação e o seu acesso, bem como instruir em conjunto o papel do poder público nos conteúdos educacionais para que se possa alterar o quadro atual de degradação socioambiental. Trata-se de promover o crescimento da consciência ambiental, expandindo a possibilidade da população participar em um nível mais alto no processo decisório, como uma forma de fortalecer sua corresponsabilidade na fiscalização e no controle dos agentes de degradação ambiental e os atores envolvidos: governo, empresa e cidadão são responsáveis. Partindo dessa análise observa-se no contexto atual que emerge uma nova problemática socioambiental, trata-se então do uso indiscriminado do aparato tecnológico, esse podendo ser considerado emergencial para discussão.

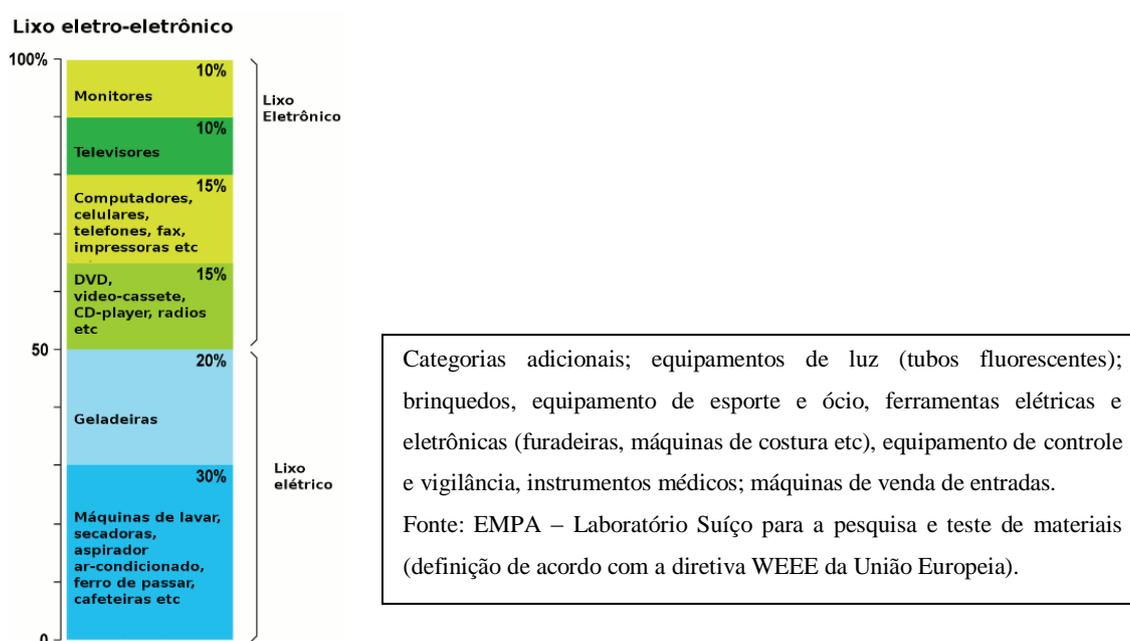
### 2.3 A problemática do e-lixo na sociedade da informação

O mundo moderno, cada vez mais, preocupa-se com a preservação do meio ambiente, notadamente com o efeito estufa – o aquecimento global. O processo de industrialização, sem precedentes, está altamente acelerado em todo o mundo e sem o devido cuidado com a qualidade de vida do ser humano e do planeta, o que está exaurindo os recursos naturais do mesmo.

A sociedade do excesso é também a sociedade do desperdício, vemos isso diariamente. A cada ano, entre os milhões de equipamentos eletrônicos que vão para o lixo, literalmente se joga fora a oportunidade de ajudar muita gente que necessita. O homem diante de tantas novidades que explodem no mercado e na mídia e até mesmo pelo barateamento da tecnologia acaba adquirindo sempre novos aparelhos com funções mais sofisticadas e abrangentes, sejam celulares, televisores, microcomputadores, servidores, impressoras, *tablets*, *smartphones* entre outros, trocando-se um determinado produto por outro cada vez mais rápido.

A figura a seguir, criada por um programa para o meio ambiente das Nações Unidas, apresenta a distribuição em percentual representada por cada tipo de resíduo dentro da composição do lixo eletroeletrônico:

Figura 1: Lixo eletrônico por tipo de produto



Fonte: <http://lixoeletronico.org/blog/composi%C3%A7%C3%A3o-do-lixo-eletr%C3%B4nico> (acesso em 24/04/2012)

Mas o que são equipamentos eletroeletrônicos? São equipamentos alimentados por energia elétrica e constituídos por circuitos eletrônicos. Neste trabalho o foco é o lixo produzido pela tecnologia da informação e comunicação para que se possa mostrar o impacto deste tipo de “lixo” na sociedade. A indústria de computadores e seus periféricos é uma das que, proporcionalmente ao peso dos seus produtos, mais consome recursos naturais, tanto na forma de matéria-prima, como em termos de água e energia.

De acordo com um estudo da Universidade das Nações Unidas (UNU), a produção de um único chip de memória RAM consome 1,7 kg de combustível fóssil e substâncias químicas, ou 400 vezes o seu peso. Além disso, calcula-se que sejam usados em torno de 1,8 toneladas de matéria-prima na produção de apenas um único computador. Para a montagem de um *desktop*, com um monitor de 17 polegadas CRT, são usados 22 quilos de produtos químicos, 240 quilos de combustíveis fósseis e 1.500 quilos de água (ONU, 2007).

O “lixo” tecnológico gerado pela indústria e consumidores é um contrapeso que a evolução do acesso a informação e comunicação traz para a sociedade como um grande prejuízo a natureza. A população de uma forma geral ainda desconhece, ou conhece pouco a temática e conseqüentemente a educação ambiental fica comprometida. Em meio à crise ambiental e seus impactos socioambientais, fica evidente que a sociedade precisa ser conscientizada a fazer algo para que isso não altere demasiadamente as condições de vida das pessoas, visto que os equipamentos tecnológicos tornam-se cada vez mais essenciais no dia a dia.

Como descrevem MILAGRE & CUSIN (2009 p.1): “Até poucos anos, um artigo de luxo, o computador se tornou um eletrodoméstico comum e indispensável em muitos lugares”.

De acordo com o Greenpeace, estima-se que são produzidas de 20 a 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico no mundo a cada ano, e este tipo de rejeito responde hoje por 5% de todo o lixo sólido do mundo, quantia similar à das embalagens plásticas, diferenciando-se apenas no índice de nocividade que, nos rejeitos eletrônicos, é bem maior.

O problema é tão sério que, para ajudar a organizar esforços mundiais no sentido de se viabilizar a reciclagem de produtos eletrônicos em larga escala e em nível mundial, como ação global a Organização das Nações Unidas (ONU) lançou em 07 de março de 2007 o Projeto batizado de *StEP – Solving the E-Waste* (Resolvendo o Problema dos e-Resíduos).

Segundo este projeto o termo *e-waste* passa a ser utilizado para identificar equipamentos elétricos ou eletrônicos que estão obsoletos. A palavra também abrange outros equipamentos, como televisores e produtos brancos, pois utilizam circuitos ou componentes tecnológicos. (Fonte: <http://www.step-initiative.org/> - acesso em 30/01/12).

O crescimento da população gera um excedente de subprodutos de suas atividades que supera a capacidade de adaptação do meio ambiente, o que pode representar uma ameaça real à biosfera. O potencial de reaproveitamento que os resíduos representam, somado a um fator de interesse mundial que é a preservação ambiental e promoção do desenvolvimento ecologicamente sustentável, impulsiona a necessidade de reverter essa situação. (ANDRADE, 2002).

No caso da indústria de eletroeletrônicos (tecnologia da informação), os resíduos podem causar danos ainda mais sérios à saúde da população e grave impacto ao meio ambiente. Os subprodutos gerados por esses equipamentos poderiam ser implementados novamente no ciclo produtivo, reduzindo assim custos e tempo de produção, proporcionando benefício econômico além do ambiental (logística reversa).

A reciclagem térmica ou material dos eletroeletrônicos reduz a necessidade global pela extração de materiais virgens, como ferro, alumínio, combustíveis ou metais preciosos (ouro ou prata, por exemplo), assim como a busca por ingredientes tóxicos (cádmio, mercúrio, chumbo, níquel, etc.), indispensáveis para a produção da maioria dos componentes elétricos presentes nesses produtos. Além da reciclagem, o reuso e a remanufatura de produtos ou componentes podem ser uma opção ecológica e econômica ainda melhor, desde que a oferta e a demanda estejam em equilíbrio. Eletroeletrônicos como computadores, telefones celulares, cartuchos de toner ou câmeras fotográficas descartáveis já estão sendo remanufaturados com sucesso. (FLEISCHMANN, 2001).

É claro que não se pode alterar a atual conjuntura sem lembrar que para tal aprimoramento do mecanismo de desenvolvimento social e humano, um aspecto essencial deve ser levado em conta. Segundo BETHLEM (2004, p. 19), “para executar algo, o ser humano precisa de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias e suficientes”. Portanto, necessita aprender, ou seja, internalizar e saber utilizar conceitos, técnicas, processos, etc., pertinentes à ação que vai realizar. A aprendizagem, então, é fator primordial para desencadear as mudanças necessárias atualmente.

O modo de vida atual é, direta ou indiretamente, fruto das transformações trazidas pela tecnologia industrial. A produção industrial cria novos produtos e acaba atingindo, também, os hábitos, os padrões culturais e de consumo, criando, sucessivamente, novas necessidades de consumo (NUNES, 2007, p. 9).

NUNES (2007) observa que o consumo, no mundo atual, nem sempre está ligado à necessidade - muitas das vezes, consome-se pelo modismo, pelo *status* social. Esse tipo de comportamento, o “consumismo”, leva a uma maior produção, o que demanda uso maior de recursos naturais. Tal produção, por sua vez, ao ser consumida gera resíduos, cujo descarte apresenta-se como um dos maiores problemas ambientais da atualidade, como pode ser observado, por exemplo, a partir da questão da destinação do lixo eletrônico.

A Constituição Federal Brasileira de 1988, ao consagrar o meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito de todos, bem de uso comum e essencial à sadia qualidade de vida, (BRASIL, 1988) atribuiu a responsabilidade de sua preservação e defesa não apenas ao poder público, mas também à coletividade.

Segundo a NBR nº 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2004) – resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível.

O e-lixo apresenta características próprias que o diferem do lixo comum. É um lixo volumoso ocupando grandes espaços físicos e, alguns possuem componentes perigosos (metais pesados e compostos bromados, entre outros) necessitando de gestão eficaz e políticas públicas para direcionar produtores e consumidores para um gerenciamento adequado de uso e descarte.

## **2.4 Composição do e-lixo**

Países considerados paraísos da indústria eletrônica estão a meio caminho de uma contaminação grave por substâncias químicas perigosas. Áreas industriais na China, México, Filipinas e Tailândia, responsáveis pela fabricação de componentes de aparelhos de marcas como IBM, HP, Sony e Sanyo, estão causando sérios problemas em rios e águas subterrâneas, segundo informações contidas no relatório “Contaminação de ponta: um estudo da contaminação ambiental pela fabricação de produtos eletrônicos”, lançado pelo Greenpeace em 2007.

Componentes como microprocessadores, placas de circuito integrado e componentes para circuitos eletrônicos estão contaminando as águas com éteres difenil-polibrominados - um grupo de substâncias químicas altamente tóxicas usadas como retardante de chamas - e ftalatos, substâncias químicas usadas numa grande variedade de processos e como plastificantes e metais pesados. O estudo também documentou a contaminação de aquíferos com compostos orgânicos clorados voláteis, um poluente orgânico persistente no meio ambiente, além de metais pesados como níquel e cobre. A contaminação de água subterrânea é grave, já que as comunidades locais em muitos dos lugares investigados usam essa água para consumo humano. A versão online do relatório está disponível em: <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2007/2/cutting-edge-contamination-a.pdf>

Na tabela a seguir é possível conhecer o que contém um microcomputador, em termos de materiais, sua participação, percentual em peso, onde se localiza e o que pode ser reciclado.

Tabela 3: Composição de um microcomputador

Metal Pesado	Parte do computador onde é encontrado	Porcentagem no computador	Porcentagem reciclável
Alumínio	Estrutura, conexões	14,1723%	80,0000%
Bário	Válvula eletrônica	0,0315%	0,0000%
Berílio	Condutivo térmico, conectores	0,0157%	0,0000%
Cádmio	Bateria, chip, semicondutor, estabilizadores	0,0094%	0,0000%
Chumbo	Circuito integrado, soldas, bateria	6,2988%	5,0000%
Cobalto	Estrutura	0,0157%	85,0000%
Cobre	Condutivo	6,9287%	90,0000%
Cromo	Decoração, proteção contra corrosão	0,0063%	0,0000%
Estanho	Circuito integrado	1,0078%	70,0000%
Ferro	Estruturas, encaixe	20,4712%	80,0000%
Gálio	Semicondutor	0,0013%	0,0000%
Germânio	Semicondutor	0,0016%	60,0000%
Índio	Transistor, retificador	0,0016%	60,0000%
Manganês	Estrutura, encaixes	0,0315%	0,0000%
Mercurio	Bateria, ligamentos, termostatos, sensores	0,0022%	0,0000%
Níquel	Estrutura, encaixes	0,8503%	80,0000%
Ouro	Conexão, condutivo	0,0016%	99,0000%
Prata	Condutivo	0,0189%	98,0000%
Sílica	Vidro	24,8803%	0,0000%
Tântalo	Condensador	0,0157%	0,0000%
Titânio	Pigmentos	0,0157%	0,0000%
Vanádio	Emissor de fósforo vermelho	0,0002%	0,0000%
Zinco	Bateria	2,2046%	60,0000%

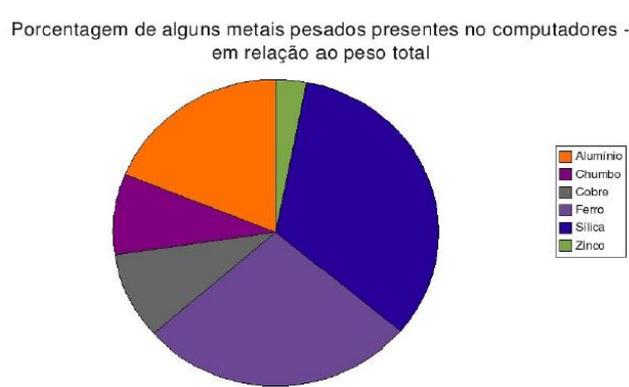
Fonte: MCC (Microelectronics and Computer Technology Corporation), 2007.

Tabela 4: Efeito das substâncias tóxicas nos seres humanos

ALGUMAS SUBSTÂNCIAS TÓXICAS QUE COMPÕEM AS PILHAS E SEUS EFEITOS SOBRE A SAÚDE HUMANA			
Substância	Tipo de contaminação	Quantidade	Efeito
Mercurio	Toque e inalação	Extremamente tóxico mesmo em pequenas quantidades	Estomatites, lesões renais, afeta o cérebro e sistema neurológico. Acumula-se no organismo
Cádmio	Inalação e toque	Altamente tóxico mesmo em pequenas quantidades	Acumula-se no organismo. Provoca disfunção renal
Zinco	Inalação	Só é perigoso em grandes quantidades	Problemas pulmonares
Manganês	Inalação	É perigoso mesmo em pequenas quantidades	Afeta o sistema neurológico, provoca gagueira irreversível e insônia
Cloroeto de Amônia	Inalação	Perigoso mesmo em pequenas quantidades	Acumula-se no organismo e provoca asfixia
Chumbo	Inalação e toque	Extremamente tóxico mesmo em pequenas quantidades	Disfunção renal e anemia quando absorvido pela pele ou pulmão

Fonte: Ministério do Meio Ambiente – Fev/2004

Gráfico 1: Porcentagem de alguns metais pesados em computadores em relação ao peso total



Fonte: MCC (Microelectronics and Computer Technology Corporation), 2007.

## 2.5 Algumas leis, normas e diretrizes referentes ao lixo eletrônico

- Tratado da Basiléia (1989 – regula o transporte de resíduos sólidos entre países);
- RoHS (*Restriction of Certain Hazardous Substances*) - Restrição de Certas Substâncias Perigosas;
- WEEE (*Waste Electrical and Electronic Equipment*) - Resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos;
- PNRS do Brasil – Lei 12.305/10;
- Decreto n.º 7.404/10 regulamentação da PNRS;
- Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências;
- Resolução n.º 257/99 - estabelece limite para o uso de substâncias tóxicas em pilhas e baterias e passa aos fabricantes e importadores a responsabilidade de ter sistemas para coleta desses materiais, afim de encaminhá-los para reciclagem ecologicamente correta.

A China também possui uma lei para o lixo eletrônico. Essa lei está em vigor desde 2006 e segue os mesmos padrões da diretiva RoHS da União Européia.

Já nos Estados Unidos existem duas leis: Decreto de Reciclagem de Eletrônicos (baseado na WEEE e RoHS) e a *Electronic Equipment Collection*. Esta foi sancionada em 2008 e define que os produtores têm que submeter o plano de manejo do lixo à prefeitura, além de ser proibido descartar eletrônico no lixo comum ou aterro sanitário. Já o decreto está em vigor desde 2003 e responsabiliza o consumidor de enviar os materiais para reciclagem, os produtores de implantar redes de coleta e o Estado de garantir que a reciclagem aconteça (ANDUEZA, 2009b).

No Japão existe a lei *Home Appliance Recycling Law* que vigora desde 1998 e tem como princípio a substituição de substâncias tóxicas, aumento da reciclabilidade e proibição do depósito inadequado. Por essa lei o consumidor fica obrigado a pagar uma taxa para descartar seus produtos eletroeletrônicos, o Estado é responsável pelo sistema de coleta e logística reversa e o produtor deve reciclar e neutralizar os componentes tóxicos presentes nesses equipamentos (ANDUEZA, 2009b).

## 2.6 O processo de descarte do e-lixo

O processo de descarte do e-lixo ainda é pouco conhecido da população em geral, no Brasil e no mundo. Devido à rápida substituição dos equipamentos de tecnologia da informação e comunicação o volume deste tipo de resíduo só tem aumentado ao longo dos anos.

Em São Paulo o Instituto Sérgio Mota mantém o projeto E-lixo Maps que utiliza a plataforma do Google Maps para ajudar o internauta a encontrar os postos de coleta de eletrônicos mais próximos da sua casa ou trabalho (<http://www.e-lixo.org/>). Mas esta realidade não é a mesma na maioria das cidades do Brasil e do Mundo, o e-lixo se acumula cada vez mais se tornando um caso de saúde pública. Na figura abaixo é possível verificar a viabilidade de tornar este tipo de resíduo sólido economicamente viável.

Figura 2: Esquema de descarte do e-lixo (acesso em 30/01/2012)



Fonte: <http://planetasustentavel.abril.com.br/pops/a-rota-do-lixo-pop1.shtml> (acesso em 24/04/2012).

As prefeituras precisam adotar, o mais rápido possível, seus planos de gerenciamento de resíduos sólidos (como preconiza a PNRS do Brasil) para evitar a rápida degradação do meio ambiente e minimizar os efeitos nocivos à saúde humana. Algumas consequências esperadas no caso de descarte indevido: a) Aumento da geração de resíduo eletrônico; b) Criação de mercado informal de sucateiros; c) Risco à saúde devido à reciclagem sem método/tecnologia; d) Risco à saúde pública pela contaminação por metais presentes no lixo gerado; e) Risco de contaminação do solo, da água e do ar devido a processos indevidos de recuperação de metais.

Algumas ações que precisam ser implantadas pelo município para que seja possível manter a questão do e-lixo ou de forma geral de todo o lixo produzido, entre elas pode-se citar: a) Implantação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos na cidade; b) Diagnóstico da situação do lixo; c) Metas para redução e reciclagem; d) Identificar os principais geradores de resíduos; e) Coleta seletiva; f) Estabelecer indicadores para medir o desempenho do serviço público na questão do lixo; g) Promover a educação ambiental; h) Aterro sanitário; e i) Fomentar a criação de cooperativas de reciclagem.

## **2.7 O caminho do e-lixo - um problema ambiental**

Os países industrializados cada vez mais demandam por mais espaços para escoar sua produção industrial e seu descarte eletrônico. Lagos, Gana, Índia, Paquistão e China são países, hoje, considerados “lixeiros tecnológicos” devido ao grande volume destes resíduos recebidos anualmente. Na China, especificamente na aldeia de Guiyu convertida em depósito de lixo eletrônico, resíduos de plásticos são queimados, criando pilhas de cinzas contaminadas, ou jogados juntamente com outros resíduos industriais em rios, campos ou canais de irrigação. É um trabalho primitivo, perigoso, pois o lixo venenoso penetra na pele e nos pulmões e se infiltra na terra e na água. O solo de Guiyu contém 200 vezes o nível de chumbo considerado nocivo e a água potável contém 2.400 vezes o nível máximo deste mesmo metal, estabelecido pela Organização Mundial de Saúde – OMS (BAUMAN, 2004).

Nos Estado Unidos da América - Na Califórnia, o “Vale do Silício”, berço das mais famosas empresas de tecnologia, é poluído pelas próprias companhias *high-tech*. Segundo a EPA (agência do governo norte-americano para proteção ambiental), a região tem 29 pontos de contaminação.

O Condado de Santa Clara, que abriga o *Google* e a *Apple*, possui 23 áreas contaminadas. É o maior número de pontos contaminados por condado do país. Segundo ambientalistas, mais de cem substâncias tóxicas já foram encontradas no lençol freático da região, incluindo o tricloroetileno, um solvente cancerígeno usado na produção de semicondutores. No *site* da EPA, as contaminações aparecem ligadas a empresas como *Intel*, *AMD*, *Applied Materials* e *HP*. (ROMANI, 2008).

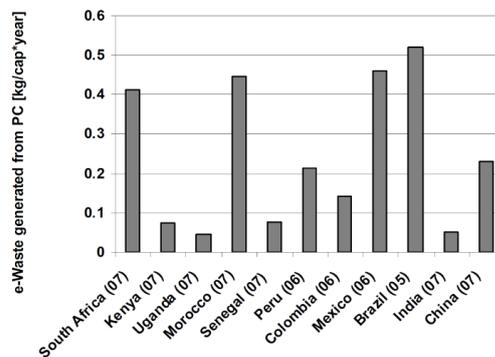
Figura 3: O caminho do e-lixo



Fonte: <http://lixoeletronico.org/category/temas/no-mundo> (acesso em 23/04/2012).

No Brasil, assim como na maioria dos países em desenvolvimento, a expansão da indústria de eletroeletrônicos vem em franca expansão. O consumo da população é que impulsiona esta indústria. O Brasil, segundo o relatório da ONU, é o que produz a maior quantidade de e-lixo (PCs) entre os emergentes.

Gráfico 2: Quantidade de e-lixo gerado a partir de PCs em kg/hab – 2007



Fonte: relatório ONU-UNEP, 2009, pág. 45.

[http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/EWaste\\_final.pdf](http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/EWaste_final.pdf) (acesso em 03/06/11)

Só no Brasil 96,8 toneladas métricas de PCs se tornam lixo por ano; na China esse número chega a 300 toneladas por ano. Apesar dos números da China serem piores, quando consideramos a quantidade de e-lixo por habitante, o Brasil está na frente 0,5 kg/ano, enquanto a China descarta 0,23 kg/ano e a Índia 0,1 kg/ano, segundo este mesmo relatório da ONU. Daí a importância de se investir na educação ambiental da população brasileira. O tema deve ser tratado não só pelo aspecto socioambiental e para tal deve ser visto como mola

propulsora do desenvolvimento econômico no país, e a esse tema a logística reversa passa a ser instrumento de avanço nessa perspectiva.

## **2.8 Logística Reversa**

A logística reversa tem como foco de atuação o equacionamento do retorno de produtos (consumidos ou não), dando a destinação adequada a eles, de forma a devolver o seu valor econômico. O processo é realizado de forma a obedecer à determinação legal, na prestação de serviços aos clientes, na cadeia de suprimentos e aos clientes finais através da assistência técnica autorizada.

Segundo Leite (2006, p. 16-17):

A logística reversa é uma área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo, ao ciclo de negócio ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros.

Para LEITE (2006) existem três categorias de bens produzidos: os bens descartáveis, os bens semiduráveis e os bens duráveis. Os computadores e seus periféricos se classificam dentro dos bens semiduráveis, porque apresentam duração média de vida útil de alguns meses, raramente superior a dois anos. Está é uma categoria intermediária que, sob o enfoque dos canais de distribuição reversos, apresenta tanto características de bens duráveis, como de bens descartáveis.

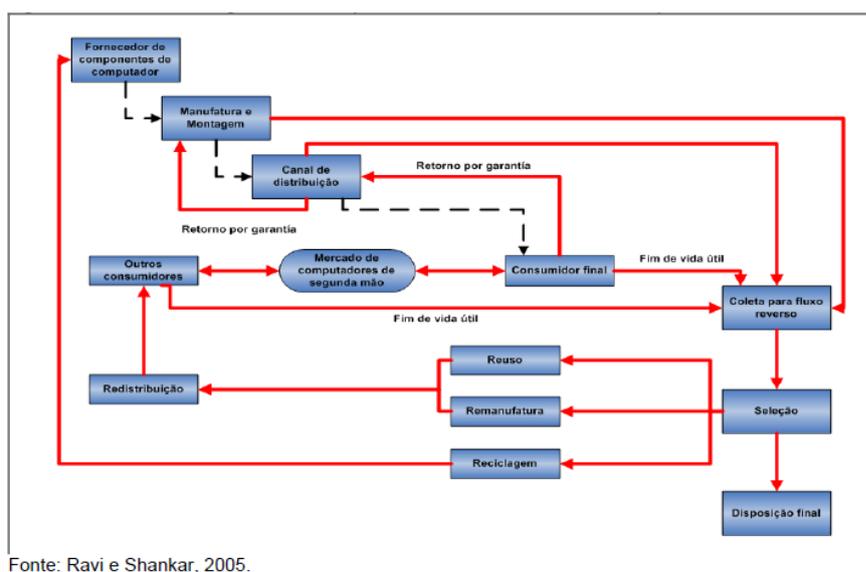
A Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil (PNRS), que foi sancionada pelo Governo Federal, sob o número de Lei n.º 12.305, em 2 de agosto de 2010, e regulamentada em 23 de dezembro de 2010 pelo Decreto n.º 7.404 torna obrigatória a implantação da logística reversa por parte das empresas produtoras, visando equacionar logisticamente o retorno dos produtos eletroeletrônicos.

Quatro são as determinantes que devem ser consideradas para a implementação de um sistema de logística reversa: os fatores econômicos, a legislação, consciência social e meio ambiente e pensamento verde (RAVI; SHANKAR; TIWARI, 2005).

Para SHIH (2001) quatro são os *stakeholders* integrados num sistema de logística reversa para computadores no fim de vida útil: (1) Pontos de coleta, constituído pelos próprios atacadistas e pelo canal de distribuição varejista, (2) Locais de armazenagem, que atuam como uma ponte entre os pontos de coleta e as plantas de desmanche e reciclagem, (3) Desmanche e reciclagem, que são plantas onde se desmancham, desmontam, trituram e classificam os principais componentes do computador e (4) Mercado de materiais de segunda mão, tratamento final e aterro de lixo.

Um quinto elemento, que não foi considerado, é o *stakeholder* dedicado ao recondicionamento e remanufatura de produtos. Em alguns casos são os próprios atacadistas e varejistas que fazem esta função, mas com escala de produção limitada. Na figura 4 abaixo, um modelo de framework para logística reversa:

Figura 4: Framework - logística reversa - fornecedores de computadores/hardware



O principal objetivo da logística reversa é criar e promover caminhos alternativos de ação para os produtos no fim de vida útil. O eixo principal para que um sistema de logística reversa no setor de produtos de tecnologia da informação e comunicação seja bem sucedido depende do grau de comprometimento de todos os atores que conformam esta cadeia (Consumidor Final-Varejista-Atacadista-Fabricante).

## **2.9 Projetos que utilizam o e-lixo como matéria-prima**

Neste tópico serão apresentados três projetos que utilizam e-lixo para promover a inclusão digital e social no país, ou seja, geram riqueza social a partir do que muitos consideram lixo.

### **2.9.1 Projeto E-tralha: Recicle esta Ideia (Maceió/AL)**

O projeto é uma iniciativa da Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas – UNCISAL através da Pró-reitoria de Planejamento e Gestão – PROPEG e do Centro de Tecnologia da Informação em Saúde – CETIS, devidamente cadastrado na PROEX como projeto de extensão. Criado em 05 de junho de 2009 – Dia Mundial do Meio Ambiente surgiu para preencher uma lacuna que existia no tocante às ações de tecnologia da informação e comunicação na Universidade, voltadas para a responsabilidade social e a inclusão digital.

O Foco principal do Projeto é a saúde pública protegendo a população de resíduos tóxicos que os equipamentos eletrônicos liberam ao ser despejados na natureza sem os cuidados necessários, mas também o lado social está presente através da promoção de ações para aumentar a vida útil dos equipamentos que possam ser consertados, cedendo-os de forma segura e gratuita para entidades e escolas carentes, visando à inclusão digital, utilizando a tecnologia da informação como um instrumento para a construção do conhecimento, a responsabilidade social e a educação ambiental.

O objetivo geral do E-tralha é recolher equipamentos de TIC cedidos por pessoas físicas e jurídicas conscientizando a população a respeito do descarte consciente dos equipamentos eletrônicos e através da recuperação destes promover a inclusão digital e a responsabilidade social.

Este projeto foi finalizado em novembro de 2011 devido a dificuldades de logística na Universidade (espaço físico, pessoal e recursos financeiros). Há uma possibilidade de ser reativado em nível de governo estadual.

A Secretaria de Estado da Gestão Pública, através da Superintendência de Patrimônio publicou, em 30 de janeiro de 2012 no Diário Oficial do Estado, o Decreto n.º 17.930/12 que utilizar um novo modelo de gestão dos procedimentos de descarte ou alienação de bens móveis patrimoniais. Órgãos da administração direta, autárquicas e fundacionais, do Poder

Executivo, terão mais celeridade no desfazimento ou redistribuição de bens. Esta normatização no trato com o patrimônio público, garante uma otimização e transparência à Gestão.

Excepcionalmente, o patrimônio antieconômico ou irrecuperável poderá ser cedido ou doado a entidades filantrópicas, sem fins lucrativos, mas, regularmente estabelecida no território do Estado. Para isso, ela precisa ser declarada de utilidade pública, com finalidade e uso de interesse social. Com este decreto é possível operacionalizar o Projeto E-tralha de forma mais eficiente.

Figura 5: Site do Projeto E-tralha: recicle esta ideia.



Fonte: <http://etralha.uncisal.edu.br> (acesso em 30/05/2011).

## 2.9.2 Projeto CDI (Centro de Democratização da Informática) – RJ

Pioneiro da inclusão digital na América Latina, o CDI é uma organização não governamental global, com sede no Brasil, e a missão de transformar vidas e fortalecer comunidades de baixa renda através do uso das tecnologias da informação e comunicação.

Atualmente, a ONG está presente em 13 países: Brasil, Argentina, Chile, Colômbia, Equador, Inglaterra, Jordânia, Madri, México, Peru, Uruguai, Venezuela e Estados Unidos, onde funciona um escritório de captação de recursos, network e divulgação do trabalho social promovido pelo CDI.

O principal do CDI é a sua metodologia – uma combinação de educação digital, cidadã e empreendedora - que tem como principal objetivo possibilitar que indivíduos de baixa renda criem uma identidade social, discutindo, entendendo e enfrentando juntos os desafios de suas comunidades. (Fonte: <http://www.cdi.org.br/page/nossos-numeros> (acesso em 29/02/12)).

Figura 6: Site do CDI



Fonte: <http://www.cdi.org.br/> (acesso em 02/05/2012).

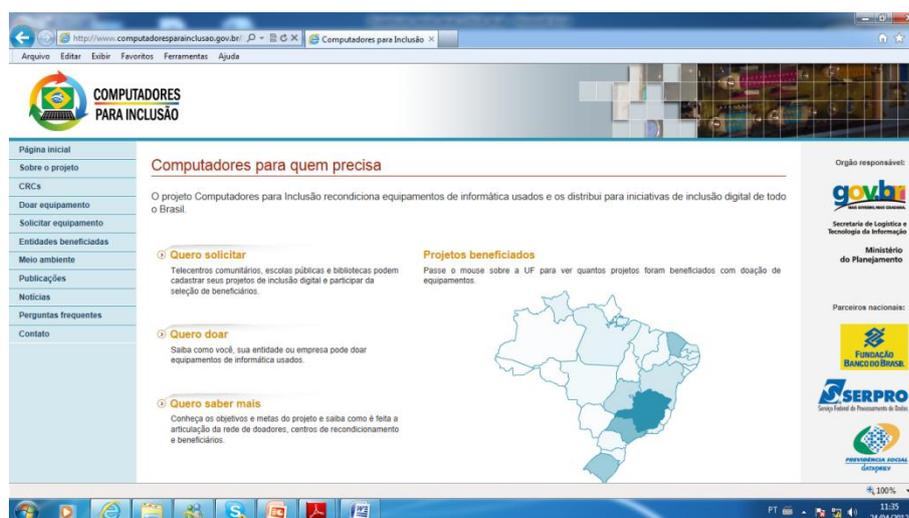
### 2.9.3 Projeto Computadores para Inclusão (Governo Federal)

Foi criado em 2004 como parte da política de inclusão digital do Governo Federal. Coordenado pela Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão - SLTI/MP, integrou as ações do Programa Inclusão Digital, integrante do Plano Plurianual de Aplicações (PPA).

O primeiro Centro de Recondicionamento de Computadores do Projeto Computadores para Inclusão, CRC-Cesmar, foi inaugurado em junho de 2006, na cidade de Porto Alegre (RS). Em 2007, iniciaram suas atividades os CRCs Gama, em Brasília (DF), e Oxigênio, em Guarulhos (SP). A unidade de Belo Horizonte (MG) entrou em operação em junho de 2008. Em outubro de 2009 foi a vez do CRC Recife. As unidades da Bahia e Pará foram criadas em fevereiro de 2010 e março de 2010, respectivamente.

Em 2011, o Projeto CI iniciou seu processo de transição para a Secretaria de Inclusão Digital, criada na estrutura do Ministério das Comunicações, no qual está sendo integrado às ações de formação e demais programas e projetos sob responsabilidade do novo órgão.

Figura 7: Site do Projeto Computadores para Inclusão



Fonte: <http://www.computadoresparainclusao.gov.br/sobre/> (acesso em 24/04/2012).

A realidade do lixo eletroeletrônico é resultante da rápida obsolescência dos equipamentos. O consumidor diante de tantas novidades que a própria mídia apresenta, acaba trocando equipamentos nos mais variados segmentos para outros mais atuais, com nova tecnologia e novos recursos sem dar o descarte adequado.

Cada vez mais o ser humano depende do aparato tecnológico em diversas áreas como saúde, educação, segurança pública, agricultura, dentre outras. Leis ou projetos, sejam federais ou estaduais, destacam a reciclagem dos resíduos sólidos quanto ao lixo tecnológico, como reparo, reutilização, atualização de equipamento existente e uso de materiais menos agressivos ao ambiente. O foco é a logística reversa, ou seja, a empresa que produz e insere o produto no mercado é responsável em recolher este produto no final da sua vida útil.

Enfatiza-se que o mais importante diante de todas as regras estabelecidas para as empresas que desenvolvem produtos eletroeletrônicos, é a conscientização do consumidor. Afinal todos precisam falar e seguir um único caminho quanto ao descarte deste tipo de lixo, para que haja diretrizes sérias e concretas quanto ao processo de reciclagem do lixo tecnológico.

A grande questão não é impedir o desenvolvimento tecnológico, mas utilizá-lo adequadamente, conciliando a defesa da natureza com os recursos que ela oferece. Assim, além de reduzir os impactos ou não impactar, o avanço tecnológico pode contribuir na recuperação do que já foi destruído. É preciso investir mais em educação ambiental e na estrutura para tratamento do e-lixo.

### **3 SAGA (SISTEMA DE APRENDIZAGEM DE GESTÃO AMBIENTAL) – FUNDAMENTOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO DO MODELO PROPOSTO**

#### **3.1 Raciocínio Baseado em Casos – RBC**

A ideia básica do Raciocínio Baseado em Casos (RBC) é utilizar e adaptar soluções que foram utilizadas para resolução de problemas anteriores, para serem utilizadas em um novo problema (Kolodner, 1993). O raciocínio baseado em casos é uma técnica da inteligência artificial que tem como objetivo resolver novos problemas, adaptando soluções utilizadas para resolver problemas anteriores (BARONE, 2003).

O RBC teve como inspiração e ponto de partida os trabalhos de Schank e Abelson sobre a Teoria do Roteiro e a Teoria da Memória Dinâmica (SÁ, NAKAMITI, 2002).

Em 1977, eles propuseram que o conhecimento geral da mente humana sobre as situações fica armazenado na memória como roteiros (*scripts*) e, na ocorrência de um evento, o *script* referente a outro evento semelhante é recuperado (WANGENHEIM, C., WANGENHEIM, A. 2003).

Em 1982, Schank apresentou o conceito de Pacote de Organização de Memória (MOPs), sendo este uma evolução dos roteiros, o qual representa os eventos através de cenas, adicionando informações contextuais específicas (HENRIQUES, 2006; LEE, 1998).

Outro estudo que contribuiu para a teoria do RBC foi o Raciocínio por Analogia, advindos dos trabalhos de Gick e Holyoak (1980) e Gentner (1983), este desenvolveu um modelo teórico da analogia (WANGENHEIM, C., WANGENHEIM, A. 2003; WATSON, MARIR, 1994). Posteriormente, pesquisas na área das Teorias da Formação de Conceitos, Resolução de Problemas e da Aprendizagem Experimental, dentro da filosofia e psicologia, prestaram sua contribuição ao tema.

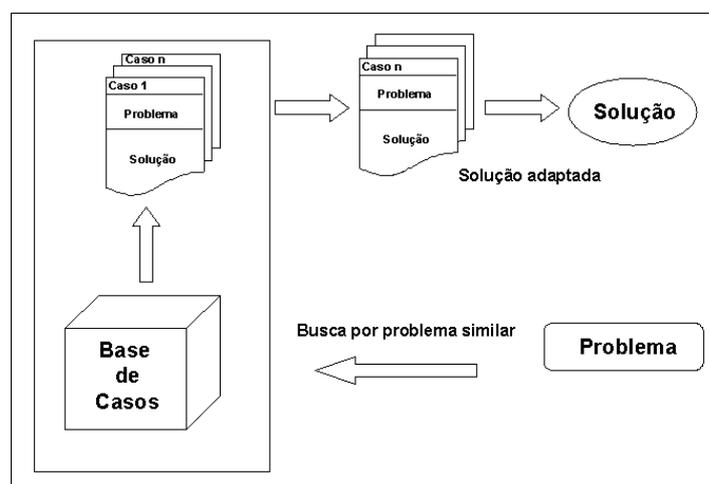
Em 1993, Janet Kolodner desenvolveu o primeiro sistema de RBC, baseado no modelo de memória dinâmica de Schank, conhecido como *Cyrus*. Este se tratava de um sistema de perguntas e respostas que integram o conhecimento obtido das descrições das viagens e reuniões do ex-Secretário de Estado dos Estados Unidos, Cyrus Vance, o que explica a origem do nome do sistema. O objetivo do *Cyrus* era encontrar, para uma questão colocada ao

sistema, soluções diplomáticas já postas em prática em situações anteriores (BARONE, 2003).

De acordo com Carbonell e Gentner, o RBC é uma técnica de resolução de problemas por analogia, ou seja, identifica pontos similares entre situações anteriores e atuais, a fim de analisar a solução encontrada para a criação de uma nova solução (GENTNER, 1983; CARBONEL L.; VELOSO, 1983).

Aamodt e Plaza afirmam que o raciocínio baseado em casos serve para resolver um novo problema através da lembrança de uma situação passada similar e pelo reuso de informação e conhecimento daquela situação (AAMODT, 1994).

Figura 8: Demonstração gráfica de RBC



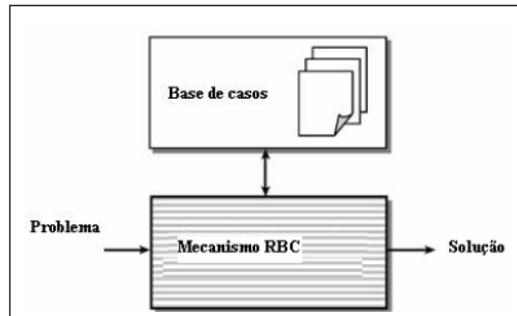
Fonte: AAMODT, 1994.

Na figura acima, temos a demonstração gráfica da ideia geral do raciocínio baseado em casos. Entregamos um problema novo e verificamos, através de técnicas de similaridade, os pontos em comum entre o problema atual e outros que estão armazenados na base de casos, com suas respectivas soluções. Ao encontrarmos o caso ou grupo de casos mais semelhantes, adaptamos sua solução, caso seja necessário.

Um caso pode ser definido como uma parte do contexto do conhecimento que representa uma experiência que ensina uma lição fundamental para alcançar as metas do sistema (PAL, 2004). O sistema aprende com um subproduto de sua atividade de raciocínio. Fica mais eficiente e mais competente com os resultados armazenados de experiências passadas do sistema.

Em nível mais alto de abstração, a estrutura de um sistema de RBC pode ser visto na figura a seguir (PAL, 2004):

Figura 9: Estrutura básica de um sistema RBC

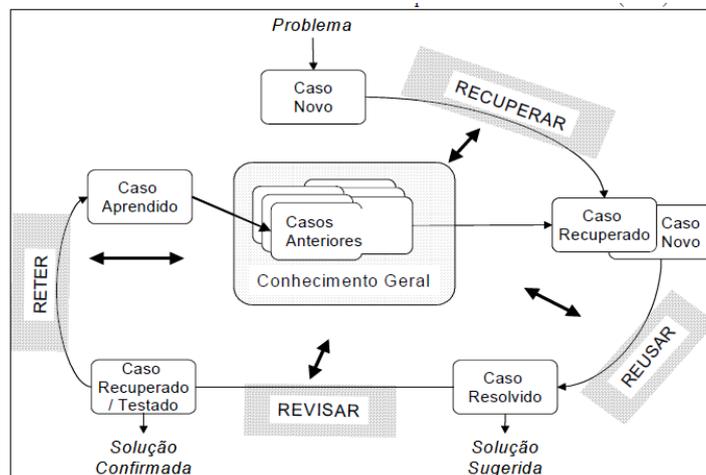


Fonte: Adaptado pelo autor, 2012.

A Figura acima incorpora o mecanismo de raciocínio com a especificação de entrada ou problema, a saída que define uma solução sugerida ao problema e a memória de casos passados. A base de casos é referenciada pelo mecanismo de raciocínio.

O ciclo de vida de uma solução do problema em um sistema de RBC, ilustrado na Figura 10, consiste essencialmente em quatro partes (WANGENHEIM, 2003): recuperação, reutilização, revisão e retenção de casos. Estes envolvem tarefas básicas como agrupamento de casos, classificação de casos, seleção de casos, geração de casos, indexação de casos, aprendizado de casos, medição de similaridade de casos, recuperação de casos, inferência e casos, raciocínio e regras de adaptação. Sistemas de RBC que integram estas características, em várias combinações, podem gerar ferramentas para apoio à decisão.

Figura 10: Ciclo do RBC



Fonte: Aamodt e Plaza, 1994.

Inicialmente, temos a descrição de um problema que define um novo caso. A partir desse novo caso, faz-se uma busca, na base de casos, por um caso ou um conjunto de casos mais semelhante à situação atual. Recupera-se esse caso, então, através de métricas de similaridades (AAMODT, 1994).

Resumindo as etapas para a construção de um sistema de raciocínio baseado em casos, temos: a) seleção da base de informação que formará a base de casos; b) análise e definição de quais são os atributos relevantes nessas informações, visto que serão usados para a solução do problema; c) definição de índices para os casos, para possibilitar a recuperação dos casos; d) escolha dos métodos de recuperação de casos para a verificação da similaridade entre casos da memória de casos e o novo problema; e) determinação de como será a adaptação do caso ou casos recuperados para solucionar o novo problema; e f) definição do processo de aprendizagem, ou seja, avaliação se as soluções que apresentaram sucesso devem ser armazenadas ou não, pois se deve evitar redundâncias na base de casos e verificar se há falha na solução, para o sistema explicar e aprender com ela, evitando-a no futuro.

O raciocínio por casos possui vantagens importantes em relação aos demais sistemas baseados em conhecimento tradicionais, como sistemas baseados em regras. Nos sistemas baseados em regras, o processo de aquisição do conhecimento pode ser trabalhoso e pouco confiável por ser difícil expressar, através de regras, o conhecimento tácito adquirido pelos especialistas, muitas vezes, em áreas de conhecimento ainda imaturas (LEAKE, 1996).

Outras vantagens de RBC de vários pontos de vistas são (PAL, 2004): a) Redução da tarefa de aquisição de conhecimento; b) Evita repetir enganos feitos no passado; c) Fornece flexibilidade dentro da modelagem de conhecimento; d) Argumenta domínios que não foram completamente compreendidos, definidos ou modelados; e) Faz previsões do sucesso provável de uma solução oferecida; f) É capaz de raciocinar em um domínio com um conjunto pequeno de conhecimento; g) Evita repetir todos os passos que precisam ser levados para chegar a uma solução; h) Fornece um meio de explicação.

Nos sistemas baseados em casos, o conhecimento não é representado por regras, mas por exemplos e isso facilita a expansão do sistema, visto que é mais fácil adicionar casos concretos a ele do que reescrever regras extensas (TENBACK, 1994).

### 3.2 Aprendizagem Baseada em Problema - ABP

Uma fonte de pesquisa importante sobre ABP foi o livro “*The Cambridge Hand Book of The Learning Sciences*” Editado por R. Keith Sawyer – Cambridge University Press – 2006 – no seu capítulo 19 (os autores deste capítulo são: Joseph S. Krajcik e Phyllis C. Blumenfeld). Outras fontes foram consultadas para enriquecer o texto deste trabalho.

Em 1980 e 1990, pesquisadores em educação, perceberam que quando os alunos são entediados e descomprometidos, eles são menos propensos para aprender (Blumenfeld et al., 1991). Por volta de 1990, tornou-se óbvio para pesquisadores em educação que o problema não era culpa dos alunos, havia algo errado com a estrutura da aprendizagem. Se pudessem encontrar uma forma de envolver os alunos na sua aprendizagem, para reestruturar a sala de aula para que os alunos fossem motivados para aprender, isso seria uma mudança importante (Joseph S. Krajcik e Phyllis C. Blumenfeld, 2003).

A sala de aula com base no projeto permite aos alunos investigar questões, propor hipóteses e explicações, discutir as suas ideias, desafiar as ideias dos outros, e tentar novas ideias. Pesquisas têm demonstrado que os alunos na ABP em sala de aula obtêm notas mais altas do que os alunos de sala de aula de forma tradicional (Marx et al., 2004; Rivet & Krajcik, 2004; William & Linn, 2003).

Estudos das experiências com alunos descobriram que quase todos os alunos estavam entediados na escola, até aqueles que marcaram bem em testes padronizados (Csikszentmihalyi, Rathunde, e Whalen, 1993). As ideias principais das ciências da aprendizagem são: a) construção ativa; b) aprendizagem situada; c) interações sociais; e d) as ferramentas cognitivas.

Observa-se, no ambiente escolar, aspectos que contribuem para a falta de estímulo da aprendizagem, como por exemplo: a) alunos entediados na escola; b) matriz curricular, muitas vezes, dissociada da realidade vivenciada pela população; e c) enorme quantidade de conteúdo disponível. Como se pode observar a falta de motivação dos alunos é um grande entrave para a aprendizagem, principalmente, na era da informação. Diante deste cenário cabe aos professores buscar meios para reverter este quadro, fazendo com que os alunos sejam motivados, utilizando o aparato tecnológico disponível e utilizando como conteúdo educacional a realidade vivenciada por estes alunos. Daí cabe algumas reflexões do tipo: a)

como proporcionar um ensino de qualidade? b) Como potencializar a capacidade intelectual do aluno na sala de aula? e c) Como adaptar e socializar o processo ensino-aprendizagem na sociedade globalizada?

Os ambientes de aprendizagem que são baseados em problema têm cinco características fundamentais (Blumenfeld et al., 1991 Krajcik;, et al. 1994; Krajcik, Czerniak, e Berger, 2002): 1. Eles começam com uma questão de condução, um problema a ser resolvido; 2. Os estudantes exploram a questão de condução participando de forma autêntica, situando-se de forma inquiridora - os processos de resolução de problemas que são centrais para o bom desempenho na disciplina; 3. Estudantes, professores e membros da comunidade participam de atividades de colaboração para encontrarem soluções para a questão que está sendo conduzida; 4. Enquanto envolvidos no processo de investigação, os alunos são orientados com tecnologias de aprendizagem que irão ajudá-los a participar em atividades normais, além de ajudar no desenvolvimento de sua capacidade; e 5. Os alunos criam um conjunto de produtos tangíveis que abordam a questão proposta. Estes artefatos são compartilhados, acessíveis ao público com representações externas da classe de aprendizagem.

A ABP (em inglês: *Problem Based Learning - PBL*) é uma estratégia educacional, centrada no aluno, que o ajuda a desenvolver o raciocínio e a comunicação, habilidades essenciais para o sucesso em sua vida profissional. O aluno é constantemente estimulado a aprender e a fazer parte do processo de construção desse aprendizado (Delisle 1997; Duch et al. 2001).

As raízes da ABP têm origem por volta de mais de cem anos atrás, com o trabalho do educador e filósofo John Dewey (1959), cujo trabalho no Laboratório Escola da Universidade de Chicago baseou-se no processo de questionamento. Dewey argumenta que os alunos desenvolvem investimentos pessoais no material se eles se envolverem em tempo real, em tarefas significativas e problemas que imitam o que os especialistas fazem em situações do mundo real. Nas últimas duas décadas, pesquisadores das ciências da aprendizagem aperfeiçoaram e elaboraram uma visão original de Dewey que mostrou os resultados ativos de questões mais profundas. Novas descobertas no campo das ciências da aprendizagem levaram a novas maneiras de compreender como as crianças aprendem (Bransford, Brown, & Cocking, 1999).

O Construtivismo (Perkins, 1991; Piaget, 1969; Vygotsky, 1978 apud Gant 2002) explica que os indivíduos constroem o conhecimento por intermédio das interações com seu ambiente, e a construção do conhecimento de cada indivíduo é diferente.

A ABP, também conhecida por PBL (*Problem-Based Learning*) surgiu na Escola Médica da Universidade de MacMaster, em Hamilton, Província de Ontário no Canadá, na década de 60 (no ano de 1969). Depois foi implantada em Maastricht, na Holanda, Newcastle, na Austrália, Harvard, nos Estados Unidos, entre outras, nos cursos de Ciências Médicas.

No Brasil, as instituições precursoras na implantação desta modalidade de estrutura curricular foram a Faculdade de Medicina de Marília, em 1997, e o Curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina, em 1998. No Estado do Rio de Janeiro, o curso de graduação em Medicina da Fundação Educacional Serra dos Órgãos (FESO) — atual Centro Universitário Serra dos Órgãos (UNIFESO) — foi pioneiro em um contexto de adoção curricular de metodologias ativas de ensino-aprendizagem, em 2005.

Na ABP os alunos participam em tempo real, dos problemas significativos e que são importantes para eles e que são semelhantes ao que os cientistas fazem. Nós agrupamos essas lições em torno das cinco principais características de aprendizagem baseada em projetos, são elas:

**Característica 1:** Questões de condução - a marca de aprendizagem baseada em projetos é uma pergunta que conduz a instrução e guia os alunos para o que consideram significativo e importante (Blumenfeld ET al., 1991; Krajcik et al., 2002).

Questões de boa condução têm várias características: a) ser possível que os alunos possam projetar e executar investigações para responder à pergunta; b) vale a pena na medida em que contêm conteúdo rico em ciência que se alinha com a legislação e normas nacional ou distrital e se relaciona com o que os cientistas realmente fazem; c) contextualizada no mundo real em que eles vivem, não trivial, é importante; d) significativa na medida em que são interessantes e emocionantes aos alunos; e) ética na medida em que não fazem danos às pessoas, organismos ou no ambiente (Al Krajcik al., 2002).

**Característica 2:** Inquérito Situado ao longo da história da educação científica, os cientistas têm argumentado que a instrução da ciência deve ser espelho do processo científico (Hurd, 1970; Conselho Nacional de Pesquisa, 1996, Rutherford, 1964; Scardamalia & Bereiter, neste volume).

**Característica 3:** Colaborações - aprendizagem baseada em projetos oferece oportunidades para estudantes, professores e membros da sociedade de colaborar um com o outro para investigar questões e ideias. A sala de aula torna-se uma comunidade de aprendizes (Brown & Campione, 1994).

**Característica 4:** Usando as ferramentas da tecnologia de apoio à aprendizagem ferramentas tecnológicas podem ajudar a transformar a sala de aula em um ambiente em que aumente o conhecimento (Linn, 1997; Tinker, 1997; White & Fredrickson, , 2000).

Edelson (2001) dá três razões para ferramentas de uso da tecnologia nas escolas: (1) eles se alinham com a prática da ciência, (2) podem estar presentes na dinâmica e interagir, e (3) que fornecem sem precedentes oportunidades para movimentar o ensino fora a partir de um modelo de transmissão e aquisição de instrução.

**Característica 5:** Criação de Artefatos - aprender a pesquisar ciências mostra que os estudantes aprendem de forma mais eficaz quando desenvolvem artefatos – representações externas dos seus conhecimentos construídos. Em ABP, o resultado desses artefatos vem das investigações sobre a questão de condução (Blumenfeld et al., 1991).

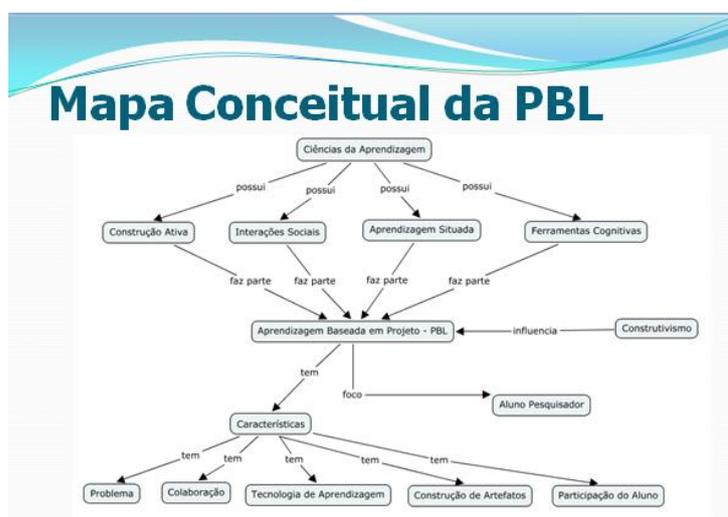
A ABP é essencialmente um método de ensino-aprendizagem que utiliza problemas da vida real (reais ou simulados) para iniciar, focar e motivar a aprendizagem de teorias, habilidades e atitudes.

Conforme Sakai e Lima (1996), temos a seguinte apresentação sobre a ABP:

O PBL é o eixo principal do aprendizado teórico do currículo de algumas escolas de Medicina, cuja filosofia pedagógica é o aprendizado centrado no aluno. É baseado no estudo de problemas propostos com a finalidade de fazer com que o aluno estude determinados conteúdos. Embora não constitua a única prática pedagógica, predomina para o aprendizado de conteúdos cognitivos e integração de disciplinas. Esta metodologia é formativa à medida que estimula uma atitude ativa do aluno em busca do conhecimento e não meramente informativa como é o caso da prática pedagógica tradicional.

A ABP preocupa-se em formar um profissional autônomo, inquiridor, motivado e desejoso de novas informações, capaz de aplicar praticamente os conhecimentos teóricos estudados, mas, sobretudo, pró-ativo na busca das soluções para os problemas que lhe são frequentemente apresentados. Pode-se ver o mapa conceitual da ABP na figura abaixo:

Figura 11: Mapa Conceitual PBL



Fonte: baseado na concepção e entendimento do autor, 2010.

A construção do problema, conforme orientações seguidas pela Faculdade de Medicina da Universidade de Maastricht-Holanda, deve:

1. Consistir de uma descrição neutra do fenômeno para o qual se deseja uma explicação no grupo tutorial;
2. Ser formulado em termos concretos;
3. Ser conciso;
4. Ser isento de distrações;
5. Dirigir o aprendizado a um número limitado de itens;
6. Dirigir apenas a itens que possam ter alguma explicação baseada no conhecimento prévio dos alunos;
7. Exigir não mais que em torno de 16 horas de estudo independente dos alunos para que seja completamente entendido de um ponto de vista científico (complementação e aperfeiçoamento do conhecimento prévio). (Sakai e Lima, 1996).

Nessa metodologia o aluno é considerado como o ator responsável por seu aprendizado, o que inclui a organização de seu tempo e a busca das oportunidades para aprender. Para facilitar a discussão, os acadêmicos são divididos em grupos de número reduzido (de 4 a 5), sendo que cada grupo é orientado por um professor tutor. Este trabalho implica a busca de informações e conceitos – de forma autônoma e planejada – na biblioteca, Internet, junto a docentes e profissionais especialistas.

Os alunos devem discutir o problema e formular os objetivos de aprendizagem. Não se trata apenas de encontrar a solução do problema, mas entender para que se deve resolver aquele problema, quais os objetivos de aprendizagem. Primeiramente, os grupos discutem os objetivos de aprendizagem, para depois se dedicarem ao estudo individual e, por fim, discutirem todos juntos os resultados encontrados, assessorados por um professor-tutor.

<b>Análise</b>
Passo 1: esclarecer termos e/ou expressões desconhecidas no problema
<b>Passo 2: definir o problema a ser discutido</b>
Passo 3: análise e troca de conhecimentos sobre o problema ("chuva de idéias"). Tentativa de solucionar o problema com base nos conhecimentos prévios
<b>Passo 4: revisão dos passos 2 e 3, com sistematização das hipóteses do passo 3 para resolução do problema</b>
Passo 5: definição dos objetivos de aprendizagem
<b>Intervalo</b>
Passo 6: levantamento de recursos de aprendizagem e estudo individual
<b>Resolução</b>
Passo 7: discussão e resolução do problema a partir da revisão do Passo 4, à luz dos conhecimentos adquiridos no Passo 6.

Figura 12: Os 7 passos do grupo tutorial, Universidade de Maastricht, Holanda. ABP: uma nova referência para a construção do currículo médico. Fonte: Revista Médica de Minas Gerais 2008; 18(2):123-131.

A característica mais importante na ABP é o fato de uma situação-problema sempre preceder a apresentação dos conceitos necessários para sua solução. Os problemas da ABP devem ser reais ou potencialmente reais e envolver, explícita ou implicitamente, muitas das variáveis sociais e ambientais inerentes ao contexto profissional real. Na figura abaixo se faz uma comparação entre o ensino tradicional e a ABP.

Tabela 5: Relação ABP x Tradicional

<b>Relação PBL x Tradicional</b>		
TRADICIONAL	PBL	PROBLEMATIZAÇÃO
Ensinar → aprender	Aprender a aprender	Aprender fazendo
Disciplinas	Módulos temáticos "problemas"	Problemas oriundos da realidade
Aulas expositivas	Tutorias	A realidade, campo de atuação. Ação – reflexão - ação
Aluno passivo Professor centro das atenções	Aluno centro das atenções Professor facilitador da aprendizagem (tutor)	Aluno centro das atenções Professor é instrutor da aprendizagem e a comunidade é coadjuvante
Prática em laboratórios específicos ambulatórios e hospitais (50%)	Prática em laboratório multifuncional para integrar as atividades, informática, habilidades e atitudes, ambulatórios e hospitais (20%)	Prática na UBS/PSF ou outro cenário.
Avaliação somativa	Avaliação formativa e somativa	Avaliação formativa e somativa

Fonte:  
[http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0C8UQFJAASurl=http%3A%2F%2Fwww.cesupa.br%2FGraduacao%2FBiologicas%2Fdoc%2FMedicina%2F12-02-07%2Ftutoria\\_inicial.ppt&rct=j&q=positivos+da+pbl&ei=0QwITKkODs988ga1srjAAQ8usg=AFQjCjNH6uQIThJ2EYF-YQODz527rwPww](http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0C8UQFJAASurl=http%3A%2F%2Fwww.cesupa.br%2FGraduacao%2FBiologicas%2Fdoc%2FMedicina%2F12-02-07%2Ftutoria_inicial.ppt&rct=j&q=positivos+da+pbl&ei=0QwITKkODs988ga1srjAAQ8usg=AFQjCjNH6uQIThJ2EYF-YQODz527rwPww)  
 Acesso em 03/06/10)

A Metodologia ABP pode ser considerada inovadora na medida em que consegue incorporar e integrar conceitos de várias teorias educacionais e operacionalizá-las na forma de um conjunto consistente de atividades.

O método ABP tem sido muito usado diante do constante avanço tecnológico, as Instituições de Ensino Superior têm buscado meios de manter o aluno focado nas necessidades do mercado e para isso está investindo em novas maneiras de ensinar. A ABP tem sido uma das alternativas. Vários países a adotam para formar um profissional não apenas com habilidades relacionadas ao conteúdo técnico das disciplinas, mas também o desenvolvimento de outros atributos essenciais a qualquer profissional da atualidade pronto para os desafios da nossa sociedade.

A utilização da Metodologia ABP como estratégia de ensino, utilizando o aparato tecnológico disponível, permite ao aluno/aprendiz construir seu conhecimento a partir da resolução de problemas propostos. Estes problemas devem retratar os significados e a relevância dos conteúdos trabalhados na Atividade de Aprendizagem, uma vez que tais problemas devem ser contextualizados, proporcionando meios para uma aprendizagem significativa.

Os sistemas computacionais permitem que sejam criados ambientes propícios ao uso da ABP promovendo a disseminação do conhecimento de forma a atingir um grande número de alunos/aprendizes, motivando-os a “pensar o mundo em que vivem” e propor soluções factíveis para os problemas vivenciados na sua sociedade.

### **3.3 Algoritmo Genético**

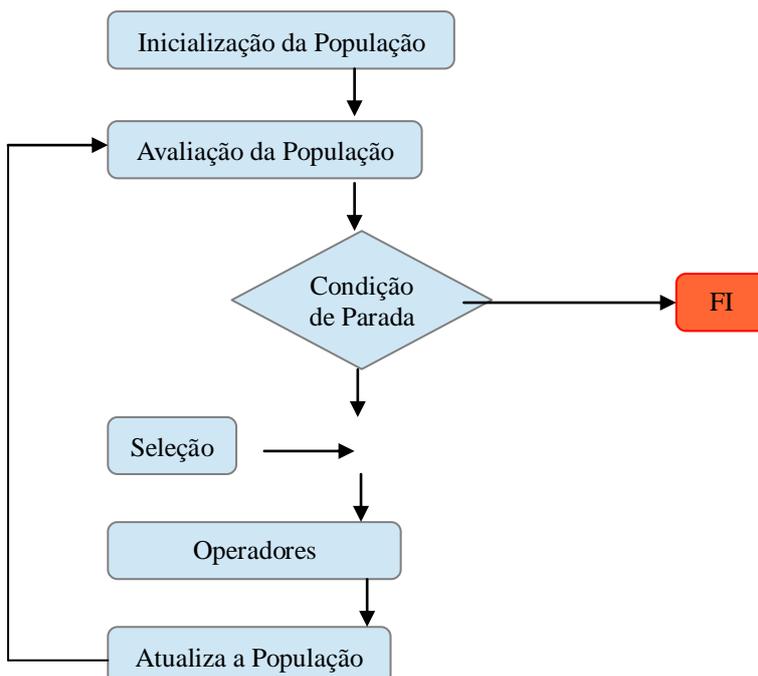
A Teoria da Evolução das Espécies proposta por Darwin em 1859 vem causando transformações no pensamento científico. Primeiro na Biologia por opor-se ao pensamento da época - o criacionismo. Hoje esta mesma ideia vem servindo de base para o desenvolvimento de uma nova abordagem computacional denominada de algoritmo genético. Os pressupostos básicos da Teoria de Darwin são: a) os indivíduos que habitam uma dada região disputam continuamente pelos recursos presentes nesta região; b) dos indivíduos que habitam uma determinada região, alguns possuem maior chance de sobreviver e gerar descendentes em função das suas características - tais indivíduos são denominados de indivíduos adaptados; c) algumas vezes durante o processo de replicação e transmissão dos genes dos indivíduos

ancestrais aos seus descendentes ocorre o fenômeno conhecido como mutação. Este fenômeno gera uma alteração no código genético do novo indivíduo, permitindo desta forma que a natureza adquira a capacidade de explorar um número maior de combinações e possibilidades genéticas.

No ambiente computacional encontram-se problemas cuja solução está em encontrar as características de um sistema com o intuito de extrair o maior número possível de benefícios. Por exemplo: um sistema para determinar a rota de uma linha de ônibus com a intenção de maximizar o número de passageiros e minimizar as distâncias percorridas. Os algoritmos genéticos vêm sendo a abordagem computacional mais empregada aos problemas de otimização, em função das suas características podendo ser facilmente modelados para diferentes cenários. Faremos a descrição do algoritmo genético de Holland e a alteração proposta para que o mesmo seja aplicado ao problema tratado na presente dissertação.

**3.3.1 O Algoritmo Genético de Holland** - Inspirado na Teoria de Evolução das Espécies um aluno de doutorado da Universidade de Michigan, chamado John Holland (HOLLAND, 1975), desenvolveu uma abordagem computacional denominada de algoritmo genético composta pelas etapas de: inicialização, avaliação, seleção, cruzamento, mutação, atualização e finalização (figura 13).

Figura 13: Funcionamento do Algoritmo Genético de Holland



Fonte: adaptado pelo autor, 2013.

Basicamente, o que um algoritmo genético faz é criar uma população de possíveis resultados para o problema a ser modelado para depois submetê-la ao processo de evolução. A primeira etapa do processo de evolução é avaliar os indivíduos da população atual para atribuir a cada um o valor da sua adaptação, tal valor indica o quanto é boa a qualidade do resultado representado pelo indivíduo ao problema. A segunda etapa realiza a seleção dos indivíduos com maior valor de adaptação para serem submetidos à etapa de reprodução, constituídos pelos operadores genéticos de cruzamento e mutação. Enquanto a operação de cruzamento combina as características de dois indivíduos da população atual para gerar novos descendentes, a operação de mutação altera algumas características de um indivíduo com o intuito de gerar um novo indivíduo que ainda não faz parte da população trabalhada pelo algoritmo genético. Após a etapa de reprodução vem a de atualização da população a ser considerada pelo algoritmo genético com um conjunto de possíveis resultados para o problema em foco, a ação desta operação é decidir quais indivíduos deverão sobreviver e quais deverão morrer. Por fim, a etapa de verificação avalia se a população atual já contém os indivíduos que correspondem à qualidade dos resultados esperados para o problema.

Os indivíduos são a unidade fundamental de um algoritmo genético: eles codificam possíveis soluções para o problema a ser tratado, é através de sua manipulação que as respostas são encontradas. No algoritmo genético de Holland os indivíduos são representados por vetores binários, sendo de responsabilidade do desenvolvedor a definição de uma função tanto para codificar um possível resultado para o problema em um vetor binário, como para decodificar um vetor binário em um resultado. O sucesso do algoritmo genético dependerá da escolha dessa representação.

A adaptação de um indivíduo ao problema pode ser medida pelo cálculo do valor da função de adaptação que expressa qual a maior proximidade do objetivo do problema o indivíduo em foco está. Enquanto a adaptação relativa do indivíduo a adaptação da população

é dada pela seguinte equação:

$$f_i^P = \frac{f_i}{\sum_{j \in P} f_j}$$

onde  $f_i$  é o valor da adaptação do indivíduo  $i$ .

A população é um vetor de indivíduos que evolui propagando as características dos indivíduos mais adaptados as gerações subsequentes pela ação do operador genético de cruzamento, gerando novas características para os indivíduos da população pela ação do

operador genético de mutação. Dependendo da natureza do problema frequência com que os operadores genéticos de cruzamento e mutação ocorrem em uma população pode ser controlada pela definição das probabilidades de cruzamento e mutação.

Uma qualidade de uma população é determinada pelo cálculo da adaptação média de

uma população, definido como:

$$m_p = \frac{\sum_{i \in P} f_i}{\text{cardinalidade}(P)}$$

onde  $f_i$  é o valor da adaptação do indivíduo  $i$ , e  $\text{cardinalidade}(P)$  é a função que recebe uma população e devolve o seu tamanho.

O módulo de inicialização de um algoritmo genético é responsável por gerar a população inicial, a partir da qual será gerada a evolução na busca do resultado de um problema. Normalmente usa-se uma rotina aleatória para gerar os indivíduos que compõe a população inicial, desde que esta rotina seja capaz de garantir diversidade entre os indivíduos, de modo que o algoritmo genético não seja forçado a gerar como resultado uma população formada somente com os cromossomos da população inicial. Isso porque se toda a população for da mesma espécie não existirá possibilidade do algoritmo gerar uma outra espécie, em outras palavras se todos os indivíduos da população pertencerem a um mesmo sub-espço do espaço de busca, então a população final retornada pelo algoritmo genético tem grandes chances de também pertencer a este sub-espço. As rotinas de inicialização mais conhecidas são: a) inicialização randômica uniforme: os bits “0” e “1” devem ser sorteados aleatoriamente uniforme; b) inicialização randômica não uniforme: determinado bit deve ter uma ocorrência maior do que o outro bit; c) inicialização o randômica com “dope”: parte da população é gerada pela inicialização randômica uniforme e a outra parte é gerada por um algoritmo de inicialização otimizado; d) Inicialização parcialmente enumerativa: são inseridos na população indivíduos de forma a fazer com que esta comece o processo de evolução possuindo indivíduos pertencentes a todos os sub-espços do espaço de busca de um determinado problema.

O módulo de seleção usa o valor de adaptação dos indivíduos da população para escolher quais indivíduos deverão ser submetidos a ação dos operadores genéticos. Dependendo do comportamento deste módulo as características existentes nos indivíduos da população que conduzem a um resultado satisfatório poder ser conservadas ou perdidas. Na opinião de Dawkins (DAWKINS, 1996) existem duas propriedades necessárias a uma rotina

de seleção: a) operar de forma determinística, ao adotar os valores da adaptação dos indivíduos para decidir se o mesmo deve ou não gerar descendentes; e b) acumular as características presentes nos indivíduos mais adaptados das gerações anteriores.

Na literatura de computação evolucionária existem várias rotinas para efetuar a seleção de um algoritmo genético, denominadas de:

a) seleção por ranking (*rank selection*) (HOLLAND, 1975): os indivíduos da população são ordenados de acordo com seu valor da adaptação, sendo selecionado os k indivíduos iniciais dessa população ordenada;

b) seleção por roleta (DAVIS , 1991): pode ser resumida nos seguintes passos:

calcula-se o somatório da adaptação dos indivíduos da população ( $f_{total}$ )

constrói-se um vetor de tamanho M, preenche-se as suas células com cópias dos

indivíduos da população atual de acordo com a seguinte equação

$$num_{cel} = \frac{f_i * M}{f_{total}}$$

gera-se um número aleatório pertencente ao intervalo  $[0, f_{total}]$

seleciona-se o indivíduo i, que ocupa a célula x no vetor construído;

c) seleção por torneio (GOLDBERG, 1989; WALL, 2000; GEYER-SCHULTZ, 1997): o indivíduo selecionado é o mais adaptado de uma sub-população da população atual gerada aleatoriamente;

d) seleção estocástica (WHITLEY; GOLDBERG, 1989; GEYER-SCHULTZ, 1997): é uma variação da seleção por roleta, sendo que o número de cópias de um indivíduo no vetor é

dada pela parte decimal da fórmula:  $num_{cel} = \frac{f_i * M}{m_p}$  ; uma vez construída a população dos indivíduos que irão gerar descendentes, o próximo passo é formar todos os pares possíveis com este indivíduos e associar a cada par um valor aleatório. Quando o valor aleatório de um par for menor ou igual a probabilidade de cruzamento definida para o algoritmo genético, então o operador genético de cruzamento é aplicado sobre os indivíduos desse par gerando os seus descendentes.

O operador de cruzamento é responsável por combinar as características dos cromossomos pais em um ou mais cromossomos denominados de filhos. O comportamento do operador de cruzamento pode ser: a) cruzamento de um ponto de corte: dados dois indivíduos  $x$  e  $y$  de comprimento  $lg$ , sorteia-se um número  $p_c$  natural, tal que  $1 < p_c < lg$ , o primeiro indivíduo filho  $f_0$  receberá todos o material genético do indivíduo  $x$  da posição 1 até a posição  $p_c$  e todos o material genético do indivíduo  $y$  de  $p_c+1$  até a posição  $lg$ . Enquanto o filho  $f_1$  receberá todo o material genético do indivíduo  $y$  da posição 1 até a posição  $p_c$  e todos o material genético do indivíduo  $x$  de  $p_c+1$  até a posição  $LG$ ; b) cruzamento de vários pontos de corte: o cruzamento de vários pontos de corte é uma generalização do operador de cruzamento de um ponto de corte. Nele são sorteados um número fixo  $n$  de pontos de corte. Como regra geral, dados dois indivíduos  $x$  e  $y$  de comprimento  $lg$ , sorteia-se  $n$  número  $p_{c1}, p_{c2}, \dots, p_{cn}$  natural, tal que  $1 < p_{c1} < p_{c2} < \dots < p_{cn} < lg$ , o primeiro indivíduo filho  $f_0$  receberá todo o material genético do indivíduo  $x$  da posição 1 até a posição  $p_{c1}$ , todo o material genético do indivíduo  $y$  de  $p_{c1}+1$  até a posição  $p_{c1}$ , todo o material genético do indivíduo  $x$  de  $p_{c2}+1$  até a posição  $p_{c3}$ , e assim por diante. Enquanto o filho  $f_1$  receberá todo o material genético do indivíduo  $x$  da posição 1 até a posição  $p_{c1}$ , todo o material genético do indivíduo  $y$  de  $p_{c1}+1$  até a posição  $p_{c1}$ , todo o material genético do indivíduo  $x$  de  $p_{c2}+1$  até a posição  $p_{c3}$ , e assim por diante; c) cruzamento segmentado: o cruzamento segmentado é uma variação do cruzamento de vários pontos de corte, sendo que no cruzamento segmentado o número de pontos de corte deve ser gerado aleatoriamente a cada vez que uma operação de cruzamento for executada; d) cruzamento uniforme: o cruzamento uniforme também é uma variação do cruzamento de vários pontos de cortes, com a exigência de que a quantidade de material genético herdada pelos cromossomos filhos de cada indivíduo pai seja igual a mais ou menos uma unidade.

A operação de mutação é responsável por gerar indivíduos com características genéticas diferentes das presentes nos indivíduos da população atual, ou seja, esta operação é responsável por gerar perturbações no sistema e impedir que o mesmo caía em ótimo local. A operação de mutação pode ser aplicada tanto sobre os indivíduos selecionados, como sobre os indivíduos gerados pela operação de cruzamento. Independente do caso deve se associar a cada indivíduo da população considerada para mutação um valor aleatório. Quando o valor aleatório de um indivíduo for menor ou igual a probabilidade de mutação definida para o algoritmo genético, então o operador genético de mutação é aplicado sobre esse indivíduo gerando o seu mutante. Existem na literatura várias descrições de operação de mutação entre

elas: a) mutação por troca: sorteia duas posições do indivíduo original e troca o bit que ocupa essas posições no indivíduo; b) mutação *creep*: sorteia uma posição do indivíduo original e um valor aleatório, em seguida soma ao bit da posição o valor gerando assim um novo.

Após a geração de novos indivíduos pela ação dos operadores genéticos é hora de construir a nova população a ser considerada pelo algoritmo genético no módulo de atualização da população. Na forma mais tradicional os algoritmos genéticos trabalham com uma população de tamanho fixo ficando o comportamento do módulo de atualização amarrado a essa exigência. Entre os procedimentos mais adotados na comunidade de computação evolutiva tem-se: a) elitista: constrói-se uma nova população formada pelos indivíduos mais adaptados da população atual, população gerada por cruzamento e população gerada por mutação; b) determinística: os indivíduos da população atual só podem ser substituídos pelos seus indivíduos descendentes ou mutantes se este tiver valor de adaptação maior do que a do indivíduo da população atual.

O módulo de finalização é responsável por informar quando o algoritmo genético encontrou uma solução que atenda as condições de satisfação. Os critérios para a parada podem ser vários, desde o número de gerações já criadas até o valor da adaptação média da população atual.

Considere o problema de classificar fardamentos de uma loja que vende uniformes escolares por escola e tamanho antes de arrumá-los nas prateleiras, onde as roupas fabricadas pela loja são das escolas: Aprender (1), Saber (2), Viver (3) e Ensinar (4); e os tamanhos são representados pelos tamanhos: Pequeno (P), Médio (M), Grande (G) e Extra Grande (E).

A solução consiste em uma lista contendo todas as combinações possíveis entre as escolas e tamanhos das fardas comercializadas pela loja, tal que o número das escolas e dos tamanhos esteja disposto em ordem crescente. O número de combinações possíveis entre as 4 escolas e os 4 tamanhos é 16, logo esta lista é formada por 16 pares ( $escola_i$ ,  $tamanho_j$ ), tal que  $escola_i \leq escola_{i+1}$  e  $tamanho_j \leq tamanho_{j+1}$ , com  $i \in \{1,2,3,4\}$  e  $j \in \{P, M, G, E\}$ .

Mas para que este resultado possa ser codificado em um cromossomo representado por um vetor binário de tamanho fixo  $m$ , como definido por Holland, será preciso primeiro codificar cada par ( $escola_i$ ,  $tamanho_j$ ) em uma sequência binária. Como o número de pares é 16, então o tamanho desta sequência é 4, já que uma sequência binária de tamanho  $x$  pode

expressar valores naturais pertencentes ao conjunto  $\{0,1,\dots,2^x-1\}$ . A Tabela 6 mostra a relação das escolas e dos tamanhos comercializados pela loja, em cadeias binárias de tamanho igual a 4.

Tabela 6: Codificação dos pares  $(escola_i, tamanho_j)$  em seqüências binárias de tamanho igual a 4

	Aprender	Saber	Viver	Ensinar
P	0000	0001	0010	0011
M	0100	0101	0110	0111
G	1000	1001	1010	1011
EG	1100	1101	1110	1111

Fonte: autor, 2013.

De posse da codificação do par  $(escola_i, tamanho_j)$  em cadeias binárias de tamanho igual a 4, o cromossomo será representado por um vetor contendo todas as cadeias binárias correspondentes aos pares  $(escola_i, tamanho_j)$  da tabela acima, ou seja, o cromossomo é o vetor  $\langle v_1, \dots, v_{64} \rangle$ , sendo cada subcadeia de quatro bits correspondente a codificação de um par  $(escola_i, tamanho_j)$  relacionada na tabela descrita acima.

A função de adaptação para este problema deve considerar a ordem em que os pares estão dispostos, assim para calculá-la será necessário antes definir uma função que gere o índice do par  $(escola_i, tamanho_j)$  correspondente a cadeia binária de tamanho 4 que o representa. Seja  $decPar: S_B \rightarrow R$ , onde  $S_B$  é o conjunto das cadeias binárias de 4 bits e  $R$  é o conjunto dos números reais, tal que  $dec(b_1b_2b_3b_4) = (2xb_2+1xb_1+1, 2xb_3+1xb_4+1)$ . A função de adaptação  $adapt: C \rightarrow R$ , onde  $C$  é o conjunto das cadeias binárias de 64 bits, é definida por:  $adapt(v_1, \dots, v_{64}) = ordem(decPar(v_1, \dots, v_4), decPar(v_5, \dots, v_8)) + ordem(decPar(v_9, \dots, v_{12}), decPar(v_{13}, \dots, v_{16})) + \dots + ordem(decPar(v_{57}, \dots, v_{61}), decPar(v_{62}, \dots, v_{64}))$ , onde  $ordem((i_1, j_1), (i_2, j_2))$  retorna um se  $((i_1 \geq i_2) \wedge (j_1 \geq j_2)) \vee ((i_1 < i_2) \wedge (j_1 \geq j_2))$ .

Tendo, por exemplo, uma população inicial  $(P_0)$  formada pelos cromossomos  $C_1, C_2, C_3$  e  $C_4$ , conforme segue:

C<sub>1</sub>

0001011000111000111010010101101000001111011111001101001010110100
------------------------------------------------------------------

C<sub>2</sub>

0001111000001101011010011111001000110101011110111000101011000100
------------------------------------------------------------------

C<sub>3</sub>

1000101011000100000111100000110100110101011110110110100111110010
------------------------------------------------------------------

C<sub>4</sub>

0111110010011110000001100001010011010101101000111000111100101011
------------------------------------------------------------------

O cálculo da adaptação de cada cromossomo será obtido através da aplicação da função de adaptação definida, para o cromossomo:

- $C_1 = 0001011000111000111010010101101000001111011111001101001010110100;$   
 $adap(C_1) = \text{ordem}(\text{decPar}(0001), \text{decPar}(0110)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0110), \text{decPar}(0011)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0011), \text{decPar}(1000)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1000), \text{decPar}(1110)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(1110), \text{decPar}(1001)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1001), \text{decPar}(0101)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0101), \text{decPar}(1010)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1010), \text{decPar}(0000)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0000), \text{decPar}(1111)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1111), \text{decPar}(0111)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0111), \text{decPar}(1100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1100), \text{decPar}(1101)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(1101), \text{decPar}(0010)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0010), \text{decPar}(1011)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(1011), \text{decPar}(0100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1011), \text{decPar}(0100));$   
 $adap(C_1) = \text{ordem}((1,2),(2,3)) + \text{ordem}((3,4),(4,5)) + \text{ordem}(5,6),(6,7)) + \text{ordem}((7,8),(8,9)) +$   
 $\text{ordem}(9,10),(10,11)) + \text{ordem}((11,12),(12,13)) + \text{ordem}(13,14),(14,15)) +$   
 $\text{ordem}((15,16),(16,1));$   
 $adap(C_1) = 0+0+1+0+1+1+0+1+0+1+1+0+0+0+1+0= 7$

- $C_2 = 0001111000001101011010011111001000110101011110111000101011000100;$   
 $adap(C_2) = \text{ordem}(\text{decPar}(0001), \text{decPar}(1110)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1110), \text{decPar}(0000)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0000), \text{decPar}(1101)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1101), \text{decPar}(0110)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0110), \text{decPar}(1001)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1001), \text{decPar}(1111)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(1111), \text{decPar}(0010)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0010), \text{decPar}(0011)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0011), \text{decPar}(0101)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0101), \text{decPar}(0111)) +$   
 $\text{ordem}(\text{decPar}(0111), \text{decPar}(1011)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1011), \text{decPar}(1000)) +$

$$\text{ordem}(\text{decPar}(1000), \text{decPar}(1010)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1010), \text{decPar}(1100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1100), \text{decPar}(0100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0100), \text{decPar}(0001));$$

$$\text{adap}(C_2) = \text{ordem}((1,2),(2,3)) + \text{ordem}((3,4),(4,5)) + \text{ordem}(5,6),(6,7)) + \text{ordem}((7,8),(8,9)) + \text{ordem}(9,10),(10,11)) + \text{ordem}((11,12),(12,13)) + \text{ordem}(13,14),(14,15)) + \text{ordem}((15,16),(16,1));$$

$$\text{adap}(C_2) = 0+1+0+0+1+0+1+0+1+0+1+1+0+1+1+0 = 8$$

- $C_3 = 1000101011000100000111100000110100110101011110110110100111110010;$

$$\begin{aligned} \text{adap}(C_3) = & \text{ordem}(\text{decPar}(1000), \text{decPar}(1010)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1010), \text{decPar}(1100)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(1100), \text{decPar}(0100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0100), \text{decPar}(0001)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0001), \text{decPar}(1110)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1110), \text{decPar}(0000)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0000), \text{decPar}(1101)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1101), \text{decPar}(0011)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0011), \text{decPar}(0101)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0101), \text{decPar}(0111)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0111), \text{decPar}(1011)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1011), \text{decPar}(0110)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0110), \text{decPar}(1001)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1001), \text{decPar}(1111)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(1111), \text{decPar}(0010)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0010), \text{decPar}(1000)); \end{aligned}$$

$$\text{adap}(C_3) = \text{ordem}((1,2),(2,3)) + \text{ordem}((3,4),(4,5)) + \text{ordem}(5,6),(6,7)) + \text{ordem}((7,8),(8,9)) + \text{ordem}(9,10),(10,11)) + \text{ordem}((11,12),(12,13)) + \text{ordem}(13,14),(14,15)) + \text{ordem}((15,16),(16,1));$$

$$\text{adap}(C_3) = 0+1+1+0+0+1+0+0+1+0+1+1+1+0+1+1 = 9$$

- $C_4 = 0111110010011110000001100001010011010101101000111000111100101011$

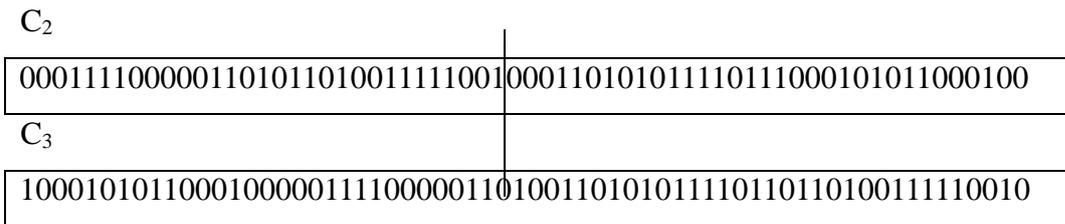
$$\begin{aligned} \text{adap}(C_4) = & \text{ordem}(\text{decPar}(0111), \text{decPar}(1100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1100), \text{decPar}(1001)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(1001), \text{decPar}(1110)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1110), \text{decPar}(0000)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0000), \text{decPar}(0110)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0110), \text{decPar}(0001)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0001), \text{decPar}(0100)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0100), \text{decPar}(1101)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(1101), \text{decPar}(0101)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0101), \text{decPar}(1010)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(1010), \text{decPar}(0011)) + \text{ordem}(\text{decPar}(0011), \text{decPar}(1000)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(1000), \text{decPar}(1111)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1111), \text{decPar}(0010)) + \\ & \text{ordem}(\text{decPar}(0010), \text{decPar}(1011)) + \text{ordem}(\text{decPar}(1011), \text{decPar}(0111)); \end{aligned}$$

$$\text{adap}(C_4) = \text{ordem}((1,2),(2,3)) + \text{ordem}((3,4),(4,5)) + \text{ordem}(5,6),(6,7)) + \text{ordem}((7,8),(8,9)) + \text{ordem}(9,10),(10,11)) + \text{ordem}((11,12),(12,13)) + \text{ordem}(13,14),(14,15)) + \text{ordem}((15,16),(16,1));$$

$$\text{adap}(C_4) = 1+0+0+1+0+1+1+0+1+0+0+1+0+1+0+1 = 8$$

Em seguida o algoritmo genético de Holland seleciona os  $h=2$  cromossomos mais adaptados da população inicial  $P_0$ , que no caso são  $C_2$  e  $C_3$ , os quais constituem a população dos cromossomos selecionados  $P_{sel}$ . Sobre estes cromossomos será realizada a operação de cruzamento e mutação, conforme segue:

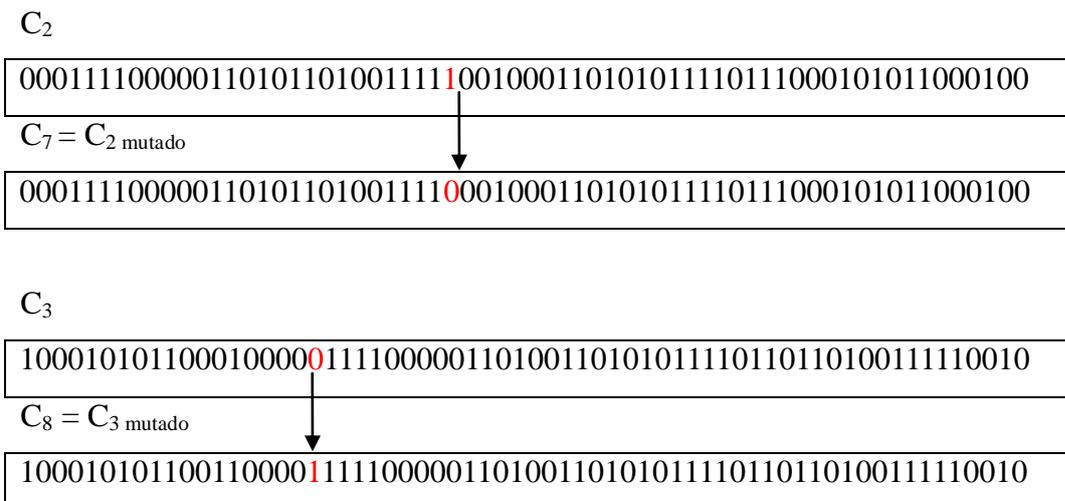
Cromossomos mais adaptados da população inicial  $P_0$  antes da operação de cruzamento



Cromossomos gerados após operação de cruzamento em  $P_0$ :

- $C_5 = 0001111000001101011010011111000100110101011110110110100111110010$
- $C_6 = 100010101100010000011110000011000110101011110111000101011000100$

A população dos cromossomos descendente  $P_{des}$  da atual  $P_0$  recebe os cromossomos  $C_5$  e  $C_6$  com valor de adaptação respectivamente:  $\text{adapt}(C_5) = 5$  e  $\text{adapt}(C_6) = 7$ . Logo após realizam-se operações de mutação nos cromossomos da população de selecionados  $P_s$ , para gerar mais cromossomos para a população de descendentes  $P_{des}$ .



Sendo o resultado dessa mutação colocado na população de cromossomos descendentes  $P_{des}$ :  $\text{adapt}(C_7) = 8$ ;  $\text{adapt}(C_8) = 10$ . A nova população a ser trabalhada pelo

algoritmo genético de Holland é formada pelos  $k=4$  cromossomos mais adaptados da união da atual  $P_0=\langle C_1, C_2, C_3, C_4 \rangle$  com a população de descendentes gerados  $P_{des}=\langle C_5, C_6, C_7, C_8 \rangle$ , ou seja, a população  $P_1=\langle C_2, C_3, C_4, C_8 \rangle$ . Dessa forma, o algoritmo genético executa sucessivas interações até encontrar a solução do problema dentro do espaço de busca que para o exemplo descrito anteriormente é o cromossomo com valor de adaptação igual a 15.

### 3.3.2 Variações do Algoritmo Genético de Holland

Considere que o problema tratado na seção anterior necessitasse do acréscimo de mais uma escola: para atender a essa exigência, o número de bits para representar os pares (escola<sub>i</sub>, tamanho<sub>j</sub>) seria agora 5. Nesta situação, existiriam casos em que uma sequência de cinco bits, não representaria nenhum par trabalhado pelo problema. O que poderia conduzir o algoritmo genético a encontrar um cromossomo que não é solução para o problema. Uma forma de manter o algoritmo de Holland, com esta e ainda assim conseguir que os cromossomos encontrados representem uma solução para o problema seria trabalhar a função de adaptação para que esta penalizasse os cromossomos indesejáveis, ou propor operadores genéticos que só gerem cromossomos válidos.

Outras dificuldades do algoritmo genético de Holland são: a) Sua forma de seleção e construção da nova população reduz a diversidade da população, o que limita a exploração do espaço de resultados do problema; b) Sua representação com tamanho fixo para o cromossomo e a população evita que sejam consideradas novas características ou cromossomos promissores; c) Seus operadores genéticos são subordinados a representação adotada para o cromossomo e a população.

Na tentativa de resolver alguns desses problemas vários trabalhos propondo algumas alterações no algoritmo genético de Holland foram sugeridas, entre elas:

a) *Antonisse*: propôs a representação de um cromossomo através de cadeias alfanuméricas e de tamanho fixo, podendo ser com ou sem repetições, proporcionando um aumento do poder de representação ao passo que elimina a possibilidade de gerar cromossomos com características distorcidas e que não atendem ao objetivo desejado (ANTONISSE, 1989). Propõe também a adoção de uma gramática, para evitar a geração de um cromossomo corrompido (monstro), ou seja, um cromossomo que não pertence ao problema (VIEIRA, 2003).

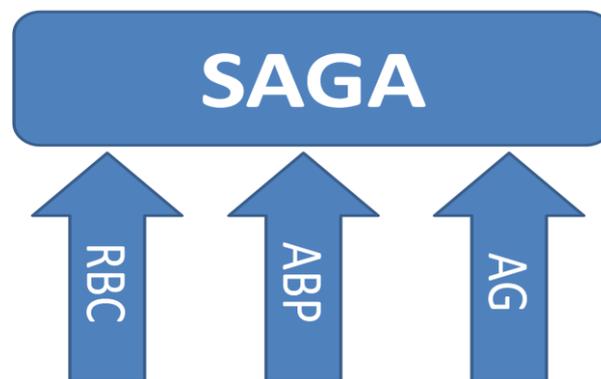
b) *Goldberg, Korb e Deb*: argumentaram que a representação do cromossomo através de cadeias binárias é mais adequada quando se trata da teoria de *schemata* (REEVES, 1993).

c) *Reeves*: conclui que para um gene que possui uma cardinalidade muito grande, o tamanho da sua população deve que ser também muito grande para que a convergência possa ocorrer (REEVES, 1993).

d) *Smith*: afirma que um cromossomo representado por um vetor binário com tamanho fixo impossibilita o algoritmo genético de modelar um problema com objetos matemáticos complexos (SMITH, 1993).

O desenvolvimento do protótipo SAGA irá utilizar o algoritmo genético de Holland, por este representar de forma satisfatória o sistema proposto nesta dissertação. A figura abaixo resume os fundamentos utilizados na construção do modelo proposto.

Figura 14: Fundamentos do Modelo SAGA



Fonte: adaptado pelo autor, 2013.

## 4 MODELO PROPOSTO PARA O SAGA

### 4.1 Contextualização

Com a experiência vivenciada há mais de 15 (quinze) anos na área TIC e em 8 (oito) anos trabalhando em uma Universidade Estadual (pública) foi possível desenvolver vários projetos, dentre eles o Projeto E-tralha: recicle esta ideia que permitiu um contato direto com as áreas de educação ambiental, inclusão digital e social, geração de emprego e renda e responsabilidade social. Daí a proposta desta ferramenta computacional para auxiliar, especificamente, na formação de alunos da rede pública, inicialmente, nesta temática tão importante nos dias atuais.

A palavra tecnologia, segundo o dicionário de Ferreira (1999) origina-se do grego – *technología* – “tratado sobre uma arte”, significando: o conjunto de conhecimentos, princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade.

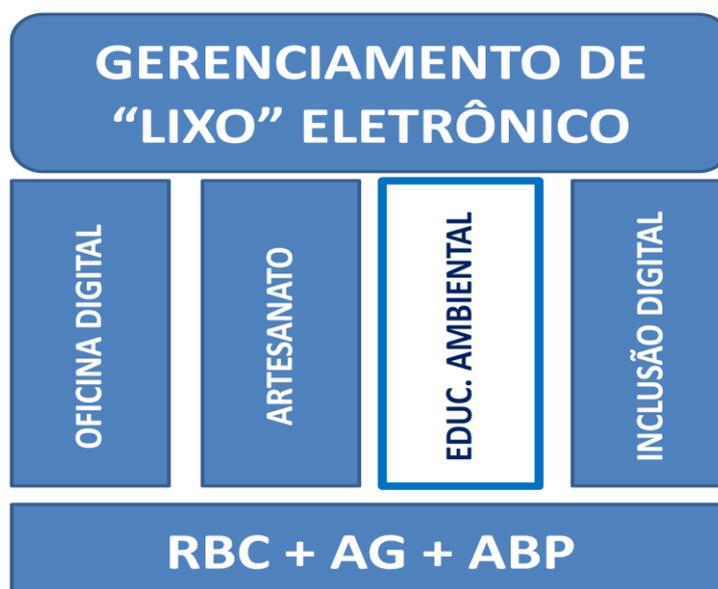
O termo “tecnologia da informação”, segundo Cash, McFarlan e McKenney (1992, p. 1), citados por Albertin (2002, p. 20) é definido para abranger as tecnologias de computadores, telecomunicações e automação de escritório. A definição considerada por ele a mais adequada é a de que “TI é tudo aquilo com que podemos obter, armazenar, tratar, comunicar e disponibilizar a informação”.

Para Foina (2001, p.187), tecnologia da informação é o “conjunto de tecnologias, metodologias e procedimentos que atuam em coleta, tratamento e disseminação das informações na organização”.

Vale destacar que a TIC, cada vez mais, torna-se imprescindível dentro das organizações das mais diversas áreas – aqui a área de Educação, fazendo parte dos processos organizacionais, contribuindo para dar suporte às decisões e a projetos estratégicos, sendo reconhecida como importante ferramenta de diferenciação e de vantagem competitiva.

O gerenciamento do lixo eletrônico é um tema atual e importante dentro do conceito de desenvolvimento sustentável. Utilizando a problemática do e-lixo, propomos um trabalho de educação ambiental utilizando a indexação e representação de casos aplicando RBC e AG. A figura seguinte mostra algumas interfaces que podem ser trabalhadas tendo o e-lixo como matéria-prima.

Figura 15: O gerenciamento do e-lixo e algumas de suas interfaces



Fonte: adaptado pelo autor, 2013.

Como se vê na figura acima o gerenciamento do lixo eletrônico pode trabalhar em várias áreas de atividades humanas, como por exemplo: oficina digital, artesanato, educação ambiental (foco do trabalho) e inclusão digital. Com atores envolvidos nestes processos pode-se fazer a inclusão social e a geração de emprego e renda da população mais carente além de promover o desenvolvimento econômico de forma sustentável.

O modelo proposto possibilitará que os atores envolvidos com educação ambiental possam, utilizando os recursos computacionais e o ciberespaço, transmitir os conhecimentos necessários em educação ambiental – mais especificamente em relação ao “lixo” eletrônico para seus alunos visando inseri-los no contexto da sociedade em que vivem para que sejam agentes responsáveis pelo desenvolvimento sustentável (economia verde).

#### **4.2 Modelo SAGA (Sistema de Aprendizagem de Gestão Ambiental)**

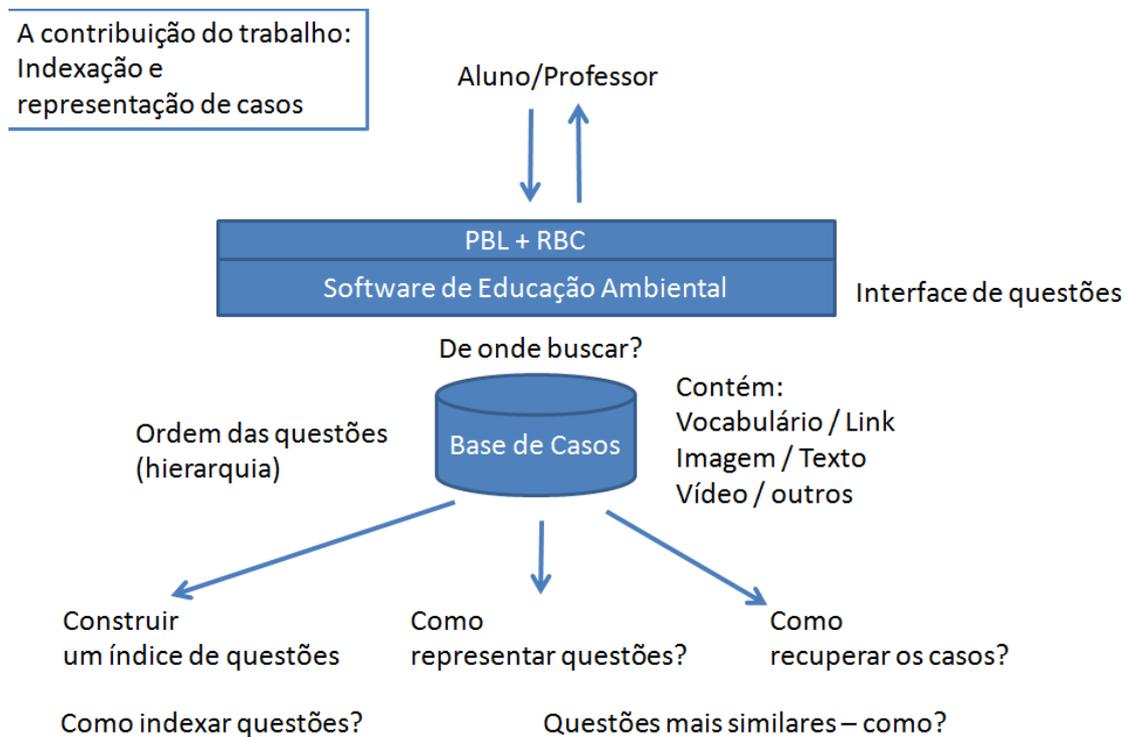
O ambiente de aprendizagem proposto terá que responder questões referentes ao tema: gerenciamento de lixo eletrônico. Fez-se um levantamento de questões relevantes para iniciar o trabalho, evidentemente outras questões poderão, posteriormente, serem inseridas para aperfeiçoamento deste modelo.

Questões que irão permitir o início do desenvolvimento do Modelo Proposto:

N.º	Questão
1	O que é lixo eletrônico?
2	Como fazer o descarte correto?
3	Quais as doenças provocadas?
4	Qual a legislação vigente?
5	Que países são os maiores produtores?
6	Que países são os maiores recebedores?
7	Como evitar o lixo eletrônico?
8	Citar projetos que tratam o e-lixo.
9	Como fazer inclusão digital?
10	O que é reciclagem?
11	O e-lixo pode ir para o aterro sanitário? Por que? Como?
12	O que é reutilização?
13	Citar casos de sucesso.
14	Como mobilizar a comunidade (pessoas)?
15	Como mobilizar as empresas?
16	Citar os componentes do e-lixo.
17	O que fazer com os componentes que não puderem ser reutilizados?
18	O que é meta-reciclagem?
19	Glossário da temática
...	...

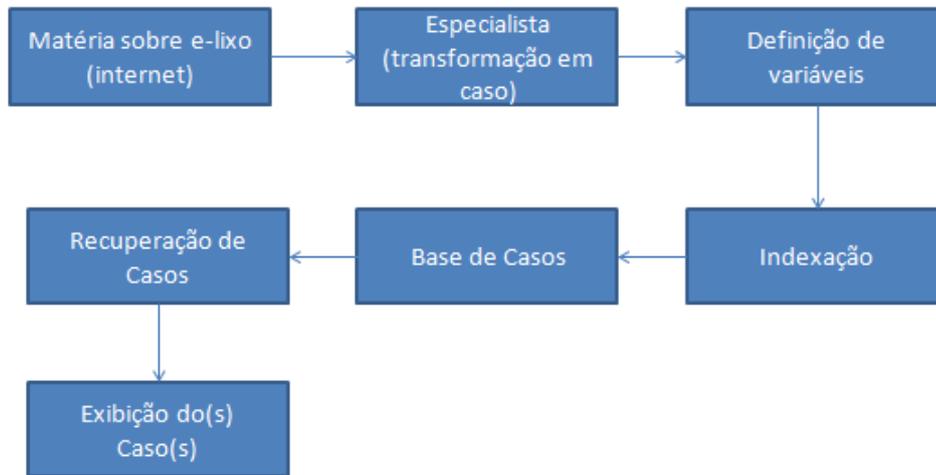
O modelo proposto será construído tomando como base alguns parâmetros necessários para atender ao propósito do projeto. A figura abaixo mostra um desenho, inicial, do modelo que será disponibilizado aos interessados na temática e-lixo.

Figura 16: Construção do modelo proposto (concepção)



Fonte: adaptado pelo autor, 2013.

Figura 17: Etapas do modelo proposto



Fonte: adaptado pelo autor, 2013.

### 4.3 Descrição de cada etapa do modelo

**a) Matéria sobre e-lixo (internet)** – Nesta fase um especialista na temática: Gerenciamento de Lixo Eletrônico realizará uma busca na internet para encontrar e analisar os documentos e reportagens que forem encontrados e irá salvar o material que será inserido no modelo proposto, obedecendo sempre os tópicos que são disponibilizados na plataforma (modelo). Este material será salvo em pdf e seu link será mostrado para uso pelo usuário da plataforma se assim julgar necessário. É importante ressaltar que todos os documentos encontrados nesta busca na internet devem ser consultados nas suas fontes de origem quanto a sua veracidade e solicitar a autorização para uso na plataforma (direito autoral). Neste momento a busca será manual.

**b) Especialista (transformação em caso)** – de posse das reportagens, o especialista fará a transformação para casos tomando como base o formulário desenvolvido pra este fim (abaixo). Isto permitirá uma padronização de inserção de conteúdo na base de casos do sistema.

FORMULÁRIO PARA CARACTERIZAÇÃO DE CASOS NO BANCO DE DADOS		
Categoria: Resíduo Eletroeletrônico		Grupo(s): Contaminação
Caso: 001	Título: <b>Os perigos do lixo eletrônico</b>	Data: 23/05/2012
Link: <a href="http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico1.htm">http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico1.htm</a>		
<p>Relato do Caso:</p> <p>Em muitos casos, a única parte visível de um produto eletrônico é seu revestimento externo. A menos que ele se quebre, raramente vemos os múltiplos circuitos, fios e conexões elétricas que o fazem funcionar. Mas são exatamente esses itens que são tão valiosos e tão tóxicos. Um buquê completo de metais pesados, semimetais e outros compostos químicos está à espreita no interior de seu laptop ou televisor aparentemente inocente. O perigo do lixo eletrônico deriva de ingredientes como chumbo, mercúrio, arsênico, cádmio, cobre, berilo, bário, cromo, níquel, zinco, prata e ouro. Muitos desses elementos são usados em placas de circuito e fazem parte de componentes elétricos como chips de computador, monitores e fiação. Além disso, muitos produtos elétricos incluem produtos químicos para retardar chamas e que podem representar perigo para a saúde. Quando esses elementos estão protegidos no interior de nossos refrigeradores e laptops, o perigo do lixo eletrônico não é tão iminente. Mas podem acontecer problemas quando os aparelhos se quebram – intencional ou acidentalmente. Eles podem vazar e contaminar o ambiente que os cerca, quer se trate de um aterro sanitário ou das ruas de um bairro residencial. Com o tempo, os produtos químicos tóxicos e o lixo eletrônico de um aterro sanitário podem contaminar o solo (possivelmente chegando ao lençol freático) ou a atmosfera, afetando a saúde de comunidades vizinhas. Ainda não se conhece o nível de risco da contaminação por lixo eletrônico, mas é seguro presumir que os resultados provavelmente não serão bons.</p>		
<p>Problema:</p> <p>Quais os perigos do lixo eletrônico?</p>		
<p>Solução:</p> <p>Realizar o descarte adequado e promover a reciclagem (logística reversa), bem como intensificar a educação ambiental e conscientização do cidadão.</p>		
<p>Lição:</p> <p>Promover a educação ambiental na sociedade e desenvolver uma economia sustentável.</p>		
Responsável: Eraldo Alves		
Data de Inserção: 08/02/2013		

## DESCRIÇÃO DOS CAMPOS DE CADA CASO

### A SER INSERIDO NA BASE DE CASOS

**Categoria:** aqui será digitado o nome de cada tipo de resíduo, ou seja, a) resíduo eletro-eletrônico; b) resíduo industrial; c) resíduo domiciliar; d) resíduo da construção civil; e resíduo e serviço de saúde. Além da categoria: gestão ambiental.

**Grupo:** aqui será digitado o tema do caso estudado e preparado para o BD. Neste caso temos os seguintes: conceito; geração; inclusão digital; descarte; legislação; logística reversa; destinação; contaminação; reciclagem e projeto. Outros grupos poderão ser adicionados posteriormente.

**Caso:** neste campo será colocado o número sequencial de cada caso.

**Título:** inserir o título da matéria de onde é extraído o caso estudado.

**Data:** a data em que a matéria foi produzida.

**Link:** aqui será colocado o link da matéria na íntegra.

**Relato do Caso:** neste campo será feito o relato do caso, baseando-se na matéria coletada, podendo ser adaptado pelo especialista responsável pela inserção no BD.

**Problema:** será colocada a resposta da questão a ser respondida, baseada no conteúdo do BD.

**Solução:** aqui será colocada a resposta do problema exposto.

**Lição:** o que fica como ensinamento/conhecimento para o usuário.

**Responsável:** o nome completo do responsável pela elaboração do caso (ficha).

**Data de Inserção:** aqui é a data da digitação do caso.

c) **Definição de variáveis** – nesta etapa serão definidos campos chaves para formalização utilizada pela metodologia RBC. Foram escolhidos atributos relevantes para facilitar a recuperação posterior dos casos. No capítulo seguinte serão mostradas (ver Anexo II).

d) **Indexação** – aqui o sistema fará a indexação dos casos inseridos no BD para sistematizar o conteúdo a ser disponibilizado pelo sistema.

e) **Base de Casos** – nesta etapa, todos os casos serão armazenados para consulta pelo usuário.

f) **Recuperação de Casos** – será feito um cruzamento de palavras-chaves usadas pelo especialista e o usuário que retornará uma listagem, em ordem cronológica, dos casos, pela frequência de similaridade apresentada pelos casos inseridos no BD.

g) **Exibição dos Casos** – resultado que a metodologia RBC mostrará ao usuário mediante sua consulta inicial. Nesta etapa o modelo mostrará como resultado da busca todo material encontrado no tópico solicitado pelo usuário numa ordem cronológica (do mais recente para o mais antigo) permitindo a leitura de um breve resumo e a possibilidade de

leitura, na íntegra, do documento (formato pdf) e um link apontando para o site de origem do material.

**h) Glossário e Sites** - aqui será apresentada ao usuário uma lista de palavras e expressões além de uma lista de sites relacionados ao tema para permitir o aprofundamento das questões estudadas e permitir um intercâmbio entre o usuário do modelo e outros atores que estudam/trabalham o tema em questão.

Este formulário norteou a padronização do conteúdo a ser trabalho pelo modelo proposto neste trabalho.

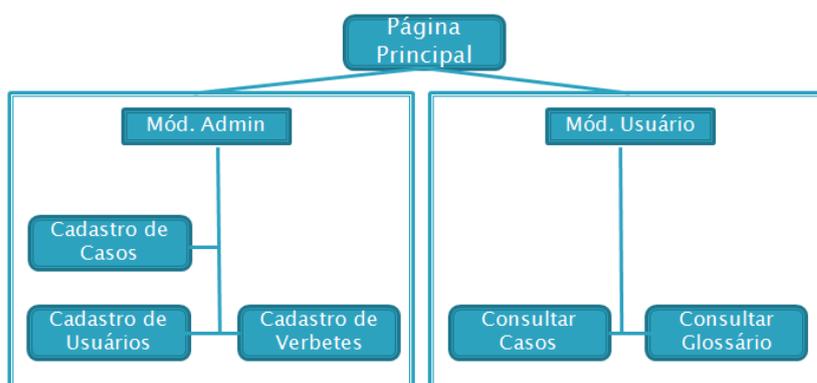
## 5 IMPLEMENTAÇÃO DO SAGA (PROTÓTIPO)

### 5.1 Arquitetura do Sistema

O Software de Aprendizagem de Gestão Ambiental (SAGA) tem por objetivo oferecer consultas sobre e-lixo que utilizando a técnica de RBC para encontrar um determinado “caso” dentro de uma base de casos e que se adapte ao longo de seu uso aos seus usuários. A Aprendizagem Baseada em problema – ABP é muito bem representada usando-se a metodologia de RBC.

Quando o usuário faz a consulta no SAGA, o ambiente executa as seguintes tarefas: a) seleciona o primeiro caso da base de casos e calcula a similaridade local de cada uma das características deste caso com o problema proposto; b) calcula a similaridade global entre este caso (do BD) e o problema em questão, aplicando o conjunto de pesos escolhidos sobre os resultados das similaridades locais; c) memoriza esta similaridade global e repete os passos anteriores para todos os casos da base; d) ao final, ordena todos os casos em ordem decrescente de similaridade global e apresenta os casos com maior similaridade ao usuário interessado no tema.

Figura 18: Concepção do SAGA (modelo proposto).



Fonte: adaptado pelo autor, 2013.

É uma ferramenta disponível via *web* desenvolvida na linguagem Java, utilizando o Banco de Dados MySQL com o objetivo de contribuir no processo ensino-aprendizagem da temática gestão ambiental com foco em gerenciamento de lixo eletrônico, mas já construída para receber novos módulos (outros tipos de resíduos). A ferramenta conta, também, com um glossário temático de e-lixo.

Dada à natureza do problema desta pesquisa, optou-se pelo uso do algoritmo genético de Holland, tendo em vista a complexidade encontrada em questões relacionadas à recomendação de casos quando o tamanho da base de dados de caso é grande.

Para o problema foco desta dissertação, baseado na relação entre os tópicos de gestão ambiental, as questões a serem respondidas, os casos cadastrados para cada questão e o peso atribuído pelos usuários do sistema aos casos consultados, sendo de responsabilidade do especialista o cadastro dos tópicos, questões e casos, o peso dos artigos irá sendo atribuído pelos usuários (interessados no tema) em função da sua avaliação, se o caso atende ou não a sua dúvida. Convencionou-se que o cromossomo é um vetor com dimensão igual ao número de casos cadastrados na base de dados para o tópico de interesse do aluno e que o conteúdo das suas células é um número natural correspondente ao número do caso na base de dados para a pesquisa realizada pelo usuário, inicialmente na primeira execução do sistema será atribuído o peso um para todos os casos. Devido a natureza deste problema ser de otimização combinatória optou-se por usar apenas o operador genético de mutação de troca, a estratégia de seleção elitista e que a nova população é construída pelo método determinístico.

Por exemplo, considere a Tabela 7 que apresenta todas as questões que deverão ser respondidas pelos casos do Banco de Dados com suas respectivas características; a Tabela 8 que apresenta todos os casos (um total de 5) com suas respectivas características; e a Tabela 9 que associa um peso a relação entre todas as questões e todas as características.

Tabela 7 - Representação das Questões x Características

Questões	Características				
	Característica 1	Característica 2	Característica 3	Característica 4	Característica 5
Questão 1	1	1	1	1	1
Questão 2	1	0	0	0	1
Questão 3	0	0	0	1	0
Questão 4	1	1	0	0	1

Fonte: tabela usada no SAGA – ver em Anexo II. Adaptado pelo autor, 2013.

Segundo a tabela acima a Questão 1 apresenta as Característica 1, Característica 2, Característica 3, Característica 4 e Característica 5; a Questão 2 apresenta as Característica 1 e Característica 5; a Questão 3 apresenta a Característica 4; e a Questão 4 apresenta as Característica 1, Característica 2 e Característica 5.

Tabela 8: Representação dos Casos x Características

Casos	Características				
	Característica 1	Característica 2	Característica 3	Característica 4	Característica 5
Caso 1	1	0	0	1	1
Caso 2	1	1	0	1	1
Caso 3	1	0	0	1	0
Caso 4	0	1	0	0	0
Caso 5	0	1	1	1	1

Fonte: tabela usada no SAGA – ver em Anexo II. Adaptado pelo autor, 2013.

Segundo a tabela acima o Caso 1 apresenta as Característica 1, Característica 4 e Característica 5; o Caso 2 apresenta as Característica 1, Característica 2, Característica 4 e Característica 5; o Caso 3 apresenta a Característica 1 e Característica 4; o Caso 4 apresenta a Característica 2; e o Caso 5 apresenta as Característica 2, Característica 3, Característica 4, e Característica 5.

Tabela 9: Peso das Questões x Características

Questões	Características				
	Característica 1	Característica 2	Característica 3	Característica 4	Característica 5
Questão 1	1	2	1	3	1
Questão 2	4	1	2	1	1
Questão 3	1	1	3	2	1
Questão 4	1	3	1	1	2

Fonte: tabela usada no SAGA – ver em Anexo II. Adaptado pelo autor, 2013.

Segundo a tabela acima o peso para a Questão 1 da Característica 1 é 1, da Característica 2 é 2, da Característica 3 é 1, da Característica 4 é 3 e da Característica 5 é 1; o peso para a Questão 2 da Característica 1 é 4, da Característica 2 é 1, da Característica 3 é 2, da Característica 4 é 1 e da Característica 5 é 1; o peso para a Questão 3 da Característica 1 é 1, da Característica 2 é 1, da Característica 3 é 3, da Característica 4 é 2 e da Característica 5 é 1; e o peso para a Questão 4 da Característica 1 é 1, da Característica 2 é 3, da Característica 3 é 1, da Característica 4 é 1 e da Característica 5 é 2.

Um cromossomo é um vetor de números naturais correspondentes aos casos cadastrados pelo administrador do sistema, por exemplo  $c=[1,2,3,4,5]$ , representa respectivamente o aconselhamento da leitura dos casos 1, 2, 3, 4 e 5 nessa ordem para a questão solicitada sobre um determinado tópico. Considere que  $N_{características}$  é o número de características consideradas e  $N_{casos}$  o número de casos cadastrados. O valor da adaptação do cromossomo é dada pela seguinte fórmula:

$$f_c = \sum_{i=1..N_{\text{cromossomo}}-1} \text{valor}(i, i+1),$$

Onde:

$N_{\text{casos}}$  é o tamanho do cromossomo

$$\text{valor}(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{prioridade}(i) \geq \text{prioridade}(j) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

$$\text{prioridade}(i) = \sum_{q \in Q} \sum_{j=1..N_{\text{características}}} \text{compara}(q, i, j) \times \text{peso}(q, j),$$

sendo Q é o conjunto das questões selecionadas pelo usuário do sistema de recomendação e

$$\text{compara}(q, i, j) = \begin{cases} 1 & \text{se } \text{tabela1}[q, i] = \text{tabela2}[j, j] = 1 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Por exemplo, considere que o usuário selecionou as questões 2 e 4. O valor da adaptação do cromossomo  $c=[1,2,3,4,5]$  fica assim:

$$f_{c=[1,2,3,4,5]} = \sum_{i=1..4} \text{valor}(i, i+1) = \text{valor}(1,2) + \text{valor}(2,3) + \text{valor}(3,4) + \text{valor}(4,5)$$

o cálculo das funções  $\text{valor}(i, j)$  acima é obtido assim:

$$\text{valor}(1,2) = \begin{cases} 1 & \text{prioridade}(1) \geq \text{prioridade}(2) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(1)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} \text{prioridade}(1) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} \text{compara}(q, 1, j) \times \text{peso}(q, j) \\ \text{prioridade}(1) &= \text{compara}(2,1,1) \times \text{peso}(2,1) + \text{compara}(2,1,2) \times \text{peso}(2,2) \\ &+ \text{compara}(2,1,3) \times \text{peso}(2,3) + \text{compara}(2,1,4) \times \text{peso}(2,4) \\ &+ \text{compara}(2,1,5) \times \text{peso}(2,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $\text{compara}(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $\text{compara}(2,1,1) = (\text{tabela1}[2,1] = \text{tabela2}[1,1]) = (1=1) = 1$
- $\text{compara}(2,1,2) = (\text{tabela1}[2,2] = \text{tabela2}[1,2]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,1,3) = (\text{tabela1}[2,3] = \text{tabela2}[1,3]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,1,4) = (\text{tabela1}[2,4] = \text{tabela2}[1,4]) = (0=1) = 0$
- $\text{compara}(2,1,5) = (\text{tabela1}[2,5] = \text{tabela2}[1,5]) = (1=1) = 1$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{prioridade}(1)$ , tem-se:

$$\text{prioridade}(1) = 1 \times 4 + 0 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 1 + 1 \times 1 = 4 + 0 + 0 + 0 + 1 = 5$$

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(2)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned}
 \text{prioridade}(2) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} \text{compara}(q, i, j) \times \text{peso}(q, j) \\
 \text{prioridade}(2) &= \text{compara}(2,2,1) \times \text{peso}(2,1) + \text{compara}(2,2,2) \times \text{peso}(2,2) \\
 &+ \text{compara}(2,2,3) \times \text{peso}(2,3) + \text{compara}(2,2,4) \times \text{peso}(2,4) \\
 &+ \text{compara}(2,2,5) \times \text{peso}(2,5)
 \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $\text{compara}(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $\text{compara}(2,2,1) = (\text{tabela1}[2,1] = \text{tabela2}[2,1]) = (1=1) = 1$
- $\text{compara}(2,2,2) = (\text{tabela1}[2,2] = \text{tabela2}[2,2]) = (0=1) = 0$
- $\text{compara}(2,2,3) = (\text{tabela1}[2,3] = \text{tabela2}[2,3]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,2,4) = (\text{tabela1}[2,4] = \text{tabela2}[2,4]) = (0=1) = 0$
- $\text{compara}(2,2,5) = (\text{tabela1}[2,5] = \text{tabela2}[2,5]) = (1=1) = 1$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{prioridade}(2)$ , tem-se:

$$\text{prioridade}(2) = 1 \times 4 + 0 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 1 + 1 \times 1 = 4 + 0 + 0 + 0 + 1 = 5$$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{valor}(1,2)$  tem-se:

$$\text{valor}(1,2) = \begin{cases} 1 & 5 \geq 5 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = 1$$

$$\text{valor}(2,3) = \begin{cases} 1 & \text{prioridade}(2) \geq \text{prioridade}(3) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(2) = 5$  como já calculado.

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(3)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned}
 \text{prioridade}(3) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} \text{compara}(q, i, j) \times \text{peso}(q, j) \\
 \text{prioridade}(3) &= \text{compara}(2,3,1) \times \text{peso}(2,1) + \text{compara}(2,3,2) \times \text{peso}(2,2) \\
 &+ \text{compara}(2,3,3) \times \text{peso}(2,3) + \text{compara}(2,3,4) \times \text{peso}(2,4) \\
 &+ \text{compara}(2,3,5) \times \text{peso}(2,5)
 \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $\text{compara}(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $\text{compara}(2,3,1) = (\text{tabela1}[2,1] = \text{tabela2}[3,1]) = (1=1) = 1$
- $\text{compara}(2,3,2) = (\text{tabela1}[2,2] = \text{tabela2}[3,2]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,3,3) = (\text{tabela1}[2,3] = \text{tabela2}[3,3]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,2,4) = (\text{tabela1}[2,4] = \text{tabela2}[2,4]) = (0=1) = 0$
- $\text{compara}(2,3,5) = (\text{tabela1}[2,5] = \text{tabela2}[3,5]) = (1=0) = 0$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{prioridade}(3)$ , tem-se:

$$\text{prioridade}(3) = 1 \times 4 + 0 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 1 + 0 \times 1 = 4 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4$$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{valor}(2,3)$  tem-se:

$$\text{valor}(2,3)=\begin{cases} 1 & 5 \geq 4 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = 1$$

$$\text{valor}(3,4)=\begin{cases} 1 & \text{prioridade}(3) \geq \text{prioridade}(4) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(3)=4$  como já calculado.

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(4)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} \text{prioridade}(4) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} \text{compara}(q, i, j) \times \text{peso}(q, j) \\ \text{prioridade}(4) &= \text{compara}(2,4,1) \times \text{peso}(2,1) + \text{compara}(2,4,2) \times \text{peso}(2,2) \\ &+ \text{compara}(2,4,3) \times \text{peso}(2,3) + \text{compara}(2,4,4) \times \text{peso}(2,4) \\ &+ \text{compara}(2,4,5) \times \text{peso}(2,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $\text{compara}(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $\text{compara}(2,4,1) = (\text{tabela1}[2,1] = \text{tabela2}[4,1]) = (1=0) = 0$
- $\text{compara}(2,4,2) = (\text{tabela1}[2,2] = \text{tabela2}[4,2]) = (0=1) = 0$
- $\text{compara}(2,4,3) = (\text{tabela1}[2,3] = \text{tabela2}[4,3]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,4,4) = (\text{tabela1}[2,4] = \text{tabela2}[4,4]) = (0=0) = 0$
- $\text{compara}(2,4,5) = (\text{tabela1}[2,5] = \text{tabela2}[4,5]) = (1=0) = 0$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{prioridade}(4)$ , tem-se:

$$\text{prioridade}(4) = 1 \times 4 + 0 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 1 + 0 \times 1 = 4 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4$$

substituindo os valores obtidos na função  $\text{valor}(3,4)$  tem-se:

$$\text{valor}(3,4)=\begin{cases} 1 & 4 \geq 4 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = 1$$

$$\text{valor}(4,5)=\begin{cases} 1 & \text{prioridade}(4) \geq \text{prioridade}(5) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(4)=4$  como já calculado.

o cálculo das funções  $\text{prioridade}(5)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} \text{prioridade}(5) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} \text{compara}(q, i, j) \times \text{peso}(q, j) \\ \text{prioridade}(5) &= \text{compara}(2,5,1) \times \text{peso}(2,1) + \text{compara}(2,5,2) \times \text{peso}(2,2) \\ &+ \text{compara}(2,5,3) \times \text{peso}(2,3) + \text{compara}(2,5,4) \times \text{peso}(2,4) \\ &+ \text{compara}(2,5,5) \times \text{peso}(2,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $\text{compara}(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $\text{compara}(2,5,1) = (\text{tabela1}[2,1] = \text{tabela2}[5,1]) = (1=0) = 0$
- $\text{compara}(2,5,2) = (\text{tabela1}[2,2] = \text{tabela2}[5,2]) = (0=1) = 0$
- $\text{compara}(2,5,3) = (\text{tabela1}[2,3] = \text{tabela2}[5,3]) = (0=1) = 0$

- $compara(2,5,4)=(tabela1[2,4]=tabela2[5,4])=(0=1)=0$
- $compara(2,5,5)=(tabela1[2,5]=tabela2[5,5])=(1=1)=1$

substituindo os valores obtidos na função  $prioridade(5)$ , tem-se:

$$prioridade(5)=1 \times 4 + 0 \times 1 + 0 \times 2 + 0 \times 1 + 1 \times 1 = 4 + 0 + 0 + 0 + 1 = 5$$

substituindo os valores obtidos na função  $valor(4,5)$  tem-se:

$$valor(4,5)=\begin{cases} 1 & 4 \geq 5 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = -1$$

o cálculo das funções  $valor(i, j)$  acima é obtido assim:

$$valor(1,2)=\begin{cases} 1 & prioridade(1) \geq prioridade(2) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $prioridade(1)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} prioridade(1) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} compara(q, i, j) \times peso(q, j) \\ prioridade(1) &= compara(4,1,1) \times peso(4,1) + compara(4,1,2) \times peso(4,2) \\ &+ compara(4,1,3) \times peso(4,3) + compara(4,1,4) \times peso(4,4) \\ &+ compara(4,1,5) \times peso(4,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $compara(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $compara(2,1,1)=(tabela1[2,1]=tabela2[1,1])=(1=1)=1$
- $compara(4,1,2)=(tabela1[4,2]=tabela2[1,2])=(1=0)=0$
- $compara(4,1,3)=(tabela1[4,3]=tabela2[1,3])=(0=0)=0$
- $compara(4,1,4)=(tabela1[4,4]=tabela2[1,4])=(0=1)=0$
- $compara(4,1,5)=(tabela1[4,5]=tabela2[1,5])=(1=1)=1$

substituindo os valores obtidos na função  $prioridade(1)$ , tem-se:

$$prioridade(1)=1 \times 1 + 0 \times 3 + 0 \times 1 + 0 \times 1 + 1 \times 2 = 1 + 0 + 0 + 0 + 2 = 3$$

o cálculo das funções  $prioridade(2)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} prioridade(2) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} compara(q, i, j) \times peso(q, j) \\ prioridade(2) &= compara(4,2,1) \times peso(4,1) + compara(4,2,2) \times peso(4,2) \\ &+ compara(4,2,3) \times peso(4,3) + compara(4,2,4) \times peso(4,4) \\ &+ compara(4,2,5) \times peso(4,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $compara(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $compara(4,2,1)=(tabela1[4,1]=tabela2[2,1])=(1=1)=1$
- $compara(4,2,2)=(tabela1[4,2]=tabela2[2,2])=(1=1)=1$
- $compara(4,2,3)=(tabela1[4,3]=tabela2[2,3])=(0=0)=0$
- $compara(4,2,4)=(tabela1[4,4]=tabela2[2,4])=(0=1)=0$

- $compara(4,2,5)=(tabela1[4,5]=tabela2[2,5])=(1=1)=1$

substituindo os valores obtidos na função  $prioridade(2)$ , tem-se:

$$prioridade(2)=1 \times 1 + 1 \times 3 + 0 \times 1 + 0 \times 1 + 1 \times 2 = 1 + 3 + 0 + 0 + 2 = 6$$

substituindo os valores obtidos na função  $valor(1,2)$  tem-se:

$$valor(1,2)=\begin{cases} 1 & 3 \geq 6 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = -1$$

$$valor(2,3)=\begin{cases} 1 & prioridade(2) \geq prioridade(3) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $prioridade(2)=6$  como já calculado.

o cálculo das funções  $prioridade(3)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} prioridade(3) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} compara(q, i, j) \times peso(q, j) \\ prioridade(3) &= compara(4,3,1) \times peso(4,1) + compara(4,3,2) \times peso(4,2) \\ &+ compara(4,3,3) \times peso(4,3) + compara(4,3,4) \times peso(4,4) \\ &+ compara(4,3,5) \times peso(4,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $compara(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $compara(4,3,1)=(tabela1[4,1]=tabela2[3,1])=(1=1)=1$
- $compara(4,3,2)=(tabela1[4,2]=tabela2[3,2])=(1=0)=0$
- $compara(4,3,3)=(tabela1[4,3]=tabela2[3,3])=(0=0)=0$
- $compara(4,2,4)=(tabela1[4,4]=tabela2[2,4])=(0=1)=0$
- $compara(4,3,5)=(tabela1[4,5]=tabela2[3,5])=(1=0)=0$

substituindo os valores obtidos na função  $prioridade(3)$ , tem-se:

$$prioridade(3)=1 \times 1 + 0 \times 3 + 0 \times 1 + 0 \times 1 + 0 \times 2 = 1 + 0 + 0 + 0 + 0 = 1$$

substituindo os valores obtidos na função  $valor(2,3)$  tem-se:

$$valor(2,3)=\begin{cases} 1 & 6 \geq 1 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = 1$$

$$valor(3,4)=\begin{cases} 1 & prioridade(3) \geq prioridade(4) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $prioridade(3)=3$  como já calculado.

o cálculo das funções  $prioridade(4)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} prioridade(4) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} compara(q, i, j) \times peso(q, j) \\ prioridade(4) &= compara(4,4,1) \times peso(4,1) + compara(4,4,2) \times peso(4,2) \\ &+ compara(4,4,3) \times peso(4,3) + compara(4,4,4) \times peso(4,4) \\ &+ compara(4,4,5) \times peso(4,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $compara(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $compara(4,4,1)=(tabela1[4,1]=tabela2[4,1])=(1=0)=0$
- $compara(4,4,2)=(tabela1[4,2]=tabela2[4,2])=(1=1)=1$
- $compara(4,4,3)=(tabela1[4,3]=tabela2[4,3])=(0=0)=0$
- $compara(4,4,4)=(tabela1[4,4]=tabela2[4,4])=(0=0)=0$
- $compara(4,4,5)=(tabela1[4,5]=tabela2[4,5])=(1=0)=0$

substituindo os valores obtidos na função  $prioridade(4)$ , tem-se:

$$prioridade(4)=0 \times 1 + 1 \times 3 + 0 \times 1 + 0 \times 1 + 0 \times 2 = 0 + 3 + 0 + 0 + 0 = 3$$

substituindo os valores obtidos na função  $valor(3,4)$  tem-se:

$$valor(3,4)=\begin{cases} 1 & 1 \geq 3 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = -1$$

$$valor(4,5)=\begin{cases} 1 & prioridade(4) \geq prioridade(5) \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

o cálculo das funções  $prioridade(4)=3$  como já calculado.

o cálculo das funções  $prioridade(5)$  acima é obtido assim:

$$\begin{aligned} prioridade(5) &= \sum_{q \in \{2,4\}} \sum_{j=1..5} compara(q, i, j) \times peso(q, j) \\ prioridade(5) &= compara(4,5,1) \times peso(4,1) + compara(4,5,2) \times peso(4,2) \\ &\quad + compara(4,5,3) \times peso(4,3) + compara(4,5,4) \times peso(4,4) \\ &\quad + compara(4,5,5) \times peso(4,5) \end{aligned}$$

o cálculo das funções  $compara(q, i, j)$  acima é obtido assim:

- $compara(4,5,1)=(tabela1[4,1]=tabela2[5,1])=(1=0)=0$
- $compara(4,5,2)=(tabela1[4,2]=tabela2[5,2])=(1=1)=1$
- $compara(4,5,3)=(tabela1[4,3]=tabela2[5,3])=(0=1)=0$
- $compara(4,5,4)=(tabela1[4,4]=tabela2[5,4])=(0=1)=0$
- $compara(4,5,5)=(tabela1[4,5]=tabela2[5,5])=(1=1)=1$

substituindo os valores obtidos na função  $prioridade(5)$ , tem-se:

$$prioridade(5)=0 \times 1 + 1 \times 3 + 0 \times 1 + 0 \times 1 + 1 \times 2 = 0 + 3 + 0 + 0 + 1 = 4$$

substituindo os valores obtidos na função  $valor(4,5)$  tem-se:

$$valor(4,5)=\begin{cases} 1 & 3 \geq 4 \\ -1 & \text{caso contrário} \end{cases} = -1$$

De onde conclui-se que o valor da adaptação do cromossomo é

$$\begin{aligned} f_{c=[1,2,3,4,5]} &= \sum_{i=1..4} valor(i, i+1) = valor(1,2) + valor(2,3) + valor(3,4) + valor(4,5) \\ f_{c=[1,2,3,4,5]} &= (1 + (-1)) + (1 + 1) + (1 + (-1)) + ((-1) + (-1)) = 0 + 2 + 0 - 2 = 0 \end{aligned}$$

O próximo passo do algoritmo genético seria selecionar os cromossomos mais adaptados para gerar descendente, por hipótese vamos considerar que o cromossomo [1,2,3,4,5] tenha sido selecionado. Aplicando a mutação de troca da posição 1 com a posição 2 será construído o cromossomo [2,1,3,4,5], cuja adaptação é 6. Como o novo cromossomo é mais adaptado do que o seu ancestral ele irá substituir este cromossomo na nova população. E assim, sucessivamente até a obtenção do cromossomo [2,5,1,4,3] cuja a adaptação é 10, sendo o cromossomo solução para este aconselhamento solicitado pelo aluno.

## **5.2 Funcionamento do SAGA (Sistema de Aprendizagem de Gestão Ambiental)**

O SAGA terá dois Módulos (Administrador/Professor e Usuário/Aluno) o que permitirá uma parametrização, controle e monitoramento do conteúdo a ser disponibilizado para o usuário final (ver Modelo ER - Anexo I).

Serão criadas 3 (três) tabelas (Anexos II e III):

- a) Tabela 1 – Todos os problemas (questões) que deverão ser respondidas pelos casos do BD (Banco de Dados) com suas respectivas características;
- b) Tabela 2 – Todos os casos (um total de 20 inicialmente) com suas respectivas características (formatados pelo Especialista);
- c) Tabela 3 – Todos os problemas e suas características receberão um peso (que inicialmente terá o valor = 1).

O RBC será implementado usando o AG que fará um casamento de padrões entre as tabelas 1 e 2 considerando os pesos da tabela 3, resultando numa lista (que será mostrada ao usuário) de casos ordenados do que mais atende e o que menos atende de acordo com o peso atribuído a cada caso.

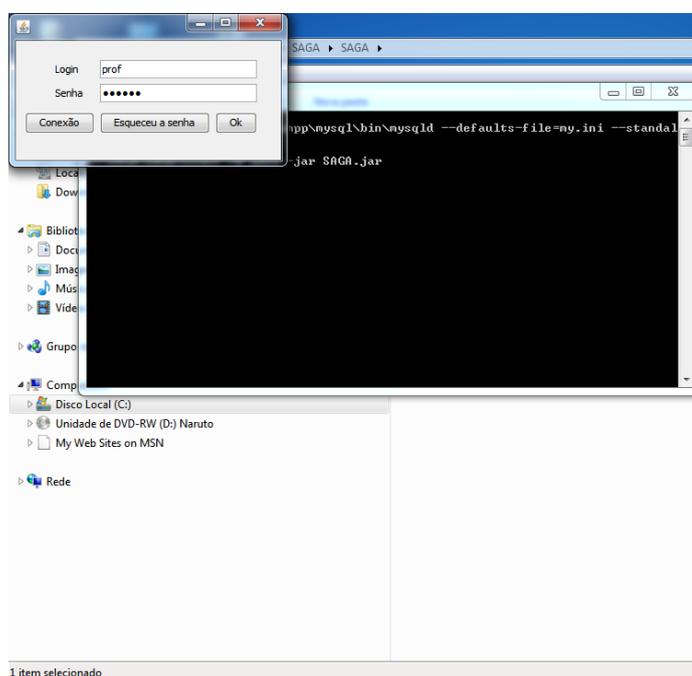
O usuário após ler e analisar cada caso apresentado na lista de casos terá a oportunidade de clicar ao lado de cada caso apresentado se ele atendeu ou não ao que ele procura, fazendo com que: se assinalar que atende será incrementado mais uma unidade ao peso inicial do caso. Se o usuário entender que o caso apresentado não atende ao que ele quer, irá clicar na opção “não atende” e nesta situação ao caso em questão será dado um valor no peso de -1.

Com o uso continuado do SAGA os casos terão uma maior ou menor aproximação das questões solicitadas pelo usuário.

Procurando visualizar o corpo do sistema proposto, assim como o seu fluxo, serão apresentadas as telas que o compõem, em suas respectivas ordens (Módulo Administrador/Professor e Módulo Usuário/Aluno).

### 5.3 Telas do SAGA – Módulo Administrador/Professor

Figura 19: Tela inicial – Módulo Administrador/Professor



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Utilizando a senha de administrador/professor tem-se acesso as configurações do sistema.

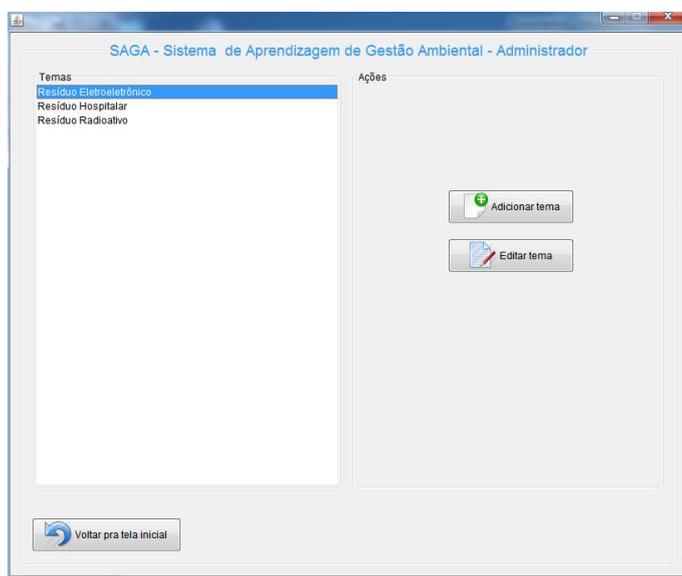
Figura 20: Módulo Administrador/Professor – Gerenciador de conteúdo



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Nesta tela pode-se gerenciar todo o conteúdo do SAGA. Têm-se as variáveis: temas, usuários e artigos.

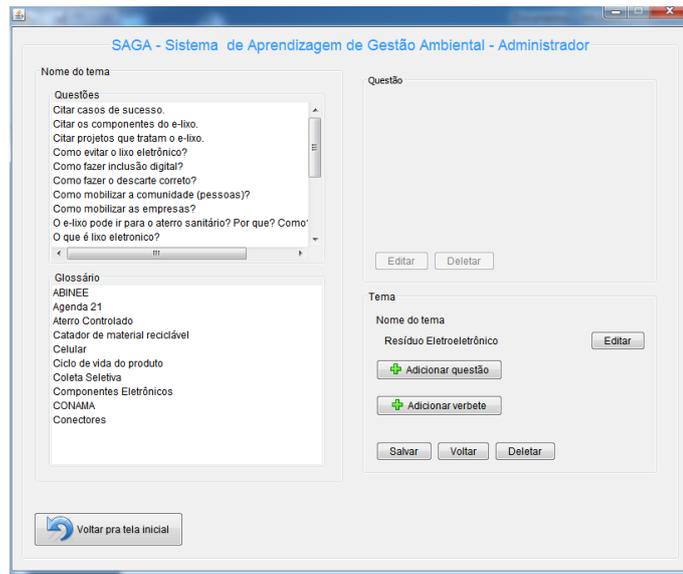
Figura 21: Módulo Administrador/Professor – Gerenciar Temas



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Tema é a variável adotada para o “tipo de resíduo” que se quer trabalhar. Pode-se inserir um novo tema ou editar um já existente. No nosso trabalho vamos trabalhar o Resíduo Eletroeletrônico.

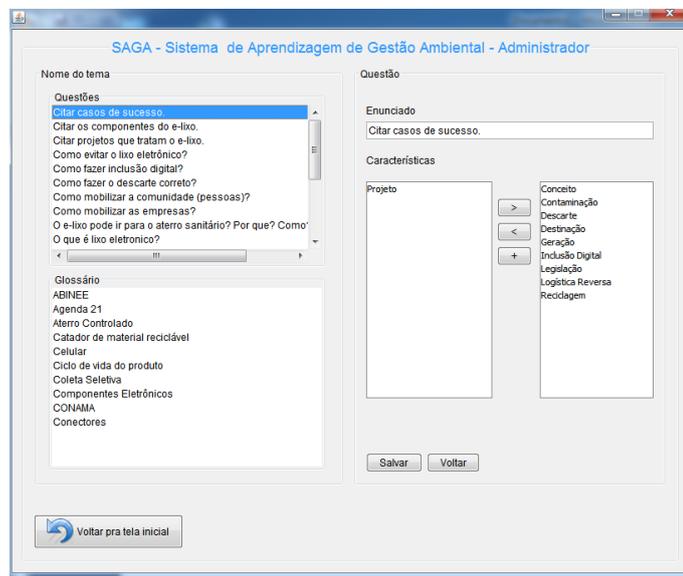
Figura 22: Módulo Administrador/Professor - Editar Tema



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Nesta tela podem-se realizar as tarefas de incluir, editar e deletar: a) tema; b) questão; e c) verbete.

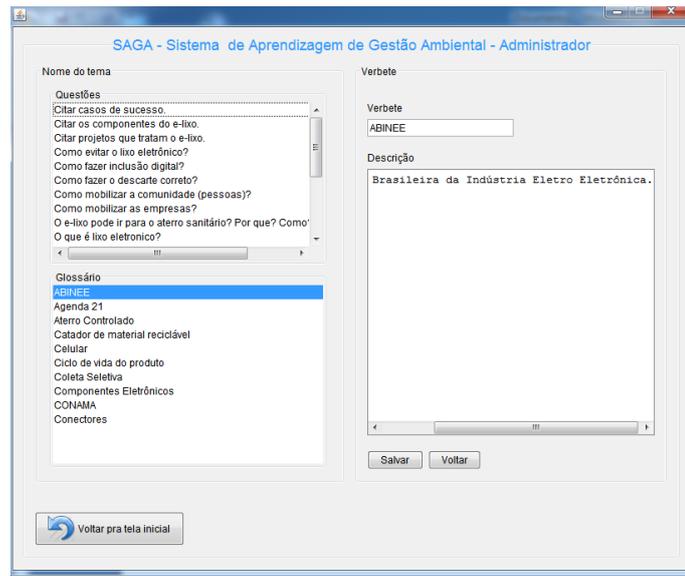
Figura 23: Módulo Administrador/Professor – Inserir questão



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Pode-se adicionar ou editar uma questão com suas respectivas características.

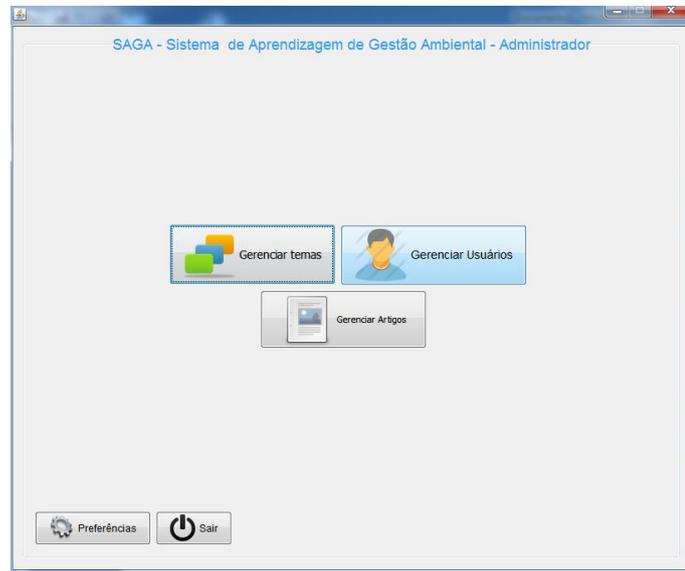
Figura 24: Módulo Administrador/Professor - Inserir verbete



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Para manter o Glossário, nesta tela são adicionadas e editadas os verbetes ou expressões relacionadas ao tema.

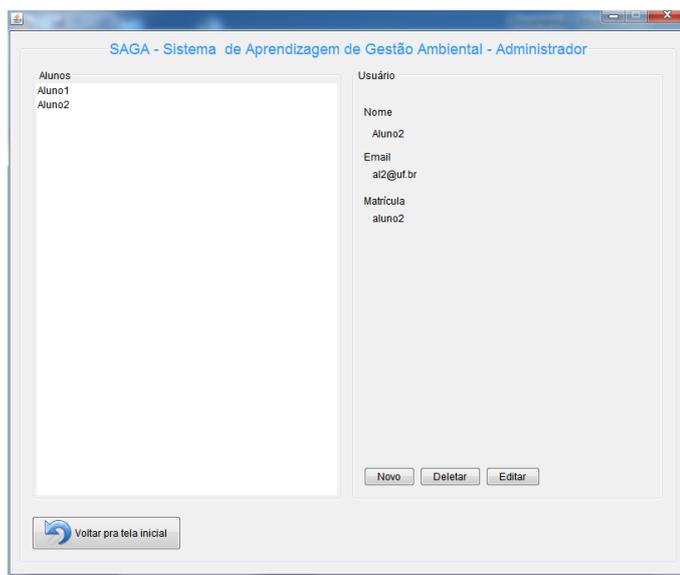
Figura 25: Módulo Administrador/Professor – Gerenciar Usuários



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Ao clicar no botão “Gerenciar Usuários” podem-se cadastrar novos alunos.

Figura 26: Módulo Administrador/Professor – cadastrar alunos



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

A liberação de novos alunos é feita nesta tela. Utilizam-se 3 (três) campos: nome, e-mail e matrícula.

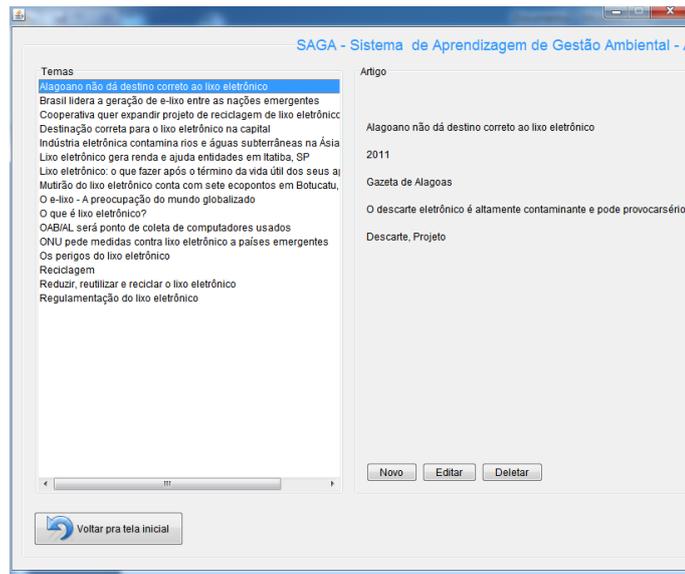
Figura 27: Módulo Administrador/Professor – Gerenciar Artigos



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Aqui se tem o gerenciamento de conteúdo do BD do SAGA referente aos artigos disponibilizados para consulta.

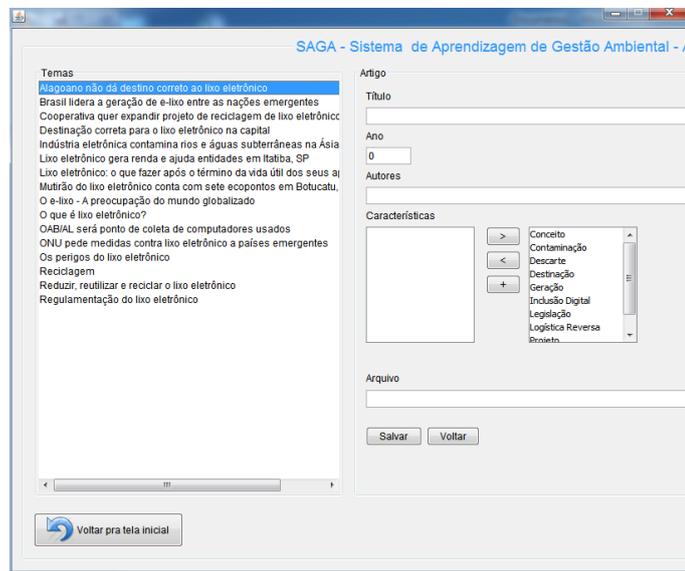
Figura 28: Módulo Administrador/Professor – visualização de artigos (manipulação)



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

É possível incluir, editar ou deletar um ou mais artigos.

Figura 29: Módulo Administrador/Professor – inserir artigo

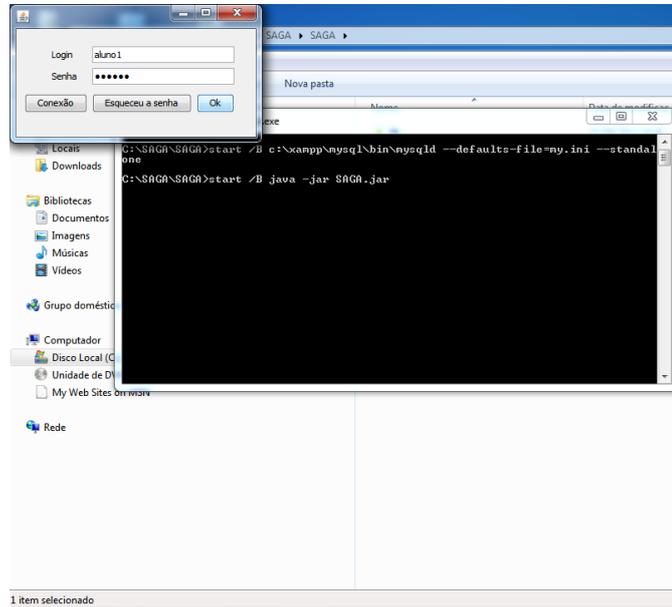


Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

As variáveis aqui são as seguintes: nome do artigo, ano de produção, autores, características e o anexo em pdf.

## 5.4 Telas do SAGA – Módulo Usuário/Aluno

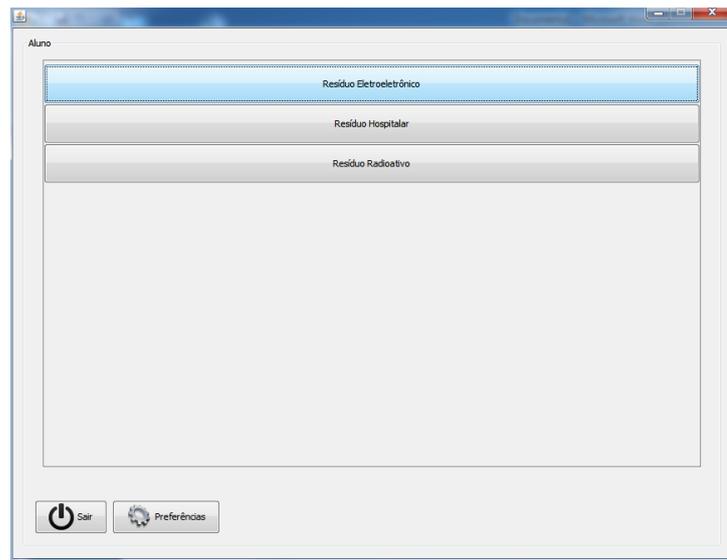
Figura 30: Tela inicial – Módulo Usuário/Aluno



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Com o login e senha de aluno tem-se acesso ao SAGA.

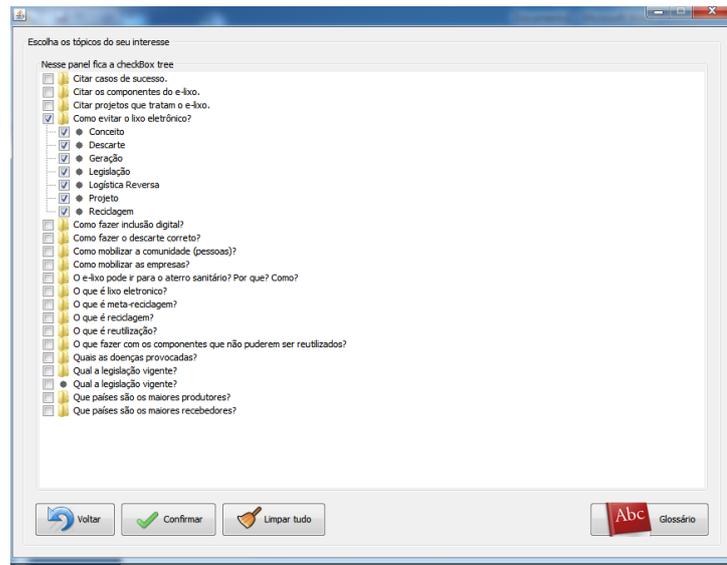
Figura 31: Módulo Usuário/Aluno – Apresentação dos temas disponibilizados



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Nesta tela escolhe-se o tema de interesse.

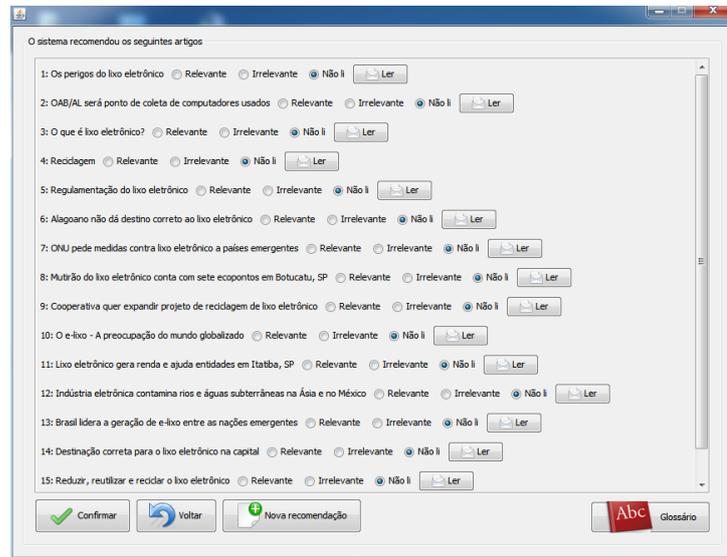
Figura 32: Módulo Usuário/Aluno – Questões que são respondidas



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Cada tema tem suas questões específicas e cada questão tem suas características. Aqui também pode-se ir direto para o glossário temático.

Figura 33: Módulo Usuário/Aluno – Apresentação dos artigos existentes



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Ao aluno são exibidos todos os artigos existentes no BD referentes ao tema escolhido. Aqui acontece a interação sistema/usuário. A ordem dependerá, sempre, da avaliação dos usuários.

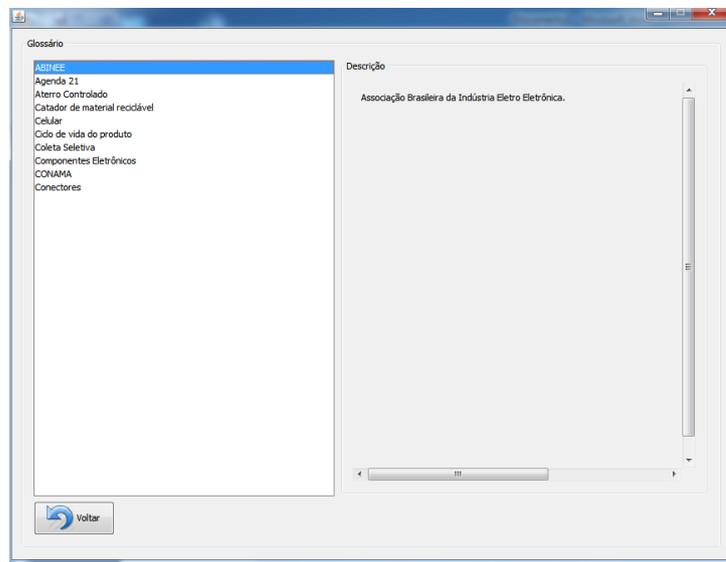
Figura 34: Módulo Usuário/Aluno – Artigo no formato .pdf



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Após a escolha do artigo, é apresentado o mesmo no formato .pdf para leitura.

Figura 35: Módulo Usuário/Aluno – Exibição do Glossário



Fonte: SAGA - adaptado pelo autor, 2013.

Todos os verbetes e expressões temáticas são mostrados em ordem alfabética ao usuário.

Como se pode observar, após as telas acima, o SAGA (modelo proposto) está sendo concebido para ser um ponto inicial no processo ensino-aprendizagem em Educação Ambiental com foco, neste momento, no lixo eletrônico. Usando a ABP como metodologia educacional para aproximar o aluno à sua realidade promovendo o seu envolvimento com a sociedade em que vive e estimulando-o a participar mais efetivamente dos problemas e soluções. Será necessária uma análise de seu uso junto aos alunos, por parte dos professores no sentido de seu aperfeiçoamento, inclusive adicionando novos módulos.

Algumas das contribuições do SAGA: a) É um ambiente de educação ambiental com foco em resíduos; b) Difusão do conhecimento sobre EA; c) Uso contínuo da solução para aperfeiçoamento e ensino de EA; d) Construção de um glossário específico da temática; e) Uso de TICs na educação ambiental; e f) Um repositório de tipos de resíduos que pode ser acessado por educadores e interessados na área.

Pode-se afirmar que este modelo poderá ser usado por educadores que trabalham gestão ambiental buscando incentivar e proporcionar aos alunos conhecimentos necessários para aprimorar e desenvolver a cidadania e o desenvolvimento e o consumo sustentável na sociedade do conhecimento e da informação que vivemos.

## **6 CONCLUSÃO**

### **6.1 Considerações Finais**

Há uma demanda atual para que a sociedade esteja mais motivada e mobilizada para assumir um papel mais propositivo, bem como seja capaz de questionar, de forma concreta, a falta de iniciativa do governo na implementação de políticas ditadas pelo binômio da sustentabilidade e do desenvolvimento num contexto de crescente dificuldade na promoção da inclusão social.

A educação ambiental aponta para propostas pedagógicas centradas na conscientização, mudança de comportamento, desenvolvimento de competências, capacidade de avaliação e participação dos educandos. A relação entre meio ambiente e educação assume um papel cada vez mais desafiador demandando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais complexos e riscos ambientais que se intensificam. Conclui-se afirmando que o papel dos professores é essencial para impulsionar as transformações de uma educação que assume um compromisso com a formação de valores de sustentabilidade, como parte de um processo coletivo. É preciso levar em consideração com mais seriedade a constatação de que os recursos abundantes que promovem o crescimento econômico estão se esgotando e que o fluxo de material e energia polui o meio ambiente, inclusive a partir da geração de outro resíduo poluente, que é o produto em si, descartado ao fim de sua vida útil. O ser humano vive em um tempo em que a qualidade de vida depende do uso eficiente dos recursos naturais, da distribuição equilibrada e da redução dos níveis de consumo.

A solução deste problema em questão ultrapassa as barreiras científicas, sendo, sobretudo, uma questão de educação ambiental. O homem tem o direito de consumir produtos que facilitem sua vida cotidiana e é desejável que novas tecnologias sejam acessíveis a todos, mas o problema é a velocidade com que o fenômeno da obsolescência vem acontecendo. É necessário que se perceba que a sociedade se tornou vítima do consumo compulsivo, irresponsável e sem controle, alimentado pela última palavra da tecnologia e insustentável do ponto de vista ambiental (AFONSO, 2008).

O modelo de recomendação deste trabalho e o desenvolvimento do protótipo SAGA com o objetivo de verificar a viabilidade operacional do modelo proposto demonstraram que é possível disponibilizar uma ferramenta computacional construída usando-se a linguagem Java

e o banco de dados MySQL tendo como fundamentos computacionais o uso de AG e RBC além de ABP para atender a demanda existente no ensino da Educação Ambiental com foco, neste momento, em Resíduos Eletrônicos.

Por que usar de AG e RBC? Após uma leitura de documentos técnico-científicos ficou evidenciado que a escolha de se trabalhar com AG para representar os casos através de RBC atenderia satisfatoriamente porque: a) O espaço a ser pesquisado é grande; b) O espaço a ser pesquisado não é bem entendido; e c) O problema não requer solução ótima.

A aplicação dos algoritmos genéticos em sistemas de informação representa uma nova forma de pensar o processo de recuperação de informação na qual as representações dos documentos são alteradas de acordo com a necessidade de informação da comunidade de usuários, manifestada através de suas buscas.

O RBC estabeleceu-se nos últimos anos como uma das tecnologias mais populares para o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento. É uma abordagem para solução de problemas e aprendizado por meio da reutilização de casos anteriores já conhecidos. Neste contexto, o RBC pode funcionar inclusive como um modelo cognitivo para se entender alguns aspectos do pensamento e comportamento humanos, além de ser uma tecnologia extremamente simples de se usar para construir sistemas computacionais inteligentes e resolver problemas reais nas mais diversas áreas. Neste trabalho os casos utilizados e tratados são artigos, documentos técnico-científicos que depois de tratados (padronizados) são inseridos no BD. Em relação ao ciclo do RBC, aqui, só foram utilizadas as etapas de inserção de casos e recuperação. Para o uso de RBC em conjunto com AG foram identificadas 10 (dez) características que serviram para atribuir pesos e proporcionar um ordenamento dos casos por ordem de relevância.

Em busca de trabalhos correlatos através de *websites* e documentos acadêmicos da área encontramos vários trabalhos usando RBC e/ou AG, aqui citamos dois trabalhos: a) Algoritmo Genético para determinação de relevância de sintomas no diagnóstico de Cardiopatia Isquêmica (Autor: Sandro Moretti Almeida – Universidade Católica de Brasília – 2006) e b) Sistema Evolutivo para Aconselhamento de Aquisição de Material Hospitalar (Autor: Genildo Santos – Universidade Federal de Alagoas – 2008). Estes trabalhos fazem uso de RBC e/ou AG e demonstram a possibilidade de combinar estes fundamentos computacionais para obtenção de sistemas de recomendação.

A aplicação dos algoritmos genéticos em sistemas de informação representa uma nova forma de pensar o processo de recuperação de informação na qual as representações dos documentos são alteradas de acordo com a necessidade de informação da comunidade de usuários, manifestada através de suas buscas.

No atual contexto da Web, cuja dinamicidade muitas vezes não permite uma indexação adequada dos documentos a serem disponibilizados, os algoritmos genéticos podem representar uma alternativa, ao permitir que as representações dos documentos se configurem adequadamente ao longo de um período, de acordo com a recuperação desses documentos por grupos de usuários com interesses comuns.

A partir do modelo de ambiente de aprendizagem apresentado, entendemos que deverá ser usado no sentido de contribuir para o correto descarte do e-lixo de forma ecologicamente correta, minimizando e evitando a contaminação do meio ambiente com consequências positivas para o ser humano, viabilizando uma indústria lucrativa de reciclagem e aproveitamento de matéria-prima. Em paralelo, pode-se implantar atividades de reuso de equipamentos de TIC que permitirão incorporar uma vertente social de redistribuição de equipamentos visando a inclusão digital e social da população mais carente.

Estabelecendo metas tangíveis em nível de educação ambiental na rede pública estadual de ensino, entendemos que este modelo pode ser adotado para maximizar o ambiente de aprendizagem, permitindo um “descobrir” por parte dos alunos, o que potencializará as ações de gestão ambiental em Alagoas. Incrementando-se novos módulos no modelo em questão haverá uma base mais rica de dados e informações visando o constante processo de evolução. Portanto, entendemos este modelo como uma contribuição efetiva no processo de ensino-aprendizagem com foco em educação ambiental: e-lixo permitindo-se melhorar os indicadores ambientais, e muitos outros, do Estado de Alagoas.

## **6.2 Trabalhos Futuros**

Diversos trabalhos futuros poderão ser implementados após a construção do protótipo do sistema, dentre eles: a) Ampliar a base de dados para outros tipos de resíduos (construção civil, domiciliar, hospitalar, radioativo etc); b) Desenvolvimento de jogos usando IA na temática; c) Construção de um painel de controle que permita acompanhar os indicadores de e-lixo; e d) Utilização de mecanismos que permitam uma maior interação usuário-interface.

Este trabalho é mais um passo visando despertar a sociedade para a produção de soluções tecnológicas que preservem o meio ambiente e trabalhar intensamente para saber usá-los com responsabilidade sem agredir o meio ambiente com descartes irresponsáveis e desacelerar o esgotamento dos recursos naturais, ainda disponíveis no planeta.

## REFERÊNCIAS

AAMODT, A.; PLAZA, E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations and system approaches. **AI Communications**, v. 7, n. 1, p. 39-59, 1994.

ABEL, M. **Raciocínio baseado em casos**. 1996. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/gpesquisa/bdi/publicacoes/files/CBR-TI60.pdf>>. Acesso em: 22 jul. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002a.

\_\_\_\_\_. **NBR 10520**: Informação e documentação - citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

AFONSO, J. C. Resíduo eletrônico: redução, reutilização, reciclagem e recuperação. **Envolverde/Consciência**. fev. 2008. Disponível em: <<http://www.ct.ufrj.br/recicla/?secao=noticia&id=002>> . Acesso em: 10 jun. 2009.

ALAGOAS. Decreto n.º 17.930/12, estabelece normas e procedimentos relativos ao descarte ou à alienação e à baixa de bens móveis patrimoniais dos órgãos da administração direta, autárquica e fundacional do poder executivo, e dá outras providências. **Diário Oficial de Alagoas**, Maceió, 30 jan. 2012. p.1-2.

ALBERTIN, A. L. **Administração de informática**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

ALMEIDA, S. M. **Algoritmo genético para determinação de relevância de sintomas no diagnóstico de cardiopatia isquêmica**. 2006. In: VII WORKSHOP DE INFORMÁTICA MÉDICA – WIM, 2007 - Universidade Católica de Brasília, Brasília, Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/wim/2007/004.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2013.

ANDRADE, R. **Caracterização e classificação de placas de circuito impresso de computadores como resíduos sólidos**. 2002. Tese (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

ANDUEZA, F. **Legislação internacional comparada do lixo eletrônico**. 2009b. Disponível em: <<http://www.lixoeletronico.org/blog/legislacao-internacional-comparada-de-lixo-eletronico>> . Acesso em: 25 set. 2009.

ANTONISSE, H. J. A new interpretation of schema notation that overturns the binary encoding constraint. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENETIC ALGORITHMS, 3., 1989, Fairfax. **Proceedings**... Fairfax: Mason University, 1989.

BARONE, D. **Sociedades artificiais**: a nova fronteira da inteligência nas máquinas. Porto Alegre: Artmed, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Senado, 1988.

BRASIL. Lei 9.795 de 27 de Abril de 1999, Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 abr. 1999. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795.htm)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Coordenação Geral de Educação Ambiental. **Programa Nacional de Educação Ambiental – PRONEA**. 3. ed. Brasília, 2005.

BRIGDEN, K. et al. A. **cutting edge contamination**: a study of environmental pollution during the manufacture of electronic products. Greenpeace, Feb. 2007. Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/Global/international/planet-2/report/2007/2/cutting-edge-contamination-a.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2012.

CARBONEL, J. G.; VELOSO, M. M. **Derivational analogy in PRODIGY: Automating Case Acquisition, Storage, and Utilization**. In: Machine Learning, Date: 1993.

CARVALHO, I. A **Invenção ecológica**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2001.

COSTA, M. T. C. **Uma arquitetura baseada em agentes para suporte ao ensino a distância**. 74 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

CUNHA, F. B. R. P. **Educação**: uma metodologia e um modelo para auxiliar a construção de currículos para educação mediada por computador. 204 f. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

DAVIS, L. D. **Handbook of genetic algorithms**. [S.l.]: Van Nostrand Reinhold, 1991.

DAWKINS, R. **A escalada do monte improvável**: uma defesa a da teoria da evolução. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DIAS, G. F. **Os quinze anos da Educação Ambiental no Brasil**: um depoimento em aberto. Brasília, v. 10, a 49, jan./mar. 1991.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental**: princípios e práticas. São Paulo: Gaia, 1992.

FERNANDES, A. M. da R. **Inteligência artificial**: noções gerais. 2ª impr. Florianópolis/SC: Visual Books, 2005.

\_\_\_\_\_. **Inteligência artificial aplicada à saúde**. Florianópolis: Visual Books, 2004.

- FERNANDES, C. *et al.* **Utilização do método de raciocínio baseado em casos numa base de casos de doenças de soja.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1999. Disponível em: <[http://fipp.unoeste.br/~chico/artigo\\_rbc\\_doencas\\_de\\_soja.pdf](http://fipp.unoeste.br/~chico/artigo_rbc_doencas_de_soja.pdf)> . Acesso em: 23 jul. 2008.
- FERREIRA, A. B. **Novo Aurélio Século XXI:** o dicionário da língua portuguesa. 3ª ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.
- FLEISCHMANN, M. **Quantitative models for reverse logistics, springer verlag.** Berlin, 2001.
- GENTNER, D. **Structure mapping, a theoretical framework for analogy:** cognitive science. Vol.7. p.155-170, 1983.
- GEYER-SCHULTZ, A. **Fuzzy rule-based expert systems and genetic machine learning.** Heidelberg: Physica-Verlag, 1997.
- GOLDBERG, D. E. **Genetic algorithms in search, optimization & machine learning.** [S.l.]: Addison-Wesley, 1989.
- GOLDBERG, D., KORB, B. and DEB, K. **Messy genetic algorithms:** Motivation, Analysis, and First Results. Disponível em: <<http://www.complex-systems.com/Archive/hierarchy/abstract.cgi?vol=03&iss=5&art=05>> . Acesso em: 29 jul. 2011.
- HENRIQUES, V. F. C. de Sá; UHR, F. R. B; SOARES, A. B. **A formação de conceitos e a organização do conhecimento.** Universidade Gama Filho, Programa de Pós Graduação em Psicologia, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://vicenterisi.googlepages.com/conceitoseorganizacao-Van-Fat.doc>> . Acesso em: 22 jul. 2008.
- HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems.** University of Michigan Press, 1975.
- JACOBI, P. R. **Educação ambiental:** o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 233-250, maio/ago. 2005.
- JÚLIO, M. R. F. M. **Um estudo de métricas de similaridades em sistemas baseados em casos aplicados à área de saúde.** 148 p. Dissertação (Mestrado em Computação). Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 2005.
- KOLODNER, J. L.; LEAKE, D. **A Tutorial introduction to case-based reasoning. In Case-based reasoning:** experiences, lessons and future directions. MIT Press. 1996. pp 31-65. Disponível em: <[http://www.cs.indiana.edu/~leake/papers/p-96-01\\_dir.html/paper.html](http://www.cs.indiana.edu/~leake/papers/p-96-01_dir.html/paper.html)> . Acesso em: 22 jul. 2008.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 3ª ed. São Paulo: Ed Atlas, 2003.

LEAKE, David B. **CBR in context: the present and the future**. Indiana University, 1996. Disponível em: < <http://citeseer.ist.psu.edu/22268.html> > . Acesso em: 22 jul. 2008.

LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2001.

LEITE, P. R. **Logística reversa, meio ambiente e competitividade**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

MANGUEIRA, E. M. Q. de A.. **Ambiente interativo de aprendizagem para o apoio ao estudante no diagnóstico de pacientes de acidente vascular cerebral**. UFAL. Maceió – 2008. Disponível em: <[http://btd.ufal.br/tde\\_arquivos/13/TDE-2011-04-20T112026Z-573/Publico/Dissertacao\\_ElbaMariaQuirinodeAlmeidaMangueira\\_2008.pdf](http://btd.ufal.br/tde_arquivos/13/TDE-2011-04-20T112026Z-573/Publico/Dissertacao_ElbaMariaQuirinodeAlmeidaMangueira_2008.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

McCORMICK, J. **Rumo ao paraíso**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1992.

MENCONI, D. **O inevitável lixo da modernidade**. Publicado em 20 jul. 2007. Disponível em: < <http://www.silcon.com.br/2007/07/20/o-inevitavel-lixo-da-modernidade/> > . Acesso em: 22 nov. 2011.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da Internet**. 9ª ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

PÁDUA, S.; TABANEZ, M. (orgs.). **Educação ambiental: caminhos trilhados no Brasil**. São Paulo: Ipê, 1998.

PAL, S.; SHIU, S.. **Foundations of Soft Case-Based Reasoning**. New Jersey: Wiley, 2004. Disponível em:

<[http://vmg.pp.ua/books/%D0%9A%D0%BE%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%98%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8/\\_%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%A7%D0%95%D0%95%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8/Wiley%20Publishing,%20Inc%20-%20Foundations%20of%20Soft%20Case-Based%20Reasoning.pdf](http://vmg.pp.ua/books/%D0%9A%D0%BE%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B%D0%98%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B8/_%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%A7%D0%95%D0%95%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D0%B8/Wiley%20Publishing,%20Inc%20-%20Foundations%20of%20Soft%20Case-Based%20Reasoning.pdf)> . Acesso em: 20 dez. 2011.

RAVI, V; SHANKAR, R.; TIWARI, R. M. **Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach**. Computers & Industrial Engineering, v. 48, p. 327-356, 2005.

REIGOTA, M. **Desafios à educação ambiental escolar**. In: JACOBI, P. et al. (orgs.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo: SMA, 1998.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental**. São Paulo: Brasiliense, 1998.

ROHS. What is Rohs?. 2002. Disponível em: <<http://www.bis.gov.uk/nmo/enforcement/rohs-home>> . Acesso em: 08 fev. 2012.

ROMANI, B. **Brasil recebe restos high-tech dos EUA**. Folha de São Paulo. Publicado em 4 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.fenacon.org.br>> . Acesso em: 05 mai. 2009.

SAKAI, M. H.; LIMA, G.Z. **PBL: uma visão geral do método**. Olho Mágico, Londrina, v. 2, n. 5/6, n. esp., 1996.

SANTOS, G. **Sistema evolutivo para aconselhamento de aquisição de material hospitalar**. Universidade Federal de Alagoas, 2008. Disponível em: <<http://www.sbis.org.br/cbis11/arquivos/708.pdf>> . Acesso em: 19 set. 2013.

SHIH, L. **Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan**. Resources Conservation and Recycling, v. 31, p. 55-72, 2001.

TAMAIIO, I. **A mediação do professor na construção do conceito de natureza**. Dissertação de Mestrado FE/Unicamp Campinas, 2000.

TRISTÃO, M. **As dimensões e os desafios da educação ambiental na sociedade do conhecimento**. In: RUSHEINSKY, A. (org.). Educação ambiental: abordagens múltiplas. Porto Alegre: Artmed, 2002. p.169-173.

SÁ, F. P.; NAKAMITI, G. S. **Case-based reasoning: uma visão sobre o raciocínio baseado em casos**. Network Technologies, Nova Odessa, v. 1/2, n.º 1/2, 2002.

SILVA, B. D.; MARTINS, D. L.; OLIVEIRA, F. C. **Resíduos eletroeletrônicos no Brasil**. Santo André, 2007.

SMITH, S. F. **A learning system based on genetic adaptive**. Ph.D. these, Science Computer, University of Pittsburgh, 1980.

SORRENTINO, M. **De Tbilisi a Tessaloniki, a educação ambiental no Brasil**. In: JACOBI, P. ET al. (orgs.). Educação, meio ambiente e cidadania: reflexões e experiências. São Paulo: SMA.1998.

TENBACK, R. H. **A comparison of similarity measures for case-based reasoning**. Utrech University, 1994. Disponível em: <<http://www.tenback.org/Robert/cbr.html>> . Acesso em: 22 jul. 2008.

UNESCO. **Tendances de l'éducation relative a l'environnement après Tbilisi**. Paris, 1977.

VIEIRA, R. V. **Um Algoritmo genético baseado em tipos abstratos de dados e sua especificação em Z**. 2003, 210 f. Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, Recife- PE, 2003.

VIGOTSKY, L. **A Formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WALL, M. **Galib: a C++ library of genetic algorithm components**. Massachussets, EUA: [s.n.], 2000. Manual disponível em <<http://lancet.mit.edu/ga/>> . Acesso em: 09 ago. 2012.

WANGENHEIM, C. G.; WANGENHEIM, A. **Raciocínio Baseado em Casos**. São Paulo: Manole, 2003. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=cIMwqPOdPTMC&printsec=frontcover&dq=Racioc%C3%ADnio+Baseado+Em+Casos&hl=pt-BR&sa=X&ei=oL3wTubfKeHi0QGaoP2fAg&ved=0CDQQuUwAA#v=one>>

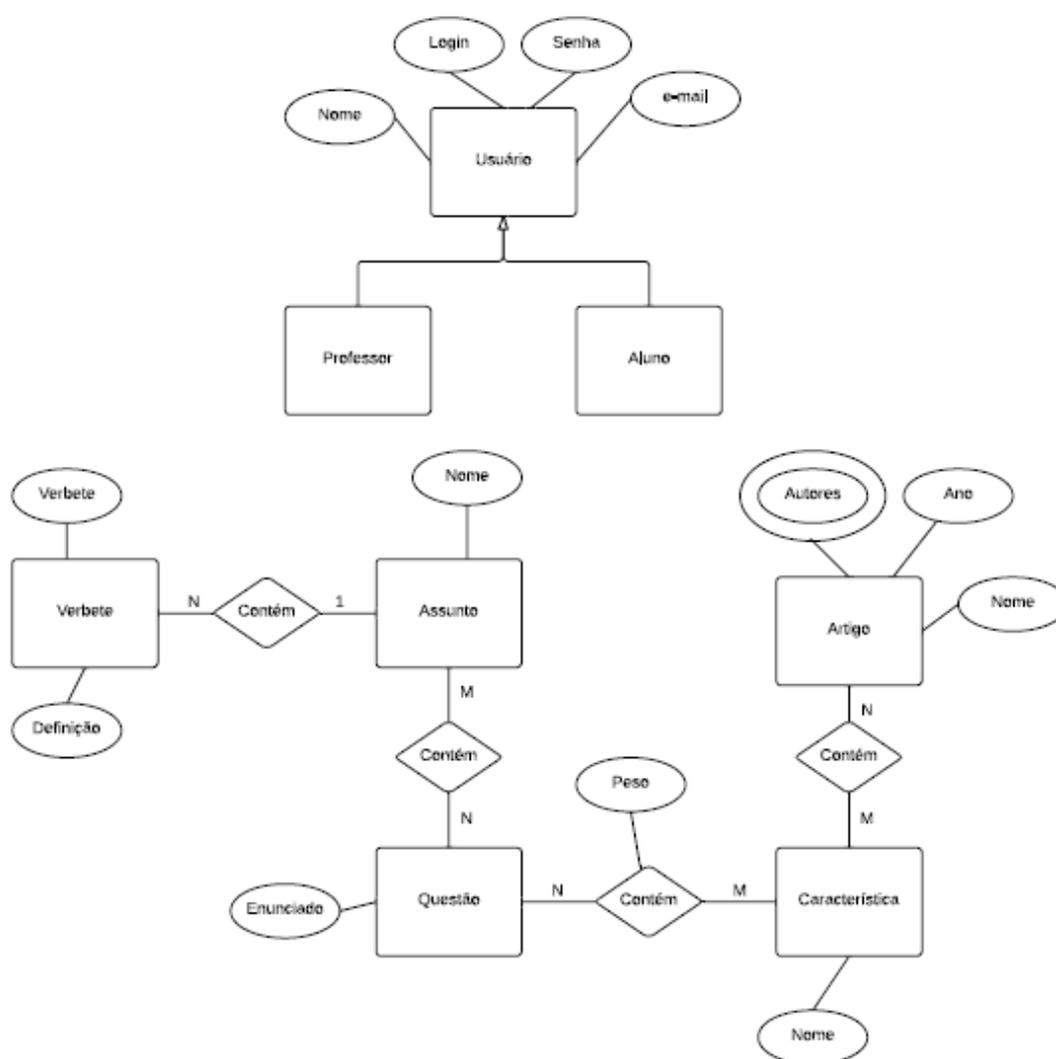
page&q=Racioc%C3%ADnio%20Baseado%20Em%20Casos&f=false> . Acesso em: 20 dez. 2011.

WATSON, Ian; MARIR, F. **Case based reasoning: a Review**. The Knowledge Engineering Review, London, v.9, n.4, p. 327-354, 1994.

WHITLEY, D. **A genetic algorithm tutorial**. Disponível em: <[http://www.geocities.com/igoryepes/ga\\_tutorial.zip](http://www.geocities.com/igoryepes/ga_tutorial.zip)> . Acesso em: 20 set. 2012.

## **APÊNDICES**

## Apêndice A – Modelo ER do SAGA



## Apêndice B – Tabela de Questões x Características

N.º	Título	Conceito	Geração	Inclusão Digital	Descarte	Legislação
Caso 1	Lixo eletrônico: o que fazer após o término da vida útil dos seus aparelhos?	1	1	1	0	1
Caso 2	O que é lixo eletrônico?	1	0	0	0	0
Caso 3	O e-lixo - A preocupação do mundo globalizado	1	0	0	1	0
Caso 4	Sucata eletrônica se transforma em fonte de renda para famílias do Cairo	0	0	0	0	0
Caso 5	Lixo eletrônico gera renda e ajuda entidades em Itatiba, SP	0	0	1	0	0
Caso 6	Cooperativa quer expandir projeto de reciclagem de lixo eletrônico	0	0	0	0	0
Caso 7	Reduzir, reutilizar e reciclar o lixo eletrônico	0	0	0	0	0
Caso 8	Reciclagem	0	0	0	0	0
Caso 9	Munição do lixo eletrônico conta com sete ecopontos em Botucatu, SP	0	0	0	1	0
Caso 10	Regulamentação do lixo eletrônico	0	0	0	0	1
Caso 11	Reduzir, reutilizar e reciclar o lixo eletrônico	0	0	0	0	0
Caso 12	ONU pede medidas contra lixo eletrônico a países emergentes	0	1	0	0	0
Caso 13	Brasil lidera a geração de e-lixo entre as nações emergentes	0	1	0	0	1
Caso 14	Alagoano não dá destino correto ao lixo eletrônico	0	0	0	1	0
Caso 15	O e-lixo - A preocupação do mundo globalizado	0	0	0	1	0
Caso 16	Destinação correta para o lixo eletrônico na capital	0	0	0	1	0
Caso 17	OAB/AL será ponto de coleta de computadores usados	0	0	0	1	0
Caso 18	Lixo eletrônico	0	0	0	1	0
Caso 19	Indústria eletrônica contamina rios e águas subterrâneas na Ásia e no México	0	1	0	0	0
Caso 20	Os perigos do lixo eletrônico	0	0	0	0	0

Logística Reversa	Destinação	Contaminação	Reciclagem	Projeto
0	1	1	1	1
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	1	0	1	0
0	0	0	1	1
0	0	0	1	0
0	0	0	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	1
0	0	0	0	1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	1
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0

## Apêndice C – Tabela de Casos x Características

N.º	Título	Data
Caso 1	Lixo eletrônico: o que fazer após o término da vida útil dos seus aparelhos?	11/08/2009
Caso 2	O que é lixo eletrônico?	30/05/2012
Caso 3	O e-lixo - A preocupação do mundo globalizado	01/12/2011
Caso 4	Sucata eletrônica se transforma em fonte de renda para famílias do Cairo	30/05/2012
Caso 5	Lixo eletrônico gera renda e ajuda entidades em Itatiba, SP	29/05/2012
Caso 6	Cooperativa quer expandir projeto de reciclagem de lixo eletrônico	02/12/2011
Caso 7	Reduzir, reutilizar e reciclar o lixo eletrônico	23/05/2012
Caso 8	Reciclagem	30/05/2012
Caso 9	Mutirão do lixo eletrônico conta com sete ecopontos em Botucatu, SP	24/05/2012
Caso 10	Regulamentação do lixo eletrônico	23/05/2012
Caso 11	Reduzir, reutilizar e reciclar o lixo eletrônico	23/05/2012
Caso 12	ONU pede medidas contra lixo eletrônico a países emergentes	02/02/2010
Caso 13	Brasil lidera a geração de e-lixo entre as nações emergentes	26/05/2012
Caso 14	Alagoano não dá destino correto ao lixo eletrônico	23/05/2012
Caso 15	O e-lixo - A preocupação do mundo globalizado	01/12/2011
Caso 16	Destinação correta para o lixo eletrônico na capital	23/05/2012
Caso 17	OAB/AL será ponto de coleta de computadores usados	14/06/2011
Caso 18	Lixo eletrônico	22/03/2012
Caso 19	Indústria eletrônica contamina rios e águas subterrâneas na Ásia e no México	23/05/2012
Caso 20	Os perigos do lixo eletrônico	23/05/2012

Link
<a href="http://www.tecmundo.com.br/teclado/2570-lixo-eletronico-o-que-fazer-apos-o-termino-da-vida-util-dos-seus-aparelhos-htm">http://www.tecmundo.com.br/teclado/2570-lixo-eletronico-o-que-fazer-apos-o-termino-da-vida-util-dos-seus-aparelhos-htm</a>
<a href="http://www.institutogea.org.br/elixo.html">http://www.institutogea.org.br/elixo.html</a>
<a href="http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/o-e-lixo-a-preocupacao-do-mundo-globalizado/60194/">http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/o-e-lixo-a-preocupacao-do-mundo-globalizado/60194/</a>
<a href="http://www.globalonline.net.br/main-content/full/log-stica-reversa-lixo-eletr-nico">http://www.globalonline.net.br/main-content/full/log-stica-reversa-lixo-eletr-nico</a>
<a href="http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2012/05/lixo-eletronico-gera-renda-e-ajuda-entidades-em-itaniba-sp.html">http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2012/05/lixo-eletronico-gera-renda-e-ajuda-entidades-em-itaniba-sp.html</a>
<a href="http://www.tribunahoje.com/noticia/11295/cooperativas/2011/12/02/cooperativa-quer-expandir-projeto-de-reciclagem-de-lixo-eletronico.html">http://www.tribunahoje.com/noticia/11295/cooperativas/2011/12/02/cooperativa-quer-expandir-projeto-de-reciclagem-de-lixo-eletronico.html</a>
Link: <a href="http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico3.htm">http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico3.htm</a>
<a href="http://lixoeletronico.org/blog/o-ciclo-do-lixo-eletr%C3%B4nico-3-reciclagem">http://lixoeletronico.org/blog/o-ciclo-do-lixo-eletr%C3%B4nico-3-reciclagem</a>
<a href="http://g1.globo.com/sp/bauru-marlia/noticia/2012/05/mitirao-do-lixo-eletronico-conta-com-sete-ecopontos-em-botucatu-sp.html">http://g1.globo.com/sp/bauru-marlia/noticia/2012/05/mitirao-do-lixo-eletronico-conta-com-sete-ecopontos-em-botucatu-sp.html</a>
<a href="http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico2.htm">http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico2.htm</a>
<a href="http://www.logisticadescomplicada.com/a-nova-onda-logistica-reversa/">http://www.logisticadescomplicada.com/a-nova-onda-logistica-reversa/</a>
<a href="http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,omi-pede-medidas-contralixo-eletronico-a-paises-emergentes,514464,0.htm">http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,omi-pede-medidas-contralixo-eletronico-a-paises-emergentes,514464,0.htm</a>
<a href="http://www.portalvitrine.com.br/brasil-lidera-a-geracao-de-e-lixo-entre-as-nacoes-emergentes-news-18059.html">http://www.portalvitrine.com.br/brasil-lidera-a-geracao-de-e-lixo-entre-as-nacoes-emergentes-news-18059.html</a>
<a href="http://almanaquealagoas.com.br/noticias/?vCod=1073">http://almanaquealagoas.com.br/noticias/?vCod=1073</a>
<a href="http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/o-e-lixo-a-preocupacao-do-mundo-globalizado/60194/">http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/o-e-lixo-a-preocupacao-do-mundo-globalizado/60194/</a>
<a href="http://coletivo.maiscomunidade.com/conteudo/2011-12-01/cidades/3834/DESTINACAO+CORRETA+PARA++O+LIXO+ELETRONICO+NA+CAPITAL.pmlhtml">http://coletivo.maiscomunidade.com/conteudo/2011-12-01/cidades/3834/DESTINACAO+CORRETA+PARA++O+LIXO+ELETRONICO+NA+CAPITAL.pmlhtml</a>
<a href="http://www.oab-al.org.br/index.php/noticia/412/oabal-sera-ponto-de-coleta-de-computadores-usados">http://www.oab-al.org.br/index.php/noticia/412/oabal-sera-ponto-de-coleta-de-computadores-usados</a>
<a href="http://www.mecatronicatual.com.br/secoes/leitura/987">http://www.mecatronicatual.com.br/secoes/leitura/987</a>
<a href="http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2007/02/12/29443-industria-eletronica-contamina-rios-e-aguas-subterraneas-na-asia-e-no-mexico.html">http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2007/02/12/29443-industria-eletronica-contamina-rios-e-aguas-subterraneas-na-asia-e-no-mexico.html</a>
<a href="http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico1.htm">http://ambiente.hsw.uol.com.br/lixo-eletronico1.htm</a>

Conceito	Geração	Inclusão Digital	Descarte	Legislação	Logística Reversa	Destinação	Contaminação	Reciclagem	Projeto
1	1	1	0	1	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0