



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
CENTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO  
SOCIOAMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU  
EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE  
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS  
GIDEVALDO NOVAIS DOS SANTOS

ITAPETINGA – BA  
2015

MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE  
EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS  
GIDEVALDO NOVAIS DOS SANTOS

Dissertação de Mestrado do  
Programa de Pós-graduação em  
Ciências Ambientais

Área de concentração: Meio  
Ambiente e Desenvolvimento

Orientadora: Prof. *D. Sc.* Cristiane  
Martins Veloso

Co-orientador: Prof. *D. Sc.*  
Luciano Brito Rodrigues

ITAPETINGA – BA  
2015

SANTOS, G. N. Modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Itapetinga – BA: UESB, 2015. 69 p. Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais – Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento<sup>1</sup>

O aumento no consumo de produtos eletroeletrônicos em todo o mundo e a forma indissociável que a tecnologia computacional e informática tornou-se para a vida contemporânea, despertou o interesse de acadêmicos, autoridades e organizações para um uso responsável da infraestrutura das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). A rápida atualização dos equipamentos permite que se tornem obsoletos também mais rapidamente, gerando um aumento na produção de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) cuja destinação final nem sempre é tão fácil de se decidir. O objetivo deste trabalho foi criar um modelo de gestão de resíduos eletroeletrônico para as organizações, e sugerir ações de governança de TI Verde. O trabalho foi realizado conduzindo-se uma pesquisa de campo do tipo exploratório, buscou-se por artigos publicados em periódicos indexados e disponíveis em bases de dados – *Elsevier, Thomson Reuters, IEEE Digital Library* – da área de Computação, Engenharias e Ciências Ambientais, utilizando-se das palavras-chaves *e-waste, electronic waste, waste management, green IT e green computing*. Dos trabalhos encontrados foram selecionados inicialmente artigos que tratavam de modelos, frameworks, estudos de caso e outros tipos de estudos, publicados no período de cinco anos, e em seguida as revisões. Foi então proposto um modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos com três fases: aquisição, utilização e descarte, cuja composição define um fluxo de atividades que apontam para um tendência a minimizar o volume de resíduos para descarte, aumento do tempo de vida útil do equipamento eletroeletrônico, redução do consumo de energia e promover a reutilização de componentes e equipamentos. No momento do descarte, a recomendação é a utilização da logística reversa, contatando o próprio fabricante ou operadores logísticos.

**Palavras-chaves:** Resíduo eletroeletrônico, Gestão de Resíduos, TI Verde

---

<sup>1</sup> Orientadora: Cristiane Martins Veloso, *D. Sc.* UESB e Co-orientador: Luciano Brito Rodrigues, *D. Sc.* UESB.

SANTOS, G. N. Modelo de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos. Itapetinga – BA: UESB, 2015. 69 p. Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais – Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento<sup>2</sup>

The increasing in consumption of electric and electronic products all over the world and the inseparably way that computational and computer technologies have become for contemporary living, aroused interest of academics, authorities and organizations for a responsible use for Information and Communication Technologies infrastructure (ICT). The quick update of the devices allow them to be obsolete quickly too, that generate an increasing of waste of electric and electronic equipment (WEEE) production, which the final disposal isn't so easy to decide. This research aims to create a model to manage the waste of electric and electronics equipment for the organizations, and suggest some guidelines for green IT governance. The research was guided by an exploratory study, a search on journals indexed by databases such as Elsevier, Thomson Reuters and IEEE Digital Library, in Computing, Engineering and Environmental Sciences area, by using the key words: e-waste, electronic waste, waste management, green IT and green computing resulted in some papers. Some of them were selected by the kind of work: those ones that were about models, frameworks, case studies e others studies, published in a period of five years, then the ones that were about review. Then it was proposed a model for managing waste of electric and electronic equipment with three phases: acquisition, using and disposal, which composition defines a flow of activities that indicate a trend in minimizing the amount of waste to discard, increasing in lifespan of the equipment, reduction in power consumption and promote the reuse of equipment or components. Upon disposal, the recommendation is the use of reverse logistics, contacting the manufacturer or logistics operators.

**Key words:** Electric and electronic waste, Waste management, Green IT

---

<sup>2</sup> Advisor: Cristiane Martins Veloso, *D. Sc.* UESB and Co-advisor: Luciano Brito Rodrigues, *D. Sc.* UESB.

## Lista de tabelas e quadros

Quadro 1:	Análise de risco no modelo de valor da TI Verde	12
Quadro 2:	Identificação das área de TI Verde nos processos de gestão	23
Quadro 3:	Estímulos para adoção de métodos de gestão	28
Quadro 4:	Normas diretamente vinculadas às contratações públicas.	29
Quadro 5:	Normas reflexamente vinculadas às contratações públicas	30
Quadro 6:	Lista de países e quantidade de instrumentos regulatórios de REEE em vigor	67
Quadro 7:	Resumo dos elementos utilizados para discutir e criar o Modelo de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos	69
Tabela 1:	Descrição analítica das fases e atividades associadas, do Modelo de Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos	66

## Lista de figuras

Figura 1:	Propostas de regulamentação para o resíduo eletroeletrônico por níveis da administração pública – 2007 a 2013	16
Figura 2:	Propostas de regulamentação para o resíduo eletroeletrônico por ano – 2007 a 2013	17
Figura 3:	Quantidade de instrumentos regulatórios por continente, de 1996 a 2014	18
Figura 4:	Fluxo do processo de pesquisa em periódicos.	34
Figura 5:	Modelo para adoção de SI Verde e seu impacto na performance ambiental	36
Figura 6:	Fluxo de análise para elaboração do modelo de gestão de resíduo eletroeletrônicos	37
Figura 7	Resumo dos elementos utilizados para discutir e criar o Modelo de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos.	39
Figura 8:	Fluxo processo	40
Figura 9:	Diagrama de atividades principais detalhadas	42
Figura 10:	Início Fase 1 : Aquisição	44
Figura 11:	Diagrama de atividades para Upgrade	48
Figura 12:	Política ambiental e critérios exigidos do fornecedor/produto	52
Figura 13:	Boas práticas para uso eficiente de energia	54
Figura 14:	Manutenção e remanejamento de equipamentos	57
Figura 15:	Diagrama de atividades para o Descarte	60

## Lista de abreviaturas e símbolos

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
CPS	Compras Públicas Sustentáveis
EEE	Equipamentos eletroeletrônicos
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
GC	Governança Corporativa
GREEE	Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos
GTI	Governança de TI
ICLEI	<i>International Council for Local Environmental Initiative</i>
IBGC	Instituto Brasileiro de Governança Corporativa
<i>ITGI</i>	<i>Information Technology Governance Institute</i>
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i>
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
REEE	Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos
Rio – 92	Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992
SBC	Sociedade Brasileira de Computação
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SI	Sistemas de Informação
TI	Tecnologia da Informação
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	6
2.	OBJETIVOS	8
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1	COMPUTAÇÃO VERDE OU TI VERDE	9
3.2	GESTÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO	14
3.2.1	RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO: LEGISLAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO	15
3.3	GESTÃO AMBIENTAL NAS ORGANIZAÇÕES	18
3.3.1	GESTÃO DE TI VERDE	21
3.3.2	COMPUTAÇÃO EM NUVEM COMO PRÁTICA DE TI VERDE	23
3.3.3	COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS	27
4.	MATERIAL E MÉTODOS	33
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1	MODELO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS	39
5.1.1	FASE 1 – AQUISIÇÃO	43
5.1.1.1	DIMENSIONAMENTO	44
	a. EQUIPAMENTO NOVO	44
	<i>DESKTOP</i> CONVENCIONAL	45
	<i>THIN CLIENT</i>	46
	b. <i>UPGRADE</i>	47
5.1.1.2	POLÍTICA AMBIENTAL	49
	SELOS AMBIENTAIS	51
5.1.2	FASE 2 – UTILIZAÇÃO	52
5.1.2.1	BOAS PRÁTICAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	53
	GERENCIAMENTO DE ENERGIA	54
	<i>HARDWARE</i>	55
	<i>SOFTWARE</i>	55
5.1.2.2	MANUTENÇÃO / REMANEJAMENTO DE EQUIPAMENTO ENTRE SETORES	56
5.1.3	FASE 3 – DESCARTE	58
6.	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS	63
	APÊNDICE	66
	A.1 - Tabela 1: Descrição analítica das fases e atividades do MGREEE	66
	A.2 – Lista de países com quantidade de instrumentos regulatórios de REEE em vigor	67
	A.3 - Resumo dos elementos utilizados para discutir e propor o MGREEE.	69



## 1. INTRODUÇÃO

É inegável a grande contribuição dos recursos tecnológicos para a vida contemporânea. Para as atuais gerações, torna-se quase impossível visualizar uma sociedade que não faça uso de toda a portabilidade e da disponibilidade de computadores, entre outros dispositivos eletrônicos com acesso rápido e fácil à informação, através de conexões com ou sem fio.

Manter contato com todo o mundo, resolver problemas em diferentes lugares do planeta sem sair do seu local de trabalho, ou de casa, apenas utilizando os recursos disponíveis de redes de computadores, através de equipamentos conectados a outros dispositivos e utilizando protocolos de comunicação entre estes, são apenas alguns exemplos de facilidades que as organizações desfrutam com o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Uma primeira consequência da disponibilidade destes recursos, é um aumento considerável no consumo de energia, uma vez que tendem a permanecer ligados, para atender a todos os seus usuários.

Outra observação que pode ser feita, diz respeito a uma tendência na indústria de tecnologia na criação de alternativas de custos mais baixos para os seus equipamentos eletrônicos, bem como uma redução no ciclo de vida útil, com novos produtos, seja na parte física (*hardware*) ou na parte lógica (*software*). A inovação produzida gera a obsolescência dos equipamentos recentemente adquiridos e um alto consumo de equipamentos eletroeletrônicos (EE), e como ao adquirir o produto novo não é definida uma finalidade quando o seu ciclo de vida for concluído, o consumidor passa a considerar algumas opções quando se vê diante da situação, o que leva a algumas possibilidades para o equipamento obsoleto: doação para reuso, armazenamento ou descarte, no último caso, completando o seu ciclo de vida.

A situação se torna mais grave quando o consumidor é uma empresa com grandes investimentos em Tecnologia da Informação (TI). Neste caso, o volume de equipamentos obsoletos é sempre grande, o que torna grande também a quantidade de aparelhos a serem doados, armazenados ou descartados.

Ao pensar estas possibilidades, percebe-se a necessidade de conhecer o impacto causado pelos recursos das TICs, bem como a gestão do processo de descarte do chamado lixo eletrônico, pelos seus responsáveis, e a criação de uma política para gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE).

Como resultado das discussões, acerca dos impactos ambientais resultantes da utilização dos recursos tecnológicos nas organizações, surgiram algumas iniciativas cujos objetivos eram mitigar a intensidade desses. Criou-se então um tema para estudo chamado *Green Computing* (Computação Verde) ou *Green Information Technology* (*Green IT*), ou TI Verde em português. As ações mobilizadas pelas organizações, vistas como iniciativas em TI Verde, propõem desde a redução do consumo de energia na utilização das TICs e de seus insumos (papel, cartuchos de tinta etc.) até a construção planejada com mudanças significativas no espaço destinado à infraestrutura de TI das grandes empresas, com vistas à otimização dos recursos usados e minimização no uso de recursos naturais, incluindo a utilização de tecnologias limpas. Além destas iniciativas, as práticas de TI Verde visam ainda projetos ambientalmente responsáveis e selos que caracterizem produtos ecologicamente corretos, com vistas ao processo de gestão da disposição e destinação final ambientalmente adequada, no fim do seu ciclo de vida (MURUGESAN, 2008).

A TI Verde contribui com as discussões acadêmicas ou corporativas, realizadas com o objetivo de produzir conhecimento e inovação na área das Ciências Ambientais, que colaborem com a área da Computação e Informática, seja como atividade meio ou atividade fim, resultando sempre num processo ou produto que fará parte das alternativas de gestão de tecnologia da informação. Como nas Ciências Ambientais, a discussão acerca destas atividades fica a cargo da Gestão Ambiental, entende-se que os recursos e as ferramentas utilizadas para análise, avaliação e proposições na gestão de TI vêm desta área, com a junção de conhecimentos e discussões pertinentes ao tema, que caracterizam a natureza interdisciplinar da área de estudos do trabalho de pesquisa proposto.

## **2. OBJETIVOS**

Os objetivos do trabalho proposto foram assim definidos:

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Criar um modelo de gestão de resíduos eletroeletrônicos para as organizações públicas, que considere desde a aquisição até o fim da vida útil destes produtos, e sugerir ações de governança de TI Verde na utilização de computadores pessoais de mesa (*desktops*).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Indicar ações de governança de TI a partir de critérios de avaliação que componham o modelo;
- b. Identificar áreas de atuação na gestão de resíduos eletroeletrônicos, como política de gestão nas organizações;

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 COMPUTAÇÃO VERDE OU TI VERDE

O conceito de Computação Verde, remete ao ano de 1992, quando a Agência de Proteção Ambiental (*Environmental Protection Agency – EPA*), dos Estados Unidos, lança o programa *Energy Star*, como um programa voluntário de rotulagem, destinado a identificar e promover os produtos eficientes energeticamente. O selo *Energy Star* era concedido aos produtos eletrônicos que conseguissem minimizar o uso de energia enquanto maximizava a sua eficiência. Este selo era aplicado a diferentes tipos de produtos, mas os primeiros foram os monitores de vídeo e os computadores (JOUMLA & KADRY, 2012).

O selo Energy Star, a exemplo de alguns outros que foram criados no mesmo período em diferentes países, são alocados na categoria de Rotulagem Tipo I, segundo a série de normas ISO 14000, de Gestão Ambiental. O Rótulo Ambiental Tipo I é fornecido por terceiros, a partir dos critérios e procedimentos estabelecidos previamente, neste caso um valor mínimo em consumo de energia e também da eficiência energética, entre outras especificações que dependem do produto a ser considerado.

A Computação Verde, ou TI Verde entretanto, vai além do gerenciamento do consumo de energia.

Para Murugesan (2008), a TI Verde é:

o estudo e a prática de projeto, de fabricação, utilização e descarte de computadores, servidores e associados subsistemas, tais como monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e de rede e sistemas de comunicação, de forma eficiente e eficaz com o mínimo ou nenhum impacto sobre o ambiente.

Segundo ainda o mesmo autor, a TI Verde abrange uma série de áreas de foco e atividades, destacando as seguintes:

- *design/projeto* para a sustentabilidade ambiental;
- computação com eficiência energética;
- gerenciamento de energia;
- projeto de *datacenter*, *layout* e localização<sup>3</sup>;

---

<sup>3</sup> A organização pode instalar o seu *datacenter* em um país, cuja localização geográfica favoreça, por exemplo, minimizar o uso de refrigeração, reduzindo consumo de energia.

- virtualização de servidores;
- eliminação e reciclagem responsável;
- cumprimento dos regulamentos;
- métricas verdes, ferramentas de avaliação e metodologia;
- ambiente relacionado com a mitigação de riscos;
- uso de fontes renováveis de energia, e
- rotulagem ecológica, ou selos ambientais de produtos de TI.

Algumas das áreas acima mencionadas podem nortear as práticas de TI Verde dentro das organizações, na utilização das TICs no cotidiano destas. Estas práticas apresentam, segundo Murugesan (2008), três abordagens:

1. Abordagem Tática Incremental – a mais simples de todas as abordagens. A empresa mantém a sua infraestrutura e as suas políticas, e incorpora algumas medidas para alcançar alguns objetivos verdes moderados, como: gerenciamento de energia dos computadores, uso de lâmpadas econômicas e manutenção da temperatura ótima nas salas dos servidores. Estas medidas devem ser adotadas por um curto período, como solução *ad-hoc*.
2. Abordagem estratégica – esta abordagem é intermediária. Conduz-se uma auditoria na infraestrutura de TI, numa perspectiva ambiental, desenvolve um planejamento direcionado a aspectos mais amplos, como por exemplo: implantar sistemas computacionais com melhor eficiência energética, ou desenvolver e implementar novas políticas de aquisição, operação e cessão de recursos computacionais.
3. Abordagem TI Verde Profunda – esta abordagem amplia as medidas já mencionadas acima, na abordagem anterior, dentro das quais a empresa pode implementar a política de compensação da pegada de carbono, para neutralizar a emissão de gases de efeito estufa, inclusive plantando árvores, comprando créditos de carbono ou usando energia verde, como energia solar ou eólica.

Essas abordagens visam a minimizar o impacto gerado pelo uso dos computadores e de toda a sua infraestrutura. Mas como avaliar as iniciativas em TI Verde incluídas na gestão organizacional, como também as suas práticas?

Algumas pesquisas apresentam modelos para auxiliar no processo de avaliação das iniciativas e práticas de TI Verde, com indicadores para nortear as organizações

interessadas no tema.

Chou & Chou (2012) apresentam um modelo de valor para a TI Verde, salientando os aspectos relacionados a sustentabilidade, dizendo que a “sustentabilidade nos desafia a avaliar várias soluções que alcancem a harmonia na economia, na comunidade e no ambiente”, e apresentam quatro componentes do modelo de valor da TI Verde, tais como: consciência, tradução, compreensão e valor da TI Verde.

A “consciência” seria o reconhecimento do valor potencial da TI Verde, antes mesmo da adoção para criar este valor; seus benefícios econômicos têm sido reconhecidos por organizações, incluindo a redução de despesas e capital operacional de TI, reduzindo contas de energia elétrica e melhorando a imagem pública das organizações.

O componente “tradução” é a etapa seguinte à consciência, uma vez que deve-se traduzir esta em iniciativas para colocar em prática. As organizações devem criar estratégias de TI Verde que sejam adequadas às estratégias organizacionais. Ainda são indicadas como atividades deste componente, o fato de estar bem preparado para as mudanças organizacionais que se fizerem necessárias e que resultam das iniciativas da TI Verde, e a criação e implementação de um sistema de “gestão de conhecimento”, para coletar e distribuir na organização.

O terceiro componente é a “compreensão”, nomeado ainda de processo proativo e de longo prazo, para qualquer iniciativa de TI Verde. Neste período, a organização deverá criar métricas para avaliar os resultados da TI Verde e adequar seus resultados às leis e regulações. Vale salientar que uma importante medida que toma-se nesta etapa é a criação de relatórios de resultados para apresentar aos funcionários da organização.

O “valor da TI Verde” é colocado pelos autores como o componente resultado, combinado e identificável, dos componentes anteriores: consciência, tradução e compreensão. Os autores mencionam que o valor da TI Verde pode ser identificado através de dois níveis: a satisfação da empresa e a satisfação social e ambiental (CHOU & CHOU, 2012). Para Chou (2013), deve-se ainda observar, para cada componente estudado, o risco associado à prática de TI Verde, no modelo de valor, pois como em toda atividade relacionada à tecnologia, há riscos e incertezas que podem afetar os resultados da prática em questão.

Quadro 1: Análise de risco no modelo de valor da TI Verde

Componentes	Atividades da organização	Risco no componente
Consciência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entendimento da afinidade entre a qualidade ambiental e a qualidade de vida.</li> <li>• Reconhecimento da necessidade de TI Verde por organizações, governos e sociedade.</li> <li>• Conhecimento que os dispositivos de TI são altos consumidores de energia, liberam poluição e geram resíduos.</li> <li>• Identificação de benefícios econômicos da TI Verde.</li> <li>• Postular o valor potencial da TI Verde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conhecimento sobre sustentabilidade ambiental.</li> <li>• Falta de conhecimento em TI Verde.</li> <li>• Filosofia gerencial centrada no lucro.</li> <li>• Falta de mudança comportamental individual.</li> <li>• Falta de responsabilidade social.</li> <li>• Ética nos negócios insuficiente.</li> <li>• Esforço insuficiente do governo.</li> </ul>
Tradução	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar estratégias de TI Verde e vincular às estratégias organizacionais.</li> <li>• Compartilhar a visão da TI Verde da organização com os empregados.</li> <li>• Classificar o valor esperado da TI Verde.</li> <li>• Transformar ideias de TI Verde em cursos operacionais.</li> <li>• Buscar recursos e fundos para a prática de TI Verde.</li> <li>• Desenvolver tecnologias inovadoras para implementação de TI Verde.</li> <li>• Realizar mudança organizacional e mudança gerencial.</li> <li>• Oferta de programas de treinamento para os empregados.</li> <li>• Adoção de sistema de gestão de conhecimento para auxiliar a missão da TI Verde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suporte insuficiente da alta administração.</li> <li>• Preocupação de risco de investimento.</li> <li>• Falta de anuência e suporte dos <i>stakeholders</i>.</li> <li>• Experiência inadequada em TI Verde.</li> <li>• Fundos insuficientes para as iniciativas em TI Verde.</li> <li>• Falta de suporte específico em TI.</li> <li>• Experiência inadequada na gestão da mudança.</li> <li>• Experiência inadequada nos programas de treinamento.</li> <li>• Falta de habilidade na construção do sistema de gestão de conhecimento.</li> </ul>

continuação Quadro 1: Análise de risco no modelo de valor da TI Verde

Compreensão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar medidas para avaliar os resultados da TI Verde.</li> <li>• Monitoramento de desempenho do departamento de TI.</li> <li>• Adoção de ferramentas adequadas para calcular o uso de energia.</li> <li>• Criar um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) na organização.</li> <li>• Criar um sistema de comunicação de desempenho da TI Verde.</li> <li>• Estabelecer leis de TI Verde, padrões, e regulações para a indústria e a sociedade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conhecimento em métricas de TI Verde.</li> <li>• Experiência insuficiente no monitoramento do local de trabalho.</li> <li>• Selecionar ferramentas inadequadas para calcular o uso de energia.</li> <li>• Conhecimento insuficiente para criar um SGA.</li> <li>• Conhecimento insuficiente na elaboração de políticas e leis de TI Verde.</li> </ul>
Valor da TI Verde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combinar os resultados dos três componentes no modelo de valor da TI Verde: consciência, tradução e compreensão.</li> <li>• Definir o valor como uma medida de satisfação da exploração da TI Verde.</li> <li>• Coletar o valor da satisfação organizacional por implementar a TI Verde.</li> <li>• Coletar o valor da satisfação social e ambiental por implementar a TI Verde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento insuficiente na definição de valor da consciência, tradução e compreensão.</li> <li>• Conhecimento insuficiente no cálculo do valor da TI Verde.</li> <li>• Dados insuficientes de valor para serem coletados nas organizações.</li> <li>• Capacidade insuficiente para interpretação dos resultados de valor.</li> <li>• Aptidão insuficiente para comunicar com a sociedade.</li> </ul>

Fonte: Chou (2012)

O risco associado a cada um dos componentes do modelo de valor, indicado por Chou (2013), traduz a subjetividade dos componentes do seu modelo de valor da TI verde, em possíveis ações objetivas, uma vez que lista tais riscos. Ao conhecer os riscos, tornam-se possíveis as ações que evitem acontecer ou minimizem as consequências ou impactos decorrentes desses. O Quadro 1 apresenta de forma resumida os componentes do modelo de valor, as atividades organizacionais que os representam e os riscos associados a todos eles. Conhecer tais riscos é necessário, pois as ações planejadas pelos gestores podem antecipá-los, criando mecanismos para evitá-los ou minimizá-los, quando forem aplicáveis à organização.



Para Murugesan (2008) as organizações alcançam os objetivos da TI Verde através de quatro caminhos: projeto, uso, disposição e manufatura verde. Para Chou & Chou (2012), o valor da TI Verde também pode ser percebido através dos quatro passos mencionados anteriormente.

Para adoção de novas práticas dentro da organização é sempre necessário um período de maturação dos conceitos envolvidos para um real entendimento do seu significado, planejamento e avaliação das medidas adotadas. Deve-se prestar atenção nas tendências da área, para mudar o rumo, caso o caminho seguido não tenha levado aos resultados esperados.

### 3.2 GESTÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO

Os processos da gestão organizacional há muito tempo tem criado modelos para auxiliar na área específica da gestão de tecnologia da informação (TI). Colocar a tecnologia a serviço dos objetivos da organização e ter resultados que representam um bom nível de eficiência para a empresa, utilizando as ferramentas disponíveis é um serviço pelo qual a governança de TI responde.

A governança de TI (GTI) faz parte da governança corporativa (GC). Esta é definida pelo Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC, 2009) como sendo “o sistema pelo qual as organizações são dirigidas, monitoradas e incentivadas, envolvendo os relacionamentos entre proprietários, Conselho de Administração, Diretoria e órgãos de controles” (IBGC, 2009, p. 19). Os princípios da governança corporativa estão baseados em quatro pilares:

- 1) transparência: disponibilizar informações para as partes interessadas;
- 2) equidade: tratamento justo de todos os sócios e demais partes interessadas;
- 3) prestação de contas: agentes de governança devem prestar contas de seus atos e assumi-los;
- 4) responsabilidade corporativa: zelar pela sustentabilidade e longevidade da organização, incorporando políticas de ordem social e ambiental nos processos de negócios.

Para o *Information Technology Governance Institute* (ITGI, 2003) a governança de TI é de responsabilidade do conselho de administração e gestão executiva. É uma parte integrante da governança corporativa e consiste nas estruturas

e processos de liderança organizacionais que assegurem que a TI da organização se sustente e amplie as estratégias e os objetivos da organização. Os objetivos da governança de TI podem ser assim descritos:

Alinhamento da TI com a empresa e a realização dos benefícios prometidos; Uso de TI para habilitar a empresa através da exploração de oportunidades e maximizar os benefícios; O uso responsável dos recursos de TI; Gestão adequada de riscos relacionados a TI (ITGI, 2003).

Uma análise dos princípios da GC e dos objetivos da GTI, leva a considerar que uma proposta de ambas é a responsabilidade da corporação quanto às saídas geradas pelos recursos explorados. Os gestores, responsáveis pela condução do processo de administração da organização, em atendimento à legislação, devem implementar ações para alcançar o desempenho ambiental requerido para as organizações atuais, que utilizam os processos de controle da governança, como parte de sua gestão.

O “uso responsável dos recursos de TI” e a “gestão adequada dos riscos relacionados a TI”, são objetivos com os quais pode-se trabalhar na perspectiva do gerenciamento dos resíduos gerados pelo uso da TI e seus recursos relacionados, sejam eles de *hardware* ou da infraestrutura necessária para seu funcionamento.

### 3.2.1 RESÍDUO DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO: LEGISLAÇÃO NO BRASIL E NO MUNDO

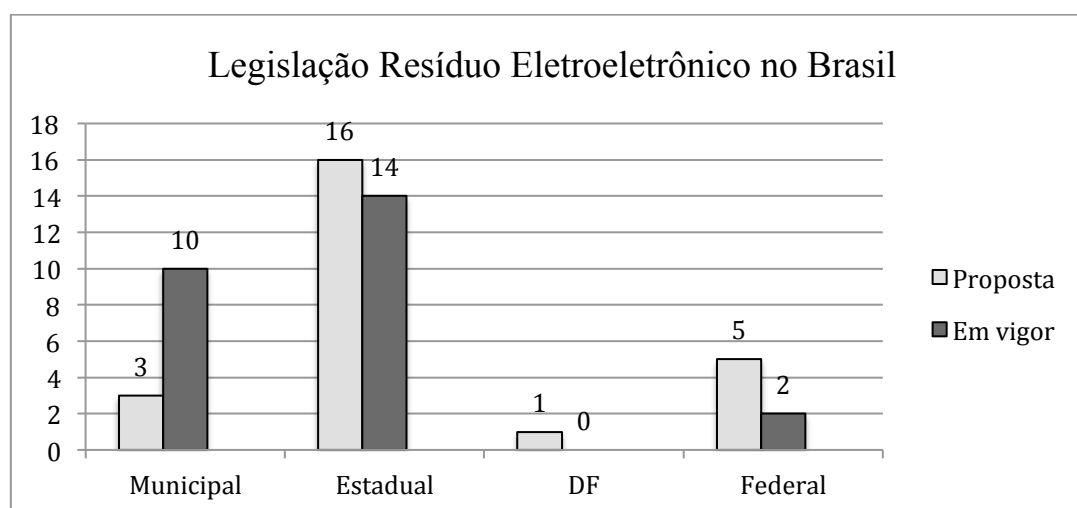
De acordo com os dados do programa StEP (2014), são do ano de 2007 as primeiras propostas de regulamentação sobre os resíduos eletroeletrônicos no Brasil. Nesse ano foram três as proposições, uma em nível federal, uma em nível estadual (Bahia) e outra em nível municipal (Cascavel, PR). Destas três propostas, apenas uma encontra-se em vigor. A Câmara Municipal de Cascavel (2007), no Paraná, aprovou lei que “dispõe sobre a coleta e o destino de pilhas, baterias, baterias de telefones celulares ou produtos eletroeletrônicos”, iniciando um processo de regulamentação acerca do problema dos resíduos eletroeletrônicos no país.

De 2007 a 2013, foram 51 (cinquenta e uma) propostas para normatizar, regulamentar, criar políticas e orientações sobre o tema dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Deste total, 26 propostas encontram-se aprovadas e em vigor, o que representa aproximadamente 51% de aprovação das proposições, em seis

anos de discussão sobre o tema no legislativo, nos três níveis da administração pública, do governo municipal ao governo federal.

A Figura 1 apresenta um gráfico com os números de proposições e as regulamentações em vigor, por níveis da administração pública. Muitas destas regulamentações são abrangentes ou bem específicas, em se tratando dos eletroeletrônicos. São propostas de gerenciamento, reuso e descarte, reciclagem, instalações de coleta, sobre telefones celulares, eletrodomésticos, baterias, lâmpadas fluorescentes, computadores e equipamentos de tecnologia de informação.

Figura 1: Propostas de regulamentação para o resíduo eletroeletrônico por níveis da administração pública – 2007 a 2013



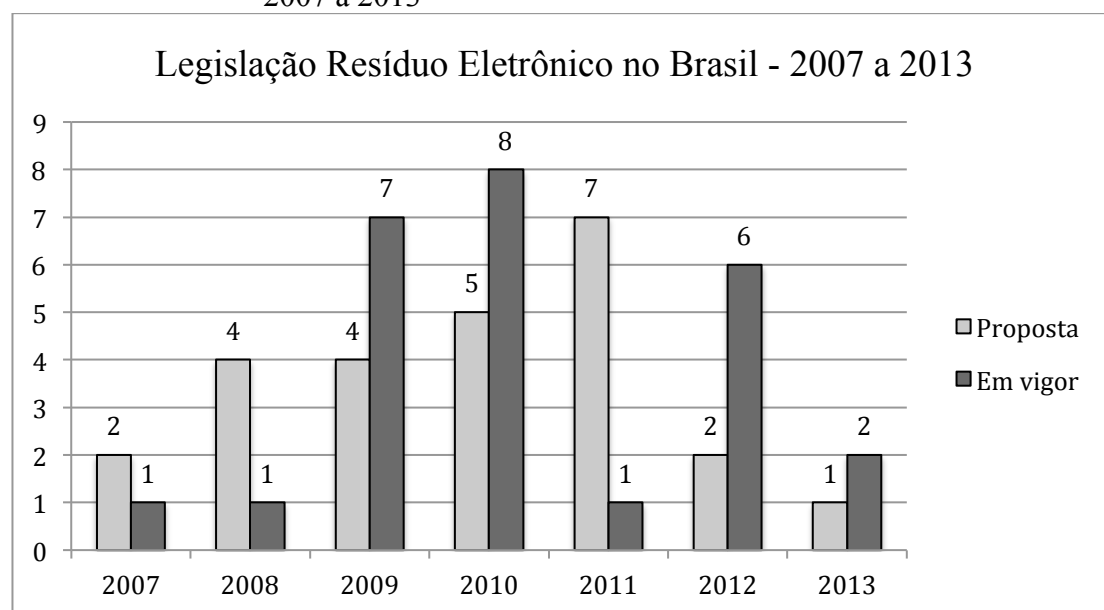
Fonte: *Solving the E-waste Problem – StEP* (2014)

A Figura 2 apresenta os números de proposições do legislativo, por ano no período de 2007 a 2013. O ano de 2010 foi especialmente profícuo no número de propostas – treze em todo o Brasil, sendo oito aprovadas e em vigor desde então. O ano de 2010 foi particularmente importante para a legislação ambiental, pois foi sancionada a Lei 12.305, de 02/08/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e o Decreto 7.404 de 23/12//2010 que regulamenta a lei anterior, definido alguns aspectos acerca do resíduo eletroeletrônico.

A regulação sobre o REEE no resto do mundo apresentou um processo de melhorias à medida que algumas ideias foram colocadas em prática. O mais antigo instrumento regulatório é do ano de 1996, no estado de New Hampshire, Estados Unidos, e proibia a disposição ou incineração de alguns equipamentos em aterros

sanitários desse estado<sup>4</sup>, e o tema foi tratado como saúde pública. Atualmente os Estados Unidos lideram em quantidade de instrumentos regulatórios em todo o mundo, sendo 87 (oitenta e sete) em vigor e 6 (seis) propostas em tramitação. O Brasil fica em segundo (26 em vigor), seguido do Canadá em terceiro (23 em vigor) e da China (17 em vigor) em quarta posição. Entende-se como “proposta” o projeto de lei encaminhado para avaliação e votação, enquanto que “em vigor”, as propostas que já foram votadas, aprovadas e já estão em vigor. Existe ainda a possibilidade de o projeto de lei ter sido votado e aprovado, mas foi definido um prazo para entrar em vigor, neste caso é chamada apenas de “aprovado”.

Figura 2: Propostas de regulamentação para o resíduo eletroeletrônico por ano – 2007 a 2013



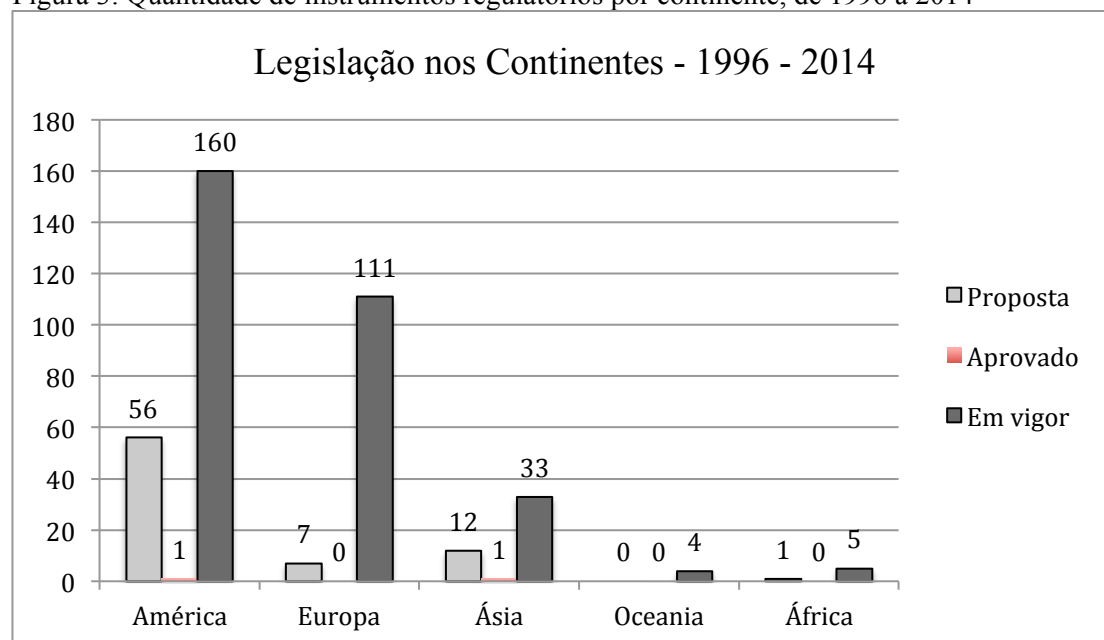
Fonte: *Solving the E-waste Problem* – StEP (2014)

As propostas iniciais de regulação do REEE, deram lugar a instrumentos mais elaborados, cujo teor compreendia a natureza do processo de fabricação e de utilização de recursos naturais. Surgiram então algumas diretivas sobre a não utilização de materiais perigosos, a criação de selos para a certificação de produtos com características padronizadas e indicadoras de responsabilidade ambiental entre outras. Ao reunir os números relativos a estes instrumentos regulatórios, observou-se que algumas regiões do planeta carecem de atenção ao tema, como a inúmeros outros problemas de natureza social e política.

<sup>4</sup> Disponível em: < <http://gencourt.state.nh.us/rsa/html/X/149-M/149-M-27.htm> > Acesso em: 28.jul.2014

A Figura 3 mostra a quantidade destes instrumentos, distribuídos pelos continentes, no período de 1996 a 2014. Este período foi considerado por ter sido a primeira proposta oficialmente registrada como lei (estadual) nos Estados Unidos. Em alguns países existem propostas de 2014, bem como leis deste ano em vigor.

Figura 3: Quantidade de instrumentos regulatórios por continente, de 1996 a 2014



Fonte: *Solving the E-waste Problem – StEP* (2014)

Em todo o mundo, foram listados 63 países<sup>5</sup> que apresentam pelo menos um instrumento regulatório sobre o resíduo de equipamento eletroeletrônico. Existem ainda mais três países com propostas em tramitação, mas nenhuma em vigor.

Além da legislação de cada país, foram criados alguns instrumentos, com orientações e diretivas de forma global (Organização das Nações Unidas) e regional (União Europeia). Estes documentos tornaram-se referência para o debate, gerando discussão e publicações sobre o tema em todo o mundo, sobre políticas, reuso, reciclagem e redesenho para os equipamentos eletroeletrônicos. Estas questões entraram na agenda dos gestores das organizações, sejam elas públicas ou privadas.

### 3.3 GESTÃO AMBIENTAL NAS ORGANIZAÇÕES

As empresas, na atualidade, têm sido pressionadas por ações das diversas organizações que lutam por uma política de exploração mais justa dos recursos

<sup>5</sup> Ver lista completa com os 63 países no Apêndice A.2.

naturais, a adotarem processos de gestão mais conscientes quanto ao uso de tais recursos.

Além da pressão social, como mencionado anteriormente, existe o aspecto regulatório que a instância governamental promove com a criação das normas, que obrigam a empresa a cumprir leis, para não sofrer penalidades e consequências negativas no aspecto financeiro (DIAS, 2010).

Com o objetivo de auxiliar nos processos de gestão das organizações, e foco nas questões ambientais, algumas referências foram criadas com a Gestão Ambiental. Seus conceitos e ferramentas servem como parâmetros para as ações que visam ao alcance da consciência ambiental almejada.

As práticas criadas por uma nova consciência ambiental e o papel a ser desempenhado por todos os integrantes da sociedade, como corresponsáveis pela integridade de um ambiente que é de todos, cria também a obrigatoriedade de repensar a condução dos processos de gerenciamento dentro das organizações.

A promoção de uma proposta de mudança de paradigmas nas organizações, vem de diferentes estímulos (DIAS, 2010), mas independente da origem de tais estímulos, percebe-se que há uma necessidade de adaptação a um pensamento sistêmico que visa atender às necessidades da sociedade, ditadas ou não por normas regulatórias (estímulos externos) ou às necessidades da própria organização (estímulos internos)<sup>6</sup>.

As organizações públicas, a seu turno, também são influenciadas por tais estímulos. Neste caso entretanto, a pressão externa pode ter uma maior influência com os instrumentos regulatórios e normalizadores, que exercendo uma pressão para o seu cumprimento, estabelece prazos para o atendimento aos padrões estabelecidos por lei.

Acerca da implantação da gestão ambiental na empresa, Dias (2010) apresenta duas possibilidades como “variáveis ambientais relevantes”: a gestão ambiental de processos e a de produtos, e as explica, esclarecendo que:

na gestão ambiental de processos, as principais ferramentas com as quais se obtêm melhores resultados são as tecnologias ambientais, com destaque para a Produção Mais Limpa, que traz melhores resultados competitivos, além da certificação de processos, que em alguns setores (como o florestal e o têxtil) é essencial. Em relação à gestão ambiental de produtos, as principais ferramentas são a análise do ciclo de vida, a certificação dos produtos (selos ecológicos) e o *ecodesign*. (DIAS, 2010, p. 55).

---

<sup>6</sup> Uma discussão sobre estes estímulos é feita na seção 3.3.3.1 Compras Públicas Sustentáveis – ver Quadro 3.

Giannetti & Almeida (2006, p. 12) referem-se à Produção Mais Limpa (P+L) como uma ferramenta que “visa melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das empresas, enquanto protege o ambiente, o consumidor e o trabalhador”. Ao exemplificar as ações da P+L, Giannetti & Almeida (2006, p. 13) citam:

a substituição de materiais, mudanças parciais do processo (como substituição de catalisadores ou materiais tóxicos), redução na emissão de substâncias tóxicas e outras melhorias na fabricação de produtos que, de uma forma ou de outra, acabam direta ou indiretamente diminuindo o impacto do processo sobre o meio ambiente.

A introdução da P+L na indústria de EEE já é uma perspectiva indicada com a criação de diretivas, e outras regulações, acerca do uso de materiais perigosos na produção destes equipamentos.

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é definida pela ABNT ISO 14040 (2009) como “compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida”, portanto, como salienta Giannetti & Almeida (2006), o foco da ACV é o produto. Já a certificação de produtos, encontra na rotulagem ambiental, uma forma de indicar aos consumidores quais produtos apresentam características desejáveis, ao considerar o conceito de sustentabilidade. Por último, no termo *ecodesign* encontra-se um conceito de 1997, publicado pelo PNUMA (UNEP, na sigla em inglês) e que referia-se, em sua essência ao ambiente. Segundo o mesmo programa, o conceito evoluiu para *Design for sustainability* (D4S), publicado em 2009 e considera outros pilares, além do ambiental: o econômico e o social. *Design for sustainability* é definida então da seguinte forma:

D4S vai além do fazer um produto “verde”, e visa encontrar a melhor maneira de encontrar as necessidades do consumidor nos níveis social, econômico e ambiental. Isto não apenas inclui o produto individual, mas também o sistema do produto e serviços relacionados que conjuntamente são capazes de preencher as necessidades mais eficientemente e com um valor maior para ambos, o consumidor e a empresa. (UNEP, 2009, p. 25)

Numa aplicação para a indústria de EEE, a ACV, a certificação ambiental e o projeto para sustentabilidade (D4S), são ferramentas que podem ser usadas de forma

integrada, cujos objetivos têm interseção e podem, de forma resumida, ser descritas assim:

- minimização no uso de recursos naturais;
- utilização de recursos que causem menor impacto;
- prolongamento da vida útil do produto;
- prolongamento da vida dos materiais utilizados;
- facilidade para desmontar, em fim de vida útil.

No momento em que a indústria implementa uma política de gestão ambiental de produtos, utilizando as ferramentas disponíveis para esta finalidade, disponibiliza no mercado a possibilidade de escolhas ambientalmente responsáveis e comprometidas com uma melhor qualidade para o meio ambiente, ao considerar o descarte final do produto e do resíduo gerado.

Os critérios escolhidos são facilmente justificáveis, cujo desempenho podem ser também mensuráveis, uma vez que se deseja avaliar o que foi implantado e conhecer os resultados desta adoção.

### 3.3.1 GESTÃO DE TI VERDE

A gestão de TI, como parte da gestão da organização, deve estar atenta aos objetivos organizacionais, para fazer com que os recursos tecnológicos disponíveis trabalhem em função destes objetivos.

Gerir um parque tecnológico, é trabalhar com planos que cubram os riscos associados a cada serviço executado pelos equipamentos, com soluções para minimizar os impactos que estes acontecimentos possam causar, nas atividades do cotidiano da organização. Com as demandas atuais, novas variáveis são incorporadas ao processo, para controle do gestor de TI.

Com o contínuo crescimento do uso de TI, há uma necessidade de um redesenho dos processos de negócio, e faz surgir uma preocupação com as questões ambientais, com destaque para o mau uso e o descarte de equipamentos eletroeletrônicos (LADEIRA, 2009).

As abordagens da TI Verde, apresentadas por Murugesan (2008) podem ser utilizadas para caracterizar as fases de implantação da TI Verde na organização. A Abordagem Tática Incremental, a Abordagem Estratégica e a Abordagem de TI Verde Profunda, poderiam indicar níveis de maturidade da implantação de TI Verde,



caracterizados pelas práticas e ações implantadas.

Segundo Molla & Abareshi (2012), os aspectos de TI Verde mais amplamente adotados são práticas e políticas para melhorar a Gestão de TI e prevenir a poluição, o que, em números percentuais tem-se:

oitenta e cinco por cento dos respondentes implementaram políticas de aquisição de TI ambientalmente amigável; 66% medem o impacto ambiental da TI e 50% têm políticas de gerenciamento do resíduo eletrônico (MOLLA & ABARESHI, 2012, p. 98).

Estes números são representativos para a área de estudo, uma vez que cada estágio da vida útil da TI, da manufatura à utilização e descarte, enfrenta alguns problemas ambientais (MOLLA & ABARESHI, 2012), e a maioria apresenta ações que contemplam todo o ciclo de vida dos equipamentos. Utilizando as abordagens para definir os níveis de maturidade, de acordo com estes números, a maioria das organizações encontra-se nos níveis inicial ou intermediário.

Ainda segundo Molla & Abareshi (2012), os motivos para a adoção das práticas de TI Verde podem ser vistos em termos de localização (fonte) ou tipos (foco). A localização de motivos pode ser interna ou externa à organização. Internamente os motivos estão embutidos em missões, crenças e sistemas de valores. Externamente motivos emanam da intervenção de instituições formais (como governos) e informais (como o mercado). O foco pode ser econômico ou sócio-político. De acordo com os resultados obtidos por eles, os motivos foram, em maioria, internos, variando entre econômicos e sócio-políticos. Os resultados obtidos para a motivação externa não foram significativos, de acordo aos parâmetros definidos para essa pesquisa.

Com base nas possibilidades definidas por Dias (2010) para a implantação da Gestão Ambiental – gestão ambiental de processos e gestão ambiental de produtos – cuja descrição é facilmente aplicável à indústria, pode-se fazer uma adaptação para implantar em organização de outro segmento. A gestão de processos pode não ser a de produção, mas o próprio gerenciamento das atividades organizacionais; e na gestão de produtos, a organização considerada, de qualquer segmento, é consumidora de produtos de TI, e pode estabelecer critérios ambientais dos produtos a serem adquiridos. Daí, as ferramentas da Gestão Ambiental podem entrar como critérios de avaliação de fornecedores: selos e certificações ambientais, avaliação do ciclo de vida, produção mais limpa, *ecodesign* etc.

O Quadro 2 apresenta as áreas de foco da TI Verde e uma descrição sumária destas áreas. Esta descrição dá indícios sobre a implantação de ações dentro da organização que tem motivos para aderir às práticas de TI Verde. As práticas podem refletir qualquer uma das abordagens mencionadas por Murugesan (2008), do processo inicial ao processo mais maduro e bem planejado, com resultados bem avaliados e *feedback* positivo para a gestão organizacional.

Quadro 2: Identificação das área de TI Verde nos processos de gestão

Prática	Descrição
Gerenciamento de energia.	Um conjunto de técnicas de <i>hardware</i> e <i>software</i> que otimiza o gerenciamento dos recursos de energia em sistemas computacionais, dispositivos portáteis e <i>datacenters</i> .
Projeto, <i>layout</i> e localização de <i>datacenter</i> .	Dispositivos que melhoram a eficiência energética e a conservação de energia em <i>datacenters</i> .
Virtualização de servidores.	Uma fiel reprodução de uma arquitetura inteira em software, que fornece a ilusão de uma máquina real para todos os softwares rodando sobre ele.
Eliminação e reciclagem responsável;	Gerenciamento do resíduo eletrônico, e limitando a obsolescência planejando uma atualização dos dispositivos, ao invés de sua substituição.
Cumprimento de regulamentos.	Os requisitos regulatórios e as ações legislativas tendem a forçar a aceitação de uma tecnologia ou prática, em situações onde isso não ocorreria. A existência de certas regras de sustentabilidade em padrões de TI, podem conduzir à adoção de algumas iniciativas em TI Verde.
Métricas verdes, metodologia e ferramentas de avaliação.	Ferramentas de <i>software</i> para colecionar ou simular, analisar, modelar, relatar consumo de energia, gerenciamento de risco ambiental, impacto ambiental e emissão de gases de efeito estufa; plataformas para “eco-gestão”, o comércio de emissões e investimentos éticos.

Fonte: Adaptado de Murugesan (2008), Ardito & Morisio (2013).

### 3.3.2 COMPUTAÇÃO EM NUVEM COMO PRÁTICA DE TI VERDE

A *cloud computing*, ou computação em nuvem, é definida pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST), como

um modelo para permitir conveniente acesso à rede sob demanda a um *pool* compartilhado de recursos computacionais configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser rapidamente provisionados e liberados com um esforço de gerenciamento mínimo ou interação com o provedor

de serviços. (NIST, 2009).

São características do ambiente de *cloud computing* o compartilhamento dos recursos que servem a múltiplos usuários, e são fornecidos de forma dinâmica – segundo a capacidade contratada por cada um (WESTPHALL, 2013). Essas características são cinco, chamadas de essenciais e descritas na definição dada pelo NIST (2009), como segue:

- **Autosserviço sob-demanda** – Um consumidor pode unilateralmente provisionar recursos de computação, tais como tempo de servidor e armazenamento de rede, conforme a necessidade, automaticamente, sem a necessidade de interação humana com o provedor de cada serviço;
- **Amplo acesso à rede** – Recursos estão disponíveis através da rede e acessados através de mecanismos padrão que promovem o uso de plataformas heterogêneas de *thin client* ou de outros tipos de cliente (por exemplo, telefones celulares, *laptops* e PDAs);
- **Pool de recursos** – Recursos de computação do provedor são agrupados para servir a vários consumidores usando um modelo multilocatário, com diferentes recursos físicos e virtuais atribuídos e realocados dinamicamente de acordo com a demanda do consumidor. Há um senso de independência local em que o cliente geralmente não tem controle ou conhecimento sobre a localização exata dos recursos disponibilizados, mas pode ser capaz de especificar o local em um nível maior de abstração (por exemplo, país, estado ou *datacenter*). Exemplos de recursos incluem o armazenamento, processamento, memória, largura de banda de rede e máquinas virtuais;
- **Elasticidade rápida** – Capacidades podem ser rápida e elasticamente provisionadas, em alguns casos, automaticamente, para escalar rapidamente e rapidamente liberados para escalar rapidamente. Para o consumidor, as capacidades disponíveis para provisionamento frequentemente parecem ser ilimitados e podem ser adquiridos em qualquer quantidade a qualquer momento;
- **O serviço calculado** – Sistemas em nuvem automaticamente controlam e otimizam o uso dos recursos, aproveitando uma capacidade de medição em algum nível de abstração apropriado para o tipo de serviço (por exemplo, armazenamento, processamento, largura de banda e contas de usuários ativos). O uso de recursos pode ser monitorado, controlado e reportado proporcionando transparência tanto para o provedor quanto para o consumidor do serviço utilizado.

As cinco características descritas acima, podem ser oferecidas por meio de três modelos de serviço: *Software as a Service (SaaS)*, *Platform as a Service (PaaS)* e *Infrastructure as a Service (IaaS)*, que são formalmente descritos assim:

**SaaS:** A capacidade fornecida ao consumidor é a utilização de aplicativos do provedor rodando em uma infraestrutura de nuvem. As aplicações são acessíveis a partir de vários dispositivos clientes

através de uma interface *thin client* como um navegador da web (por exemplo, *e-mail* baseado na *web*). O consumidor não gerencia nem controla a infraestrutura de nuvem subjacente, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais, armazenamento ou até mesmo recursos de aplicativos individuais, com a possível exceção de configurações limitadas de configuração de aplicativos específicos do usuário.

**PaaS:** A capacidade fornecida ao consumidor é para implantar as aplicações na infraestrutura em nuvem adquiridas ou criadas pelo consumidor, usando linguagens de programação e ferramentas suportadas pelo provedor. O consumidor não gerencia ou controla a infraestrutura subjacente à nuvem, incluindo rede, servidores, sistemas operacionais ou armazenamento, mas tem controle sobre os aplicativos implantados e, possivelmente, configurações de ambiente em aplicativos de hospedagem;

**IaaS:** A capacidade fornecida ao consumidor é a de disponibilizar processamento, armazenamento, redes e outros recursos computacionais fundamentais em que o consumidor é capaz de implantar e executar *software* à sua escolha, que pode incluir sistemas operacionais e aplicativos. O consumidor não gerencia nem controla a infraestrutura de nuvem subjacente, mas tem controle sobre sistemas operacionais, armazenamento, aplicativos implementados e possivelmente controle limitado de componentes de rede selecionados (por exemplo, *firewalls* do servidor).

Para concluir a definição da *cloud computing*, são ainda denominados os quatro modelos de implantação: Nuvens Privada, Comunitária, Pública ou Híbrida.

**Nuvem Privada:** a infraestrutura de nuvem é operada exclusivamente para uma organização. Pode ser gerido pela organização ou por um terceiro, e pode existir no local ou externo à organização;

**Nuvem Comunitária:** a infraestrutura de nuvem é compartilhada por diversas organizações e suporta uma comunidade específica que tem preocupações comuns (por exemplo, missão, requisitos de segurança, política e considerações sobre observância). Pode ser gerida pelas organizações ou um terceiro, e pode existir no local ou externamente;

**Nuvem Pública:** a infraestrutura de nuvem é disponibilizada ao público em geral ou a um grande grupo industrial e é propriedade de uma organização que vende serviços em nuvem;

**Nuvem Híbrida:** a infraestrutura de nuvem é uma composição de duas ou mais nuvens (privada, comunitária ou pública) que permanecem entidades únicas, mas são unidos por tecnologia padronizada ou proprietária que permite a portabilidade de dados e de aplicação (por exemplo, ruptura de nuvens para balanceamento de carga entre nuvens) .

Com a definição acima, as escolhas podem ser variadas, utilizando-se como parâmetros as necessidades da organização e observando-se as políticas institucionais dos serviços requeridos, os aspectos legais que envolvem a manutenção, a disponibilidade e o armazenamento da informação, além dos recursos

complementares que devem ser mantidos para dar suporte ao serviço contratado.

A computação em nuvem tem sido tema de pesquisas, com a utilização do seu potencial como prática de TI Verde. O desenvolvimento de pesquisas apontam uma melhoria do emprego dos locais onde as nuvens são instaladas, para uma melhor eficiência do uso de energia e planejamento das construções destes, escolhendo inclusive o melhor lugar do mundo onde podem aproveitar melhor os recursos de maneira sustentável. O que levou ao surgimento da *green cloud computing*.

Werner et al. (2011) asseguram que o modelo de *green cloud computing* vai além do que aborda a nuvem convencional, e coloca o foco na gestão dos recursos do *datacenter* e na eficiência energética. Segundo os autores, o modelo está baseado na aplicação de critérios para prover alocação, redimensionamento e migração de máquinas virtuais para obter uma consolidação de carga nos servidores físicos mais eficiente. O uso de *green cloud computing* seria uma prática de TI Verde cuja abordagem caracteriza a TI Verde Profunda.

Entretanto, caso a organização não se considere ainda apta a utilizar desta estratégia de gestão de TI, a utilização de computação baseada em servidores é uma alternativa mais simples, e na qual a computação em nuvem está fundamentada (para o caso *SaaS*). Nesse modelo de computação, os aplicativos são executados em um servidor central e apresentados no dispositivo *desktop*. Um único servidor pode suportar dezenas de dispositivos (JOURNAA & KADRY, 2012).

Estes mesmos autores argumentam sobre o custo relacionado ao computador pessoal, dizendo que “provavelmente é a parte mais conhecida e cara da infraestrutura” (JOURNAA & KADRY, 2012) de TI, e a utilização de modelo de computação baseado em servidor apresenta algumas vantagens, entre elas a redução do custo total de propriedade (*total cost of ownership – TCO*), pois permite que:

- O administrador de rede mantenha aplicativos num único servidor, ou pequeno grupo de servidores, ao invés de instalado em cada dispositivo *desktop*;
- Seja feito acesso a um conjunto de aplicativos de qualquer dispositivo conectado ao servidor, sem a obrigatoriedade da instalação em cada um destes dispositivos;
- Ambos, PCs e *thin clients* podem ser usados, embora os *thin clients* sejam os *desktops* preferidos para este modelo de computação.

Os *thin clients* são definidos por Joumaa & Kadry (2012) como “computadores simples, projetados para executar aplicativos de um servidor central”, e entre outras características que os diferencia dos PCs, pode-se dizer que:

- Eles têm requisitos mais baixos para microprocessador e memória do que os PCs, enquanto fornecem uma experiência idêntica ao usuário final;
- Eles são literalmente menores, alguns do tamanho de um estojo de CD, e a maioria não tem unidades removíveis;
- Eles são projetados para custar menos que os PCs, na utilização e na manutenção;
- Eles usam significativamente menos energia.

O estudo conduzido por Joumaa & Kadry (2012) conclui que o *thin client* é mais eficiente no uso de energia, com alguns modelos usando 85% menos energia do que os PCs em um ambiente real de trabalho. A eficiência apontada é traduzida em significativa e também mensurável economia de energia para a organização, tanto em médio quanto em longo prazo.

Outro aspecto a se observar, é que os *desktops thin clients* são bastante resistentes, o que implica a redução nos custos de manutenção e consequente aumento de vida útil, não necessitando de troca com a mesma frequência de um PC, gerando menor volume de REEE quando chegar o momento do descarte.

Assim, a computação baseada no modelo cliente-servidor, fundamento da computação em nuvem, é uma alternativa estratégica para a redução dos resíduos eletroeletrônicos, alinhando todos os processos do negócio, desde a aquisição, passando pela utilização e chegando ao fim da vida útil do equipamento, no descarte.

### 3.3.3 COMPRAS PÚBLICAS SUSTENTÁVEIS

A atenção às novas práticas de gestão, que incluem na agenda as questões ambientais, levam novas atividades que tentam aplicar os princípios da governança corporativa e a sustentabilidade a todos os processos.

A Gestão Ambiental tem despertado o interesse dos administradores, sejam das organizações privadas sejam das organizações públicas, de forma que novas perspectivas para a gestão sejam pensadas para atingir melhores níveis na responsabilidade dessas organizações perante a sociedade e o ambiente.

Em se tratando das organizações públicas, é identificado o grande poder de consumo destas, e os bons resultados que podem ser obtidos, se algumas medidas

ambientalmente responsáveis forem implantadas em seu modelo de gestão.

Em uma cartilha disponibilizada pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, encontra-se que as

autoridades públicas da Europa, por exemplo, têm um poder de compra de 1 trilhão de euros, equivalente a cerca de 15% do PIB de toda a União Europeia. Cerca de 75% deste valor é utilizado na compra de materiais de consumo e na contratação de serviços (BRASIL, p.6).

Com um poder de compra tão grande, a gestão das organizações públicas é capaz de influenciar no mercado e em sua oferta de produtos pensados para minimizar os impactos ambientais causados por sua produção, pelo seu uso e também pelo seu descarte final. Essa é apenas uma das formas de influenciar o mercado e a manufatura de produtos que tenham reduzidos os impactos ambientais em seu ciclo de vida.

Dias (2010) relata dois tipos de estímulos para adoção de métodos de gestão ambiental, referindo-se às empresas que pretendem implantar um modelo de gestão com o objetivo de atender às necessidades da organização de adaptar-se às atuais demandas sociais, econômicas e ambientais, são eles: estímulos internos e estímulos externos. A decisão pelas estratégias de gestão que contemplem os estímulos mencionados por Dias, pode passar por uma avaliação do que adotar, a partir de casos de sucesso já divulgados, percebidos por meio de algum indicador específico. O Quadro 3 apresenta os estímulos para os dois tipos descritos por Dias, e que podem ser aplicados, tanto a organizações privadas quanto a organizações públicas.

Quadro 3: Estímulos para adoção de métodos de gestão.

Estímulos Internos	Estímulos Externos
A necessidade de redução de custos.	Demanda de mercado.
Incremento na qualidade do produto.	A concorrência.
Melhoria da imagem do produto e da empresa.	O poder público e a legislação ambiental.
A necessidade de inovação.	O meio sociocultural.
Aumento da responsabilidade social.	As certificações ambientais.
Sensibilização do pessoal interno.	Os fornecedores.

Fonte: Adaptado de Reinaldo Dias (DIAS, 2010, pp. 56-61)

Pode-se observar que, de todos os estímulos externos apresentados por Dias, a maioria deles pode ser consequência da decisão das organizações governamentais enquanto consumidoras de produtos “verdes”, se tais empresas são fornecedoras dos itens de consumo das organizações públicas, tais como insumos, serviços e obras.

A gestão pública entretanto, possui características peculiares em seus processos, que devem atender à legislação específica, responsável pela regulação e pelo controle do serviço público, e todas as mudanças implementadas no serviço devem atender à legislação pertinente, se neste caso, envolver o uso do erário.

No aspecto jurídico, a Constituição Federal estabelece o dever do Estado em zelar pelo bem-estar e pelo meio ambiente saudável, caracterizando uma abertura para que o Estado possa fazer exigências relativas ao zelo pelo meio ambiente, com critérios de sustentabilidade nas aberturas dos editais para as licitações. Apesar de existir esta abertura, dada pela Constituição Federal, é necessário ainda um arcabouço legal que permita, a todas as instâncias do poder público, incluírem critérios de sustentabilidade como requisitos para aquisição de insumos e serviços, e realização de obras, nos editais abertos para cada uma destas finalidades.

Quadro 4: Normas diretamente vinculadas às contratações públicas.

Norma	Descrição
Constituição Federal de 1988	Art. 37 – princípios que regem a administração pública.
	Art. 70 – princípios da economicidade.
	Art. 170 – princípios gerais da atividade econômica, II, IV e VI
	Art. 173 - regula a exploração direta de atividade econômica pelo Estado
	Art. 174 - princípios gerais do Estado como regulador econômico
	Art. 225 - normas de proteção ao meio ambiente e princípio do desenvolvimento sustentável
Lei nº 8.666 de 21/06/1993	Lei de Licitações e Contratos
Lei nº 9.605 de 05/10/1998	Lei de Crimes Ambientais
Lei nº 10.257 de 10/07/2001	Estatuto da Cidade - regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal e estabelece diretrizes gerais da política urbana
Lei nº 12.349 de 15/12/2010	altera o artigo 3º da Lei nº 8.666/93, introduzindo o desenvolvimento nacional sustentável como objetivo das contratações públicas
Lei nº 12.462 de 04/08/2011	Institui o Regime Diferenciado de Contratações, dentre outras disposições.
Decreto nº 7.746 de 05/06/2012	Estabelece critérios, práticas e diretrizes gerais para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável por meio das contratações públicas.
Instrução Normativa nº 10 de 12/11/2012	Estabelece regras para elaboração do Plano de Logística Sustentável de que trata o art. 16, do Decreto 7.746, de 05/06/2012.

Fonte: Betiol et al. (2012)

Sobre esta questão Betiol et al. (2012) trazem as normas que são diretamente e as reflexamente vinculadas às contratações públicas, de abrangência nacional ou as



que abrangem apenas os órgãos da administração federal . Em cada caso, qualquer decisão acerca do processo a ser adotado, deve passar por planejamento detalhado de cada etapa para não correr o risco de não aprovação de contas, pelo Tribunal de Contas correspondente. O Quadro 4 e o Quadro 5 apresentam as normas de abrangência nacional, que devem ser observadas por todas as instâncias do poder público.

Observa-se que existe uma preocupação dos órgãos legislativos em criar uma regulamentação, como também dos órgãos controladores, a exemplo do Tribunal de Contas da União, o TCU, (BETIOL et al., 2012, p. 69) em amparar as licitações sustentáveis.

Destaca-se no Quadro 4 o Decreto nº 7.746/2012 e a Instrução Normativa nº 10/2012, que tratam do Desenvolvimento Nacional Sustentável. Estas leis apresentam diretrizes, normatização e orientações para que os órgãos públicos atendam à necessidade de criar um planejamento para as contratações, de compra de produtos ou de serviços, com critérios de sustentabilidade.

Quadro 5: Normas reflexamente vinculadas às contratações públicas

Norma	Descrição
Lei nº 6.938 de 31/08/1981	Política Nacional do Meio Ambiente
Lei nº 8.112 de 11/12/1990	Lei do Regime Jurídico dos Servidores Públicos – dispõe, entre outros, sobre a obrigatoriedade do servidor público, em sua atuação, de proteger o meio ambiente
Lei nº 9.605 de 12/02/1998	Lei de Crimes Ambientais
Lei nº 10.295 de 17/10/2001	Lei da Eficiência Energética - dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia
Decreto nº 5.504 de 05/08/2005	torna obrigatório o uso do pregão preferencialmente na forma eletrônica
Lei Complementar nº 123 de 14/12/2006	Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte, regulamentada pelo Decreto no 6.204 de 05/09/2007, que dá tratamento favorecido, diferenciado e simplificado para as micro e pequenas empresas nas contratações públicas
Lei nº 12.187 de 29/12/2009	Política Nacional sobre Mudança do Clima, regulamentada pelo Decreto no 7.390 de 2010
Lei nº 12.305 de 02/08/2010	Política Nacional de Resíduos Sólidos, regulamentada pelo Decreto no 7.404 de 23/12/2010
Lei nº 12.527 de 18/11/2011	Lei de Acesso à Informação, regulamentada pelo Decreto no 7.724 de 16/05/2012

Fonte: Betiol et al. (2012)

As orientações presentes nestes documentos estabelecem os requisitos mínimos para a criação do Plano de Logística Sustentável e as sugestões de boas práticas, para iniciar todo um processo de educação dos servidores e criar uma cultura de multiplicação das ações no cotidiano organizacional.

Do Quadro 5, ressalta-se a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em 2010 e com prazo para entrar em vigor a partir de 2014. A proposta da lei é envolver as indústrias de eletroeletrônicos em todo o ciclo de vida destes produtos, instituindo a “Responsabilidade Compartilhada”, no Cap. III, Seção II, Art. 30, definindo que deve ser implementada “de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010), indicando ainda no Decreto 7.404/2010, Cap. III, que esta deve ser feita utilizando-se da Logística Reversa”, como forma de coletar e restituir os resíduos ao setor empresarial para que reaproveitem em seus, ou demais ciclos produtivos, ou deem outra destinação aos produtos coletados (BRASIL, 2010).

Segundo Laloë et al.( 2012), Compras Públicas Sustentáveis (CPS) são:

uma solução para integrar as considerações ambientais e sociais em todas as fases do processo de compra e contratação dos governos, com o objetivo de reduzir os impactos à saúde humana, ao meio ambiente e aos direitos humanos, ao mesmo tempo resultando em uma economia para administração pública (LALOË, 2012, p. 14).

A definição que Biderman (s/d) apresenta para CPS é similar à de Laloë (2012), entretanto a expressão Compras Públicas Sustentáveis é substituída por “licitação sustentável”, para caracterizar a referência ao sistema público de compras e contratações.

As Compras Públicas Sustentáveis (CPS), no Brasil, têm alguns exemplos criados nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia, no sentido de criar uma orientação para todos os órgãos que fazem parte da administração pública estadual aderirem ao Desenvolvimento Nacional Sustentável.

Esses estados criaram cartilhas ou guias para orientações das CPS, estabelecendo uma orientação para os órgãos públicos estaduais construírem um plano de logística sustentável. Estes documentos ainda apresentam as questões legais relacionadas e as vantagens obtidas pela prática das CPS.

A elaboração destes documentos contou com a colaboração do ICLEI Governos Locais pela Sustentabilidade, órgão criado pela Organização das Nações

Unidas, em 1990 e que tem cooperado com todos os países na criação de propostas que valorizem todos os pilares da sustentabilidade, discutindo entre outros temas, o consumo e suas consequências para o ambiente.

Os guias desses estados apresentam ainda os casos de sucesso em todo o mundo, nos locais onde adotaram a CPS, mostrando que é totalmente viável a execução desta proposta, com planejamento e controle adequados. Nos estados de Minas Gerais<sup>7</sup> e Bahia<sup>8</sup>, os guias apresentaram estudos locais e projetos pilotos já encaminhados, enquanto que o estado de São Paulo utilizou como referência o guia do programa Procura+, do ICLEI Europe, traduzido para o português. O Procura+ é uma campanha do ICLEI Europe para licitações sustentáveis.

Esses documentos são marcos relevantes para as instituições públicas, com dados e indicadores que servem para nortear os planos de logística sustentáveis que devem ser elaborados por estas.

---

<sup>7</sup> [http://www.saeb.ba.gov.br/vs-arquivos/HtmlEditor/file/Cps/cartilhadeCPS\\_GovernodeMinasGerais.pdf](http://www.saeb.ba.gov.br/vs-arquivos/HtmlEditor/file/Cps/cartilhadeCPS_GovernodeMinasGerais.pdf)

<sup>8</sup> <http://www.saeb.ba.gov.br/vs-arquivos/HtmlEditor/file/Compras%20P%C3%BAblicas%20Sustent%C3%A1veis%20-%20novo.PDF>

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

A condução das atividades desta pesquisa, foi inicialmente por meio de uma pesquisa de campo que, segundo Lakatos & Marconi (2007, p. 188) “é aquela utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimento acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta”, e está dividida em três tipos: quantitativo-descritivos, exploratórios e experimentais (TRIPODI et al., 1975 apud LAKATOS; MARCONI, 2007, p. 189).

Inicialmente foi conduzida uma pesquisa de campo do tipo exploratório. Para Oliveira (2001, p. 135) os estudos exploratórios objetivam uma pesquisa mais precisa e possibilita um levantamento provisório sobre o fenômeno a ser estudado de forma mais detalhada, com posterior estruturação. Nesta perspectiva, auxilia numa melhor compreensão do problema de pesquisa, fazendo, *a posteriori*, os possíveis ajustes para uma melhor condução das ações da pesquisa.

Com o objetivo acima, buscou-se conhecer quais os trabalhos existentes que são relacionados com a proposta desta pesquisa e cujos resultados obtidos puderam ser utilizados para elaboração da proposta de modelo para gestão de resíduos eletroeletrônicos.

Para nortear esta pesquisa exploratória, algumas questões foram formuladas e que orientaram também a utilização de algumas palavras chaves nas bases de dados:

- Qual a legislação nacional (ou internacional) para resíduos sólidos relativa aos produtos eletroeletrônicos?
- Já foi publicado algum método de avaliação de impacto ambiental, que subsidie as organizações para a tomada de decisões de investimentos em TI, e a governança de TI Verde?
- Os trabalhos futuros, indicados nos trabalhos relacionados, têm relação com a proposta deste projeto?

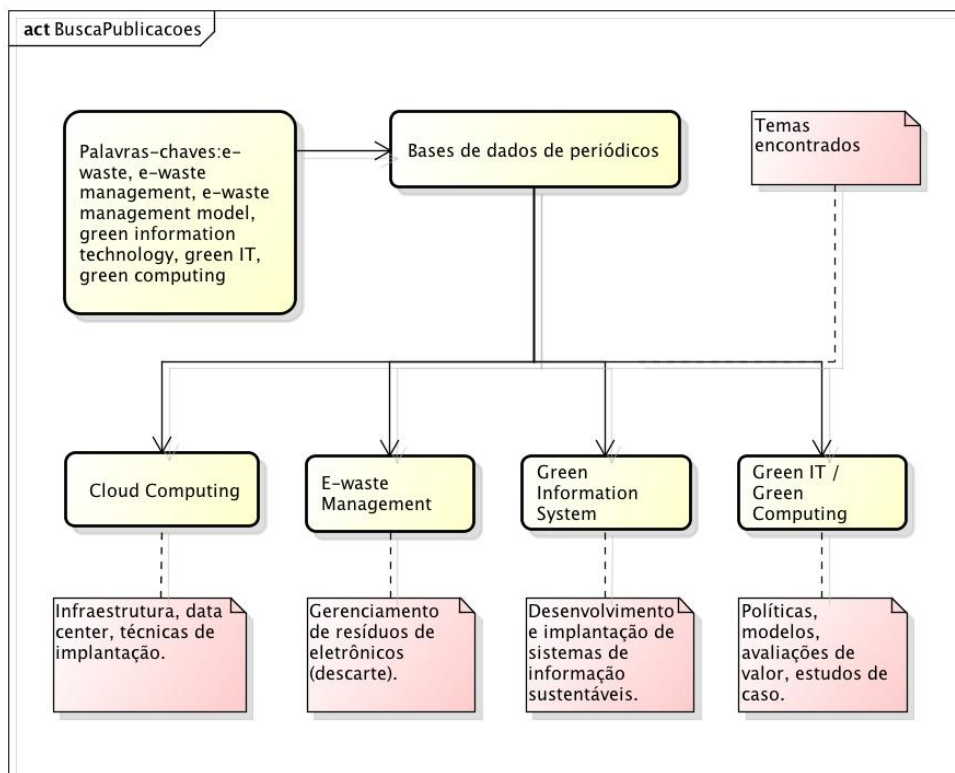
A fase exploratória caracterizou-se então pela pesquisa bibliográfica, com base nos procedimentos utilizados, e que segundo Gil (2007), a principal vantagem deste tipo de pesquisa é o fato de garantir a cobertura de uma quantidade muito grande de fenômenos, uma vez que permite ter acesso a diversas fontes sem ter necessariamente que deslocar-se para coletar pessoalmente.

Após a fase de pesquisa exploratória, foram elencados os temas a serem tratados na elaboração do modelo a ser construído.

Para a busca de trabalhos relacionados ao tema proposto, foram usadas as bases de dados *Science Direct (Elsevier)*, *Web of Knowledge (Thomson Reuters)*, *IEEE Xplore Digital Library (IEEE)* e *Scielo*. Foram utilizadas as palavras-chaves, em inglês: *e-waste*, *e-waste management*, *e-waste management model*, *green information technology*, *green IT*, *green computing*. Em português, foram usadas as mesmas palavras-chaves traduzidas, utilizando também os sinônimos de uso corrente: resíduo eletrônico, lixo eletrônico, gerenciamento de resíduo eletrônico, modelo de gerenciamento de resíduo eletrônico, tecnologia de informação verde, TI verde, computação verde.

Os artigos encontrados em cada base, a partir das palavras-chaves usadas, foram selecionados pelo ano de publicação, considerados os mais atuais dentro do período de cinco anos, a exceção nesta regra ficou a cargo do artigo que originou toda uma fundamentação acerca da TI Verde, do ano de 2008. Observou-se a preferência dos autores por algumas das publicações de determinadas bases, não se repetindo nas demais. A partir desta constatação, artigos com temas próximos e mesmas palavras-chaves foram complementares em informação e usados na proposta.

Figura 4: Fluxo do processo de pesquisa em periódicos.



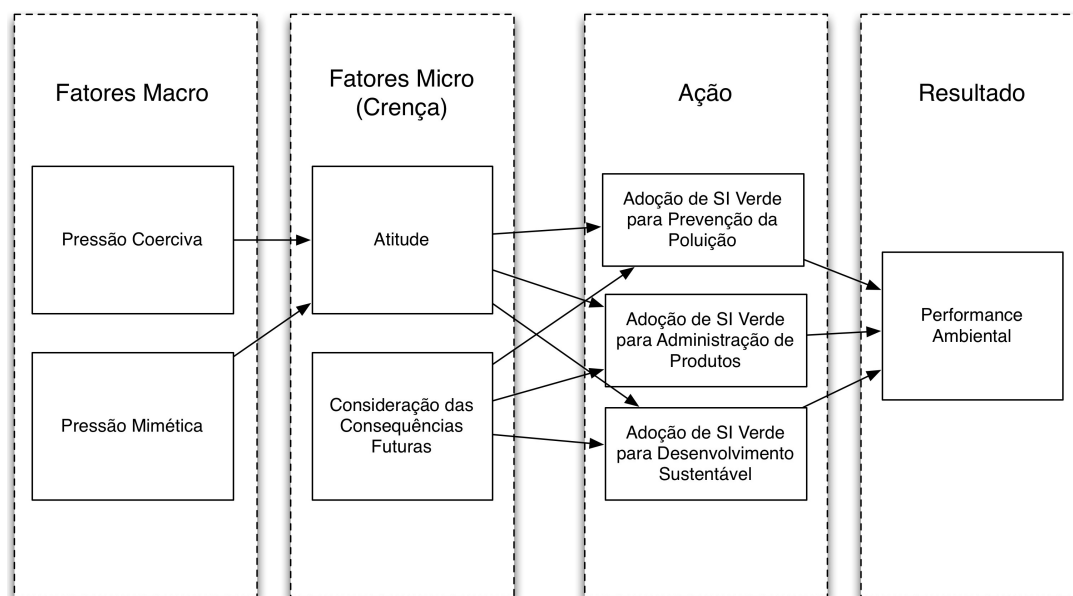
As buscas resultaram em publicações com diversas propostas relacionadas direta e indiretamente à proposta desta pesquisa. A Figura 4 apresenta de forma esquemática o fluxo na busca em bases de dados científicas e os temas encontrados publicados nos periódicos indexados nessas bases.

O tema avaliação do ciclo de vida (ACV) foi encontrada dentro do escopo de alguns trabalhos, mencionada como metodologia de apoio a Gestão Ambiental e cujos resultados foram citados, tanto em artigos quanto em livros. Os resultados de alguns trabalhos, que apresentaram elementos que podem ser usados para compor o modelo, foram então utilizados como indicadores ou critérios de avaliação para auxiliar na discussão dos itens que o compõem. Os elementos são abordados numa perspectiva teórica, como o “modelo de valor para TI Verde”, por Chou & Chou (2012), que consiste em quatro componentes: consciência, tradução, compreensão e valor da TI Verde, objetivando o emprego das práticas de TI Verde dentro da organização, fazendo com que os três primeiros – consciência, tradução e compreensão – tenham como consequência a percepção do valor da TI verde para a corporação; a identificação de riscos na prática da TI Verde, por Chou (2012), uma abordagem a partir do seu modelo de valor, com uma equação matemática relacionando as variáveis risco e perda, utilizando os “resultados indesejáveis” como insumos para esta métrica; e um framework integrado para avaliação do potencial da empresa, de aderir a TI Verde através da virtualização (*cloud computing*), por Bose e Luo (2011), que, baseado na teoria de Sistemas de Informação, apresenta um modelo conceitual, com nove proposições, distribuídas em três contextos – tecnológico, organizacional e ambiental, e que representam a primeira etapa e os insumos para a “Inicialização da TI Verde”, sendo esta a segunda etapa do processo; a terceira etapa corresponde à “Integração da TI Verde” e a quarta e última etapa, representa a fase de “Maturação da TI Verde”.

O modelo de valor a partir dos quatro componentes – consciência, tradução, compreensão e valor da TI Verde – pode ser tomado como abrangente, uma vez que utiliza itens de valoração subjetiva, sem indicar uma área específica das TICs. A adoção deste modelo de valor para a TI Verde pode representar a necessidade de ações para alcançar dimensões da subjetividade humana, traduzindo em resultados objetivos no cotidiano da organização. Os riscos foram abordados no capítulo 3, do Referencial Teórico, no subtítulo 3.1 Computação Verde ou TI Verde, e descritos no Quadro 1.

As proposições que compõem o *framework* proposto por Bose & Lou (2011), podem ser utilizadas como indicadores no modelo a ser criado, numa perspectiva de estratégia de gestão de TI, já que a proposta é a utilização da virtualização, assim como o *framework* proposto por Jenkin, Webster & McShane (2011), que definem “orientações ambientais multiníveis”, considerando os níveis, empregado e organização, e as orientações classificadas como: comportamentais, cognitivas e atitudinais. Considera-se neste caso, que as práticas de TI Verde no cotidiano organizacional têm alta dependência dos usuários, deixando bem definidos os papéis destes e da organização. Neste *framework* os autores explicitam onze proposições, sendo que quatro proposições (P1 – P4) são consideradas de efeitos principais no modelo, por serem as variáveis mais estudadas e disponíveis na literatura, e outras sete proposições (P5 – P11) relacionadas a orientação ambiental, focadas principalmente na relação do “nível empregado”, dentro do seu modelo multinível (JENKIN; WEBSTER; McSHANE, 2011).

Figura 5 : Modelo para adoção de SI Verde e seu impacto na performance ambiental.



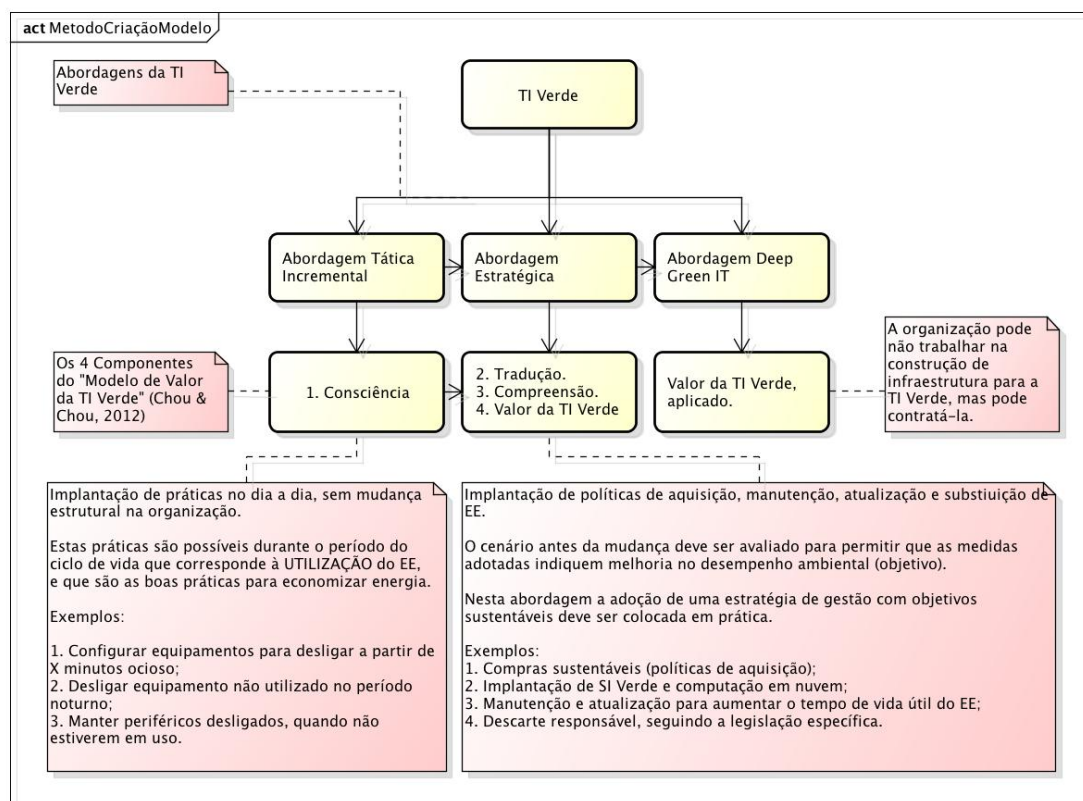
Fonte: GHOLAMI et al. (2013)

Componentes similares são utilizados por Gholami et al. (2013), baseados num *framework* Crença-Ação-Resultados, para implementar um modelo que mostra a percepção dos gerentes seniores do que antecede a adoção de Sistemas de Informação (SI) Verde, bem como as suas consequências dentro da organização, como práticas de

TI Verde. De forma resumida, o *framework* apresenta a seguinte estrutura: a) Fatores Macro, divididos em Pressão Coerciva e Pressão Mimética; b) Fatores Micro (Crença), divididos em Atitude e Consideração das Consequências Futuras; c) Ação, dividida em “Adoção de SI Verde para prevenção da Poluição”, “Adoção de SI Verde para Administração de Produtos” e “Adoção de SI Verde para Desenvolvimento Sustentável e; d) Resultado, com o item Performance Ambiental, (ver Figura 5).

A Pressão Mimética é explicada como “o sucesso percebido de concorrentes, fornecedores e clientes que adotaram SI Verde”, enquanto que Pressão Coerciva, refere-se à pressão sofrida pelas instituições reguladoras, com o estabelecimento de leis e diretivas regulatórias (GHOLAMI et al., 2013). O estudo apresenta como resultado a influência dessas variáveis no objetivo final que é a “Performance Ambiental. Há uma relação entre o *framework* proposto por Gholami et al. (2013) e o modelo de valor da TI verde proposto por Chou & Chou (2012), embora o modelo seja para a TI verde, de forma geral, e o *framework* tratar apenas de SI Verde.

Figura 6 – Fluxo de análise para elaboração do modelo de gestão de REEE





Foi então adotada a seguinte organização metodológica: conhecimento sobre TI Verde e suas práticas, como elementos que poderiam compor um modelo de gestão de resíduos eletroeletrônicos, numa análise global, que compreendesse desde o processo de compra do equipamento eletroeletrônico, passasse por sua utilização e por fim, chegasse ao descarte no fim da vida útil deste. De uma forma sistêmica, todas as etapas devem possuir alto nível de interação. O diagrama da Figura 6, apresenta o fluxo da ideia.

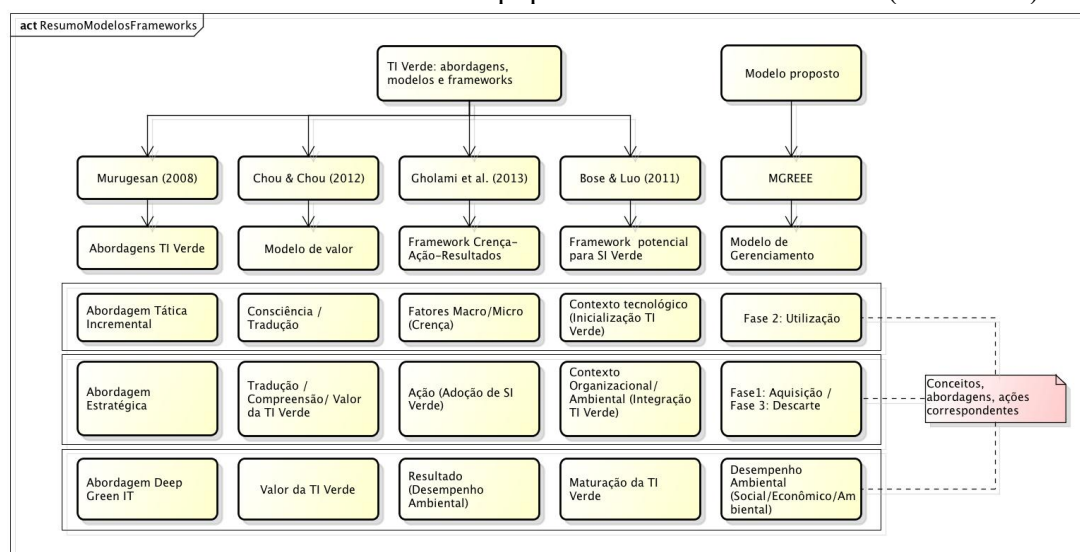
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 MODELO PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (MGREEE).

A elaboração de um modelo para gerir resíduos eletroeletrônicos envolve a análise do processo de geração deste resíduo, desde a ideia de aquisição do produto até a fase final do seu ciclo de vida, quando ele não serve mais ao propósito para o qual foi adquirido.

A partir da análise dos resultados obtidos na pesquisa exploratória, foram alinhados os elementos dos conceitos, definições, modelos e *frameworks* encontrados. Estes elementos alinhados, foram agrupados, utilizando-se das abordagens de TI Verde indicadas por Murugesan (2008). Segundo a análise feita, alguns elementos podem estar presentes em uma ou outra abordagem – em algum caso, pode estar fracamente ligada a uma abordagem e mais fortemente ligada a outra. A Figura 7 apresenta o resumo desta análise, que levou à proposta do modelo de gerenciamento. Na última coluna, à direita, as fases indicadas para a proposta de modelo, e à esquerda, segunda, terceira e quarta colunas e os elementos de cada modelo e *framework* utilizado para pensá-lo. Na primeira coluna, os conceitos de TI Verde em suas diferentes abordagens.

Figura 7: Resumo dos elementos utilizados para discutir e criar o Modelo de Gerenciamento de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (MGREEE)



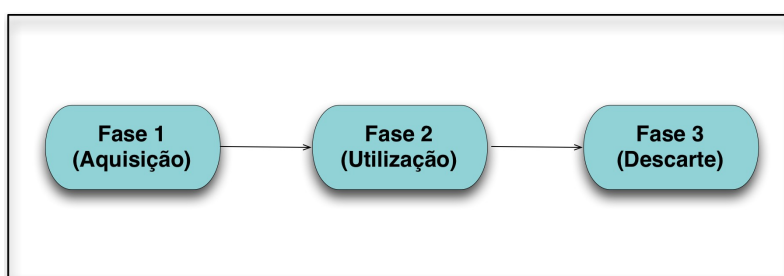
Fonte: Adaptado de Murugesan (2008), Chou & Chou (2012), Gholami et al. (2013) e Bose & Luo (2011).

A partir de uma avaliação dos modelos, conceitos e *frameworks* encontrados, e também do modelo proposto, objeto desta pesquisa, pode-se dizer que a principal diferença entre eles é que, os primeiros tratam de elementos subjetivos avaliando possibilidades à implantação da TI Verde na organização, enquanto que o modelo proposto traz de forma objetiva as possibilidades apontando quais ações podem direcionar esta implantação, sem descartar o elemento subjetivo que é a colaboração do corpo técnico-administrativo, responsável pelo cumprimento das ações de uma política institucional e as normas a ela associadas.

Segundo Murugesan (2008) as organizações alcançam os objetivos da TI Verde através de quatro caminhos: projeto, uso, disposição e manufatura verde. Pensando nisto, o modelo foi elaborado em fases, dividindo-o em três, para melhor caracterizar as atividades inerentes a cada uma delas e os critérios que servirão para direcionar todo o processo, dentro do que o autor apresenta como caminhos. Apenas considerando que, se a organização não é responsável pelo projeto e manufatura do equipamento, ela pode fazer escolhas que atendam a este requisito.

As fases foram então definidas como: aquisição, utilização e descarte, correspondendo as fases de um a três, respectivamente. A Figura 8 apresenta o fluxo do processo de forma simplificada, sem indicar as interações possíveis entre cada uma das fases.

Figura 8: Fluxo do processo



Em cada uma das fases, o conceito de ecoeficiência está presente para direcionar as ações que fazem parte do processo e, conseqüentemente, de cada atividade e critério definidos para as decisões que devem ser tomadas.

Segundo Oliveira (2007), a obtenção da ecoeficiência como objetivo final num processo de melhoria do sistema de gestão ambiental, deve passar pelo uso de ferramentas que permitam a análise dos dados, a compreensão do cenário atual, o

planejamento das ações necessárias para as melhorias almejadas e a medição dos resultados obtidos após as decisões tomadas. Neste sentido, as fases do modelo proposto foram pensadas, utilizando-se de critérios que consideram a utilização de tais ferramentas.

Na Fase 1 (Aquisição) estão presentes as atividades que visam à boa escolha do produto a ser adquirido. Nesta fase, são envolvidas as atividades de análise e avaliação do computador que será adquirido pela organização, com base nos critérios elaborados previamente. A definição dos critérios para esta decisão, baseiam-se nos processos de produção, na utilização da matéria prima, no dimensionamento dos recursos tecnológicos para a execução das atividades no seu dia a dia de trabalho e nas políticas de atendimento à legislação brasileira quanto ao REEE. É utilizado ainda, como critério de escolha do equipamento, a gestão de TI da organização e sua plataforma para os seus sistemas de informação – se a *cloud computing* é uma estratégia de gestão organizacional, esta pode influenciar significativamente em suas escolhas.

A Fase 2 (Utilização), por sua vez, baseia-se em atividades que visem a ampliar o tempo de vida útil do computador, sendo empregadas as boas práticas no uso de seus recursos, de *hardware* e de *software*, com vistas à uma boa conservação e manutenção; remanejamento para um novo setor, de acordo com as necessidades deste; utilização em projetos que atendam à comunidade externa a instituição e ainda; doação em caso de equipamento funcional, cujas dimensões tecnológicas não atendam as suas necessidades. Nesta fase são aplicados os conceitos de Gestão de TI Verde, e as suas propostas de gerenciamento dos recursos tecnológicos de informática para a organização, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados pelos serviços e produtos da Computação e Informática.

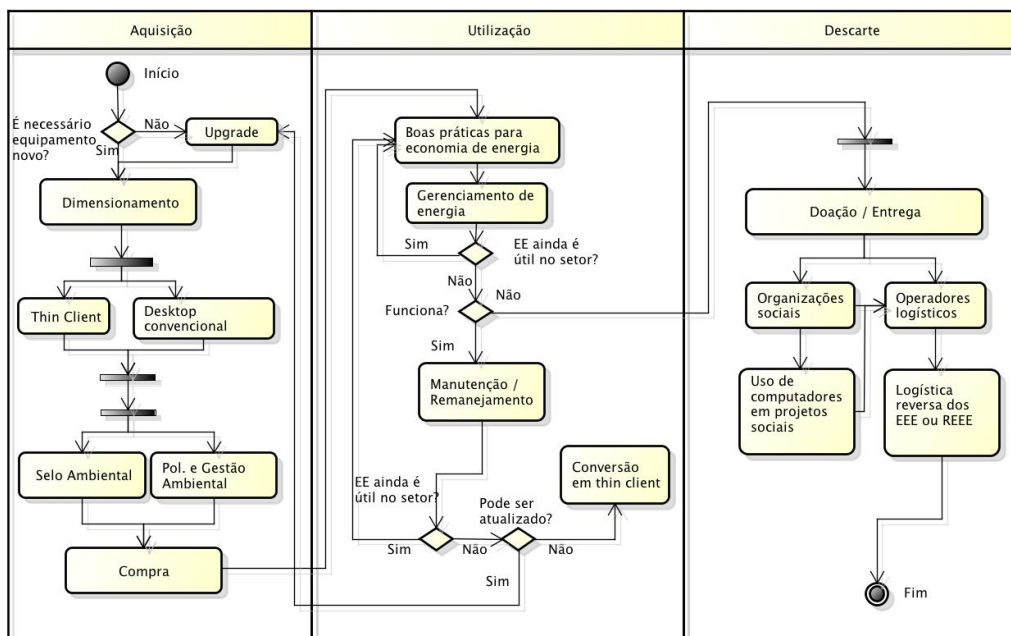
Por fim, a Fase 3 (Descarte) que tem como fundamento a escolha da melhor alternativa para encaminhar os computadores, cuja vida útil chegou ao fim. Neste caso, analisar a viabilidade das alternativas existentes e apontar a melhor decisão para a instituição, levando em consideração as variáveis do processo de gestão desta.

Embora as fases estejam bem definidas em termos de ordem, a Figura 7 apresenta a Fase 2 (Utilização) como a primeira a ser empregada pela organização que adotar o modelo proposto. Isso se dá em função da existência de equipamentos legados, e que devem entrar no processo de gerenciamento adotado. A Fase 1 (Aquisição), tomará o lugar no início processo, quando se levantar a questão da

necessidade de novo equipamento eletroeletrônico. Para adquirir o novo produto, serão usados os critérios elencados para execução desta atividade. Com a execução dos processos do modelo, chegará ao ponto em que todos os equipamentos atenderão aos requisitos de sustentabilidade estabelecidos no processo de aquisição, alcançando os resultados esperados para a implantação do modelo de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

A Figura 9 apresenta o fluxo de atividades de forma mais detalhada, apresentando algumas interações entre as fases. As atividades neste fluxograma possuem desdobramentos, que serão detalhadas para permitir o entendimento da sua execução.

Figura 9: Diagrama de atividades principais detalhadas



O diagrama na Figura 9, apresenta interação entre as fases, mostrando que todos os envolvidos nas atividades do processo, devem ter conhecimento de cada etapa deste, ou decisão a ser tomada a partir de uma determinada situação vivenciada por eles, e ao fazer esta consideração, mostram-se os critérios de sustentabilidade que devem nortear as escolhas. Bertiol et al. (2012) destacam três momentos para a inserção de atributos de sustentabilidade, são eles: nas *especificações técnicas*, na *habilitação do fornecedor* e nas *obrigações contratuais*. Os três momentos citados pelos autores perpassam pelas três fases do modelo de gerenciamento.

O processo pode ser descrito sumariamente, de forma analítica, como se vê na Tabela 1 (Apêndice A). Algumas das atividades listadas podem não ser executadas.

A seguir, serão descritas as atividades de cada fase, fundamentando-as segundo a literatura publicada, assegurando a importância de cada uma, para todo o modelo. As ações foram descritas num diagrama da *Unified Modeling Language* (UML), chamado diagrama de atividades, que é utilizada em Computação e Informática para criação de modelos do sistema computacional a ser implementado. O diagrama de atividades é usado “para a modelagem de aspectos dinâmicos de sistemas” e envolve a modelagem de etapas sequenciais, e possivelmente concorrentes (BOOCH et al., 2005).

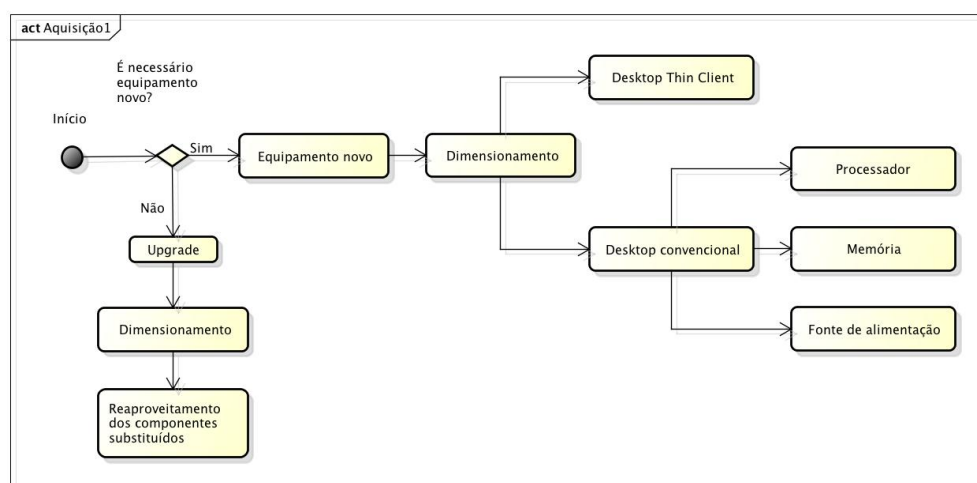
#### 5.1.1 FASE 1 – AQUISIÇÃO.

Esta fase pode ser considerada um processo, uma vez que envolve uma série de atividades para sua realização. Desde a indicação da necessidade de um determinado equipamento para o desenvolvimento das atividades inerentes ao setor, até a sua compra, algumas questões devem ser respondidas para que a decisão final seja tomada. Para as instituições públicas, um protocolo deve ser usado, uma vez que as compras no setor público seguem legislação específica e, a fim de adequar as necessidades institucionais à legislação pertinente, foram estudados alguns documentos acerca das orientações que devem ser observadas quanto ao tema. Sobre quando os atributos de sustentabilidade devem ser requisitados para o produto a ser adquirido, foram mencionados anteriormente três momentos, a saber: nas *especificações técnicas*, na *habilitação do fornecedor* e nas *obrigações contratuais*.

A respeito das *especificações técnicas*, Bertiol et al. (2012) esclarecem que, em se tratando do setor público, a especificação deve considerar os aspectos técnicos e jurídicos, com atenção para a garantia da competitividade e também para as normas que tratam da sustentabilidade, de forma específica. Como as especificações só serão atendidas se estiverem disponíveis no mercado, esta verificação deve preceder a publicação do edital.

A fase “Aquisição” deve iniciar com uma pergunta: “*é necessário adquirir um equipamento novo?*”. Tal pergunta tem o objetivo de reduzir a necessidade de compra (LALOË, 2013), e aumentar o tempo de utilização dos equipamentos já adquiridos. Em caso de resposta negativa, ou seja, não há necessidade de adquirir um novo equipamento, o passo seguinte deverá ser a identificação das possíveis ou necessárias atualizações para o computador já em uso.

Figura 10: Início Fase 1 : Aquisição



A Figura 10 apresenta os caminhos seguidos pelas respostas à pergunta inicial. Para ambas as respostas – comprar um equipamento novo, ou atualizar um equipamento usado – um dimensionamento será necessário.

#### 5.1.1.1 Dimensionamento

A definição de *hardware* ou *software* específico para atender a uma determinada função é o dimensionamento de um equipamento, cujo objetivo pode ser entendido como a prevenção à ociosidade de recursos, neste caso, em tecnologia de informação.

Definir qual equipamento ideal para a execução das tarefas rotineiras de um setor da organização, permitirá a entrega de um equipamento customizado e cujo desempenho contribuirá para a produtividade que é esperada, e de acordo com as estratégias planejadas pela gestão organizacional.

Esta atividade é essencialmente técnica, uma vez que fará a indicação das tecnologias que serão usadas no computador, considerando as atividades desempenhadas pelo setor/departamento que usará o computador. A este conjunto de ações dá-se o nome de dimensionamento.

##### *a. Equipamento novo*

A respeito de diretrizes para redução do consumo de energia, Ardito & Morisio (2014) recomendam o uso de *hardware* de propósito específico, e justificam

dizendo que “um *hardware* de propósito geral pode ser grande demais para um problema específico. *Hardware* grande demais pode ser traduzido como ineficiência em energia” (ARDITO & MORISIO, 2014, p. 31). Com este argumento, os autores reforçam a necessidade de se fazer um dimensionamento, a partir do uso do equipamento, antes de proceder a sua aquisição. As estratégias de gestão institucional podem influenciar nesta avaliação, mas sobre este aspecto, alguns detalhes serão descritos mais adiante em outros itens do processo.

Nas descrições de um computador de mesa (*desktop*), os componentes básicos descritos para indicar a sua configuração, usualmente são: processador, disco rígido e memória. Caso o usuário tenha interesse em utilizar para jogos eletrônicos, com grande exigência de recursos gráficos, ou trabalhar com processamento de imagem e vídeo, a descrição da placa de vídeo ainda entra na lista dos componentes descritos.

Ao dimensionar o equipamento a ser utilizado pelo setor, baseado em suas tarefas, o gestor poderá decidir entre um *desktop* completo ou um *desktop* do tipo *thin client*. Para conduzir esta tarefa, serão utilizados para dimensionar um computador do modelo *desktop* convencional os componentes: memória RAM, processador e fonte de alimentação. Os demais componentes de um *desktop* não são mencionados para dimensionar, pois a escolha será de forma indireta, na definição do fornecedor. Este geralmente trabalha com padrões para todos os computadores, permitindo os ajustes nos itens mencionados acima.

#### Desktop convencional

- Memória RAM

Existe uma recomendação mínima para o bom desempenho do sistema operacional (SO) e das aplicações que serão utilizadas pelo usuário. Este é um componente importante para o bom desempenho de *hardware* e de *software*, portanto deve-se prever a possibilidade de *upgrade* no futuro, considerando as atualizações do SO e o limite máximo de reconhecimento e utilização de memória RAM no sistema.

- Processador

O mercado de computadores disponibiliza ao consumidor um padrão mínimo, considerando a velocidade de processamento e outras características específicas. As



aplicações usadas no equipamento e o desempenho desejado definirão a escolha deste componente. Existe o critério de consumo de energia associado ao processador e à fonte de alimentação. *Software* de edição de áudio ou vídeo exige processadores com maior velocidade de processamento, para um melhor desempenho, enquanto que *software* de renderização 3D ou jogos, pode exigir processadores com múltiplos núcleos.

- Fonte de alimentação

As fontes de alimentação são os dispositivos responsáveis pela energia fornecida aos computadores e aos servidores. Estes dispositivos convertem a corrente alternada (AC) em corrente contínua (DC), usada pela maioria dos eletrônicos<sup>9</sup>.

Uma fonte de alimentação com a potência bem dimensionada, fornecerá a corrente adequada para o bom funcionamento de todos os componentes do sistema, especificamente ao processador e à placa de vídeo, identificados como os maiores consumidores de energia dentro desse sistema.

Um *desktop* convencional que será usado para atividades rotineiras de um escritório (processador de texto, planilhas eletrônicas, navegador *web*) não tem necessidade de uma fonte com potência alta, atendendo satisfatoriamente uma fonte de alimentação com potência em torno de 400 *watts* (ABREU, 2013).

Entretanto, se a atividade a ser desempenhada pelo equipamento está ligada a jogos ou a trabalhos que exigem alto desempenho gráfico, a placa de vídeo torna-se o componente crítico, e de forma simplificada pode-se dizer que ela definirá a potência máxima da fonte de alimentação para o computador. Existem calculadoras que definem uma potência mínima e uma recomendada, a partir da identificação de todos os componentes de *hardware* que comporá o sistema<sup>10</sup> e podem ser usadas para ter uma indicação do dispositivo a ser adquirido.

#### Thin Client

A escolha do *desktop thin client* é uma alternativa ao *desktop* convencional, mas devem ser observados os requisitos para esta escolha. O modelo de computação usado pela organização deve permitir o uso, de forma adequada, deste tipo de

---

<sup>9</sup> *Ecova Plug Load Solutions* ([http://plugloadsolutions.com/docs/broch/80PLUS\\_brochurepages.pdf](http://plugloadsolutions.com/docs/broch/80PLUS_brochurepages.pdf))

<sup>10</sup> A calculadora chamada de *Extreme Power Supply Calculator Lite* é informada como de uso não comercial e encontra-se no endereço: <http://extreme.outervision.com/PSUEngine>.

equipamento.

Ardito & Morisio (2014) sugerem plataformas em nuvem com o objetivo de alcançar a eficiência energética em aplicações *web* (aplicativos que são executados a partir de um navegador da *internet*), indicando como vantagens em relação aos *desktops* convencionais: custos reduzidos (*thin clients* são mais baratos); redução na quantidade de *hardware* (*thin clients* possuem menor quantidade de componentes, o que é particularmente importante no fim de vida útil do equipamento) e menor consumo de energia (*thin clients* chegam a consumir 85% menos energia). Um modelo de computação baseado em servidor (arquitetura de rede cliente-servidor) vai depender de uma infraestrutura que garanta um mínimo de qualidade em desempenho na execução das aplicações e no tráfego de dados, caso contrário essa será a principal desvantagem do uso de *desktops* do tipo *thin client*.

Existem diferentes modelos de *thin client*, que se adequam às necessidades da organização, tanto em termos de tecnologia quanto em estratégias de gestão.

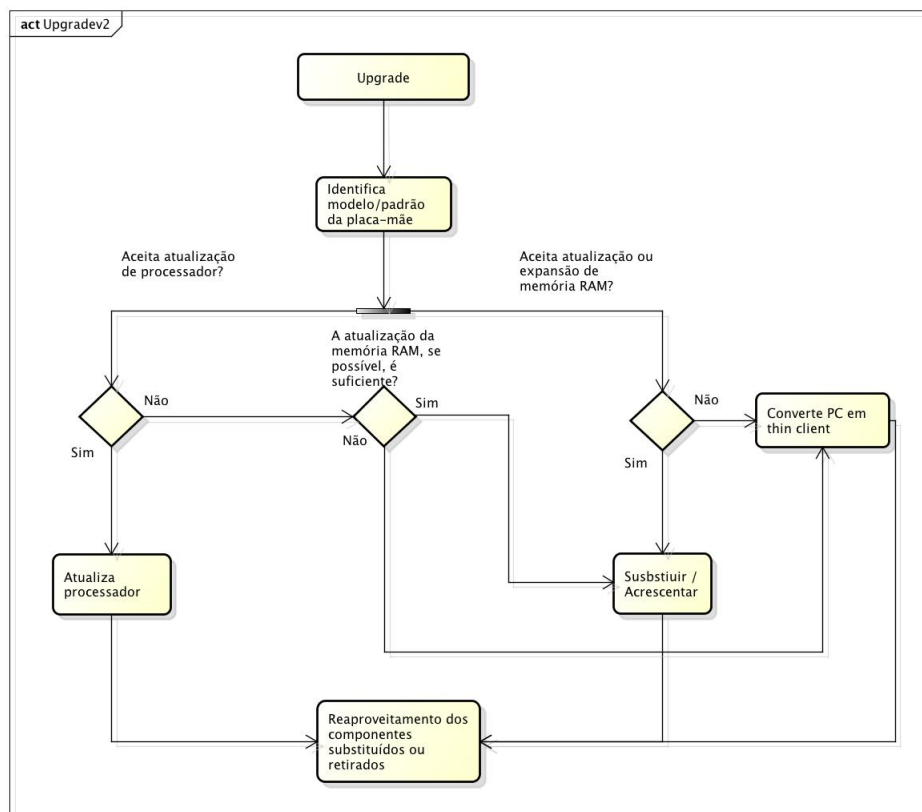
## ***b. Upgrade***

O *upgrade* é uma atualização para fazer continuar em uso, um computador que tornou-se obsoleto, ou cuja eficiência está comprometida porque algum componente não atende aos requisitos mínimos para um bom desempenho de *software*. Pode ser ainda uma atualização no *software*, mas neste caso, para o *software* atualizado, caracteriza uma nova versão, que poderá identificar uma manutenção ou um novo *software*.

Para uma atualização adequada, um inventário dos componentes e suas respectivas tecnologias (padrões de mercado) deverá ser feito, indicando as trocas sugeridas, os seus pré-requisitos e a viabilidade desta atualização. Essa fase de identificação dos componentes existentes no equipamento a ser atualizado, será seguida do dimensionamento para a nova finalidade.

O componente chave para iniciar o processo de atualização no *hardware* é a placa-mãe. Este componente indicará a viabilidade de substituição, tanto do processador, quanto da memória RAM. Em alguns casos, os padrões disponíveis no mercado não permitem sua utilização na placa-mãe utilizada no computador, pois tornou-se obsoleta para as tecnologias atuais. A Figura 11 apresenta o fluxo de atividade para o *Upgrade*.

Figura 11: Diagrama de atividade para *Upgrade*



No momento de identificação do padrão da placa-mãe usada pelo computador a ser atualizado, as respostas às perguntas abaixo conduzirão todo o processo de *upgrade*:

1. “A placa-mãe aceita atualização de processador?”, e
2. “A placa-mãe aceita atualização ou expansão de memória RAM?”.

Em caso de resposta positiva para as perguntas, a substituição é possível e o novo processador/nova memória deverão atender as necessidades já levantadas anteriormente. Neste caso deve-se levar em consideração:

- que a tecnologia do novo processador não seja obsoleta já naquele período, observação que é válida também para a memória;
- que o tempo de vida útil, previsto para o equipamento, seja condizente com o tempo médio dos demais equipamentos da organização, por exemplo, por quanto tempo o novo equipamento poderá executar as mesmas tarefas, se levar em consideração as possíveis atualizações de *software* (sistema operacional ou aplicativos);
- que o processador tenha a potência adequada às tarefas que serão executadas naquele setor;

- que a nova quantidade de memória RAM atenderá aos requisitos do *software* que será instalado, ou é superior ao requisito mínimo, garantindo melhor desempenho na execução das tarefas previstas.

A resposta poderá ser negativa e a placa-mãe não recebe processadores com especificações técnicas atuais, impedindo sua substituição. Neste caso, deve-se verificar se apenas uma expansão na quantidade de memória RAM atenderia ao que se busca nesta atualização. Caso a expansão ou substituição da memória resolva e seja viável – quando o padrão tecnológico de mercado é atualizado, um modelo obsoleto geralmente torna-se mais caro que um atual, inviabilizando a substituição ou acréscimo – poderá ser feita apenas a atualização da memória.

Em casos de impossibilidade de atualização, tanto para o processador quanto para a memória, pode-se destinar o equipamento para utilização como *thin client*, fazendo as adaptações necessárias – retirada de componentes eletrônicos acessórios para minimizar o uso de energia, uso de disco rígido de tamanho compatível com a necessidade de armazenamento (neste caso, muito mais baixa que um *desktop* convencional) e instalação/desinstalação de aplicações para atender às demandas identificadas para o setor.

Em todas as situações desencadeadas a partir das respostas às perguntas, é possível encaminhar componentes substituídos, ou retirados, para reaproveitamento, seja no processo de manutenção de outros equipamentos, como também no reuso para outras finalidades.

#### **5.1.1.2 Política ambiental**

As organizações públicas, em nível federal, devem atender a uma recomendação legal feita pelo Ministério do Planejamento, com o Decreto nº 7.746 de 05/06/2012 e a Instrução Normativa nº 10 de 12/11/2012, que objetivam, respectivamente, a promoção do “desenvolvimento nacional sustentável por meio das contratações públicas” e a criação do Plano de Logística Sustentável. Algumas unidades da federação, entendendo esta necessidade legal na gestão pública, criaram seus respectivos guias ou cartilhas de compras sustentáveis, atendendo à normativa federal, levando as recomendações para a esfera estadual. Seguindo o mesmo exemplo, a prática está presente também em alguns municípios brasileiros. Neste sentido percebe-se que existe uma tentativa de incorporação dos conceitos

relacionados ao desenvolvimento sustentável na gestão pública, de onde decorre que a Gestão Ambiental estará presente se estas ações forem postas em prática.

As especificações conceituais relacionadas à Gestão Ambiental, bem como requisitos, objetivos, recomendações entre outros aspectos, são disponibilizadas em uma família de normas técnicas da *International Organization for Standardization* (ISO), identificada por ISO 14000, discutidas e publicadas no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A NBR ISO 14001 define os requisitos para um sistema da gestão ambiental (SGA), a fim de que a organização possa criar uma política, considerando os conceitos envolvidos para essa construção.

A norma apresenta uma definição para política ambiental como “intenções e princípios gerais de uma organização em relação ao seu desempenho ambiental, conforme formalmente expresso pela alta administração” (ABNT, 2004, p. 3), coloca-a como requisito do SGA e sugere que (ABNT, 2004, p. 4):

- a) seja apropriada à natureza, escala e impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços;
- b) inclua um comprometimento com a melhoria contínua e com a prevenção de poluição;
- c) inclua um comprometimento em atender aos requisitos legais aplicáveis e outros requisitos subscritos pela organização que se relacionem a seus aspectos ambientais;
- d) forneça uma estrutura para o estabelecimento e análise dos objetivos e metas ambientais;
- e) seja documentada, implementada e mantida;
- f) seja comunicada a todos que trabalhem na organização ou que atuem em seu nome; e
- g) esteja disponível para o público.

No planejamento da política ambiental, especificação presente na NBR ISO 14001, existe a recomendação sobre as abordagens na identificação dos aspectos ambientais a serem considerados (ABNT, 2004, p.13), são eles :

- a) emissões atmosféricas;
- b) lançamentos em corpos d'água;
- c) lançamentos no solo;
- d) uso de matérias-primas e recursos naturais;
- e) uso da energia;
- f) energia emitida, por exemplo, calor, radiação, vibração;
- g) resíduos e subprodutos; e
- h) atributos físicos, por exemplo, tamanho, forma, cor, aparência.

Nas abordagens presentes na lista citada, verifica-se alguns itens que estão diretamente relacionados à aquisição, à utilização e também ao descarte de eletroeletrônicos.

Como parte da política ambiental institucional, pode-se estabelecer critérios que contemplem aspectos da normalização relacionadas à rotulagem ambiental, com a certificação de produtos, ligadas aos aspectos ambientais identificados no planejamento e nos objetivos traçados.

A exigência de selos internacionais de certificação socioambiental, nas compras públicas, pode ser motivo para a impugnação da licitação, uma vez que existe um acórdão<sup>11</sup> do Tribunal de Contas da União (TCU), que contraria esta exigência. Entretanto, nada impede que os critérios presentes na avaliação para obtenção de tais selos, possam ser usados no edital de compra ou contratação.

### **Selos ambientais**

O selo ambiental é um instrumento eficiente quando se busca a prática de escolhas ambientalmente responsáveis na aquisição de produtos ou serviços.

A criação dos selos ambientais ao redor do mundo já possui uma história bem sucedida, e tem evoluído para aspectos cada vez mais rigorosos em seus critérios e processos de certificação. Vários programas de rotulagem ambiental nasceram em países distintos, mas como têm crescido em aceitação e credibilidade, uma vez que as instituições responsáveis por disseminar o propósito, tem agrupado cada vez mais associados, o conhecimento acerca destes programas não fica restrito aos países onde nasceram. Tal conhecimento tende a incentivar a criação de programas semelhantes para atender às demandas regionais ou de comunidades específicas. Dois grandes exemplos de organizações responsáveis por reunir estes interesses são: a *Global Ecolabelling Network* (GEN), uma associação sem fins lucrativos, fundada em 1994 e que atualmente conta com 26 entidades associadas em todo o mundo<sup>12</sup> (o Brasil é representado pela ABNT) e mais de 50 países; e a ISO, uma organização não governamental, fundada em 1947 e que reúne 166 países membros<sup>13</sup> (o Brasil é um membro completo, com direito a voto, por meio da ABNT).

As organizações responsáveis pelos selos mais conhecidos no mundo são associados à GEN, que reúne apenas as responsáveis por rótulos ambientais do Tipo

---

<sup>11</sup> TCU Acórdão 1085/2011 – Plenário.

<sup>12</sup> GEN [http://www.globalecolabelling.net/members\\_associates/map/index.htm](http://www.globalecolabelling.net/members_associates/map/index.htm)

<sup>13</sup> ISO <http://www.iso.org/iso/home/about.htm>

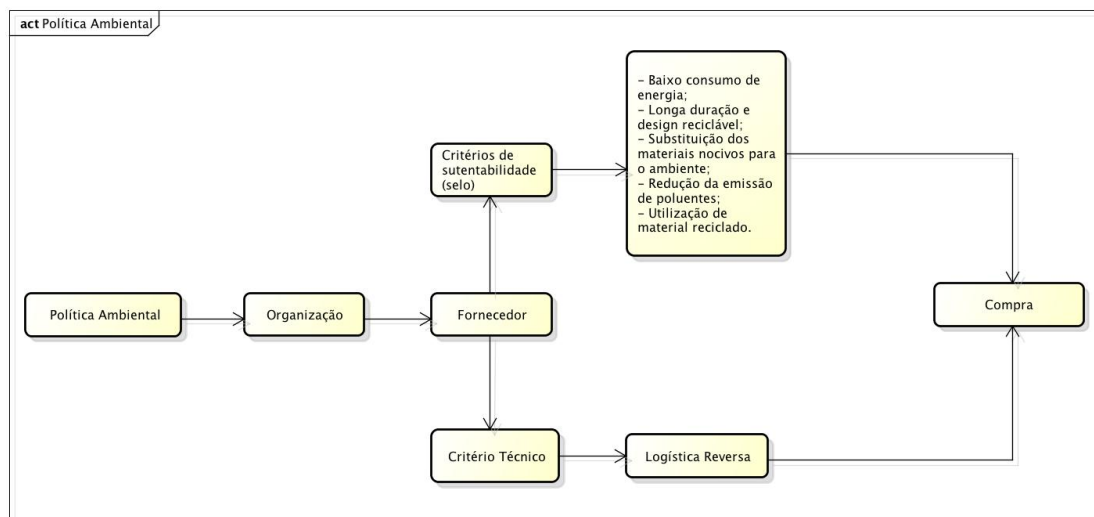
I<sup>14</sup>, conforme definição da ISO 14024.

Os critérios de sustentabilidade presentes para rotulagem ambiental de produtos eletroeletrônicos podem ser resumidos, basicamente, em:

- Baixo consumo de energia;
- Longa duração e design reciclável;
- Substituição de materiais nocivos para o ambiente;
- Redução da emissão de poluentes;
- Utilização de material reciclado.

Adicionalmente, pode-se incluir o critério técnico de “Logística Reversa”, como parte da política ambiental do fornecedor dos produtos eletroeletrônicos. Este critério é essencialmente importante para o fim de vida útil do equipamento, na terceira e última fase deste modelo, o “Descarte”.

Figura 12: Política ambiental e critérios exigidos do fornecedor/produto



### 5.1.2 FASE 2 -UTILIZAÇÃO

A segunda fase do modelo proposto é a de “Utilização”. Nesta fase deve-se considerar todo um parque de informática existente, e que talvez não tenha passado pela fase de “Aquisição”, atendendo a todos os critérios de análise para compra, visando o aspecto de gerenciamento de resíduo eletroeletrônico.

<sup>14</sup> Informação disponível em: <http://www.globalecolabelling.net/about/index.htm> Acesso: 20.dez.2014

Ao considerar o ciclo de vida do equipamento eletroeletrônico, Xavier & Carvalho (2014) denominam esta como “fase de uso” e a define como a fase onde há demanda de energia para o funcionamento do equipamento e que este continuará em uso até o momento que o proprietário o descarte definitivamente, por vários motivos, entre eles, por mau funcionamento ou por obsolescência tecnológica.

Nesta fase, uma Política Ambiental, que atenda a um Sistema de Gestão Ambiental, é particularmente importante, pois há um foco no esclarecimento de usuários quanto à necessidade de atenção a algumas estratégias que promovam, no cotidiano, práticas relacionadas aos critérios de sustentabilidade indicados na compra de equipamentos eletroeletrônicos, como por exemplo:

- a redução do consumo de energia, seja na utilização direta do equipamento, ou indireta, com a refrigeração;
- aumento da vida útil do equipamento adquirido.

O gestor de tecnologia deverá implementar um plano de manutenção dos EE legados, e de atualização de tecnologias destes, com objetivos bem definidos na Política Ambiental e suas metas traçadas para curto, médio e longo prazo. Para atender aos critérios acima listados, podem ser adotadas as seguintes estratégias:

- boas práticas para uso eficiente de energia;
- manutenção preventiva ou corretiva, para aumentar a vida útil do equipamento.

As estratégias acima fazem parte das atividades desta fase, e serão detalhadas em seguida, com a descrição de todo o processo.

#### **5.1.2.1 Boas práticas para eficiência energética**

As novas tecnologias que buscam aumentar o desempenho na execução das tarefas inerentes aos componentes de *hardware*, apresentam como consequência uma característica incômoda: o aumento no consumo de energia. É assim com os novos processadores, com os *chips* e as placas de processamento gráfico, que além de consumir energia, geram calor, necessitando de refrigeração, consumindo mais energia.

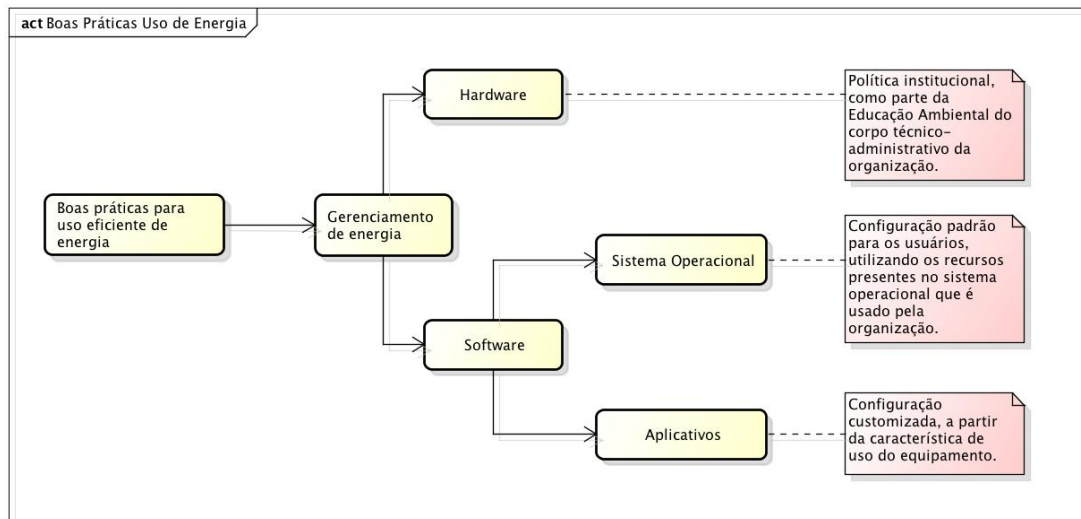
Entretanto, para ampliar o controle sobre este item, os sistemas operacionais incluem características, à medida que novas versões são lançadas, que possam



desabilitar componentes inativos, ou mesmo alterando o funcionamento de todo o sistema, minimizando a quantidade de dispositivos ligados, a fim de promover a economia de energia, via *software*, atuando no *hardware*.

A Figura 13 apresenta o diagrama com as possibilidades acerca das boas práticas para uso eficiente de energia.

Figura 13: Diagrama das boas práticas para uso eficiente de energia



### Gerenciamento de energia

Um programa de gerenciamento de energia numa organização, visando os equipamentos eletroeletrônicos, pode acontecer em dois grandes aspectos: *hardware*, ao considerar o equipamento em sua totalidade, e *software*, que leva em consideração as ferramentas disponíveis nos sistemas operacionais ou as ferramentas específicas, que são aplicativos projetados para auxiliar no uso eficiente da energia disponível.

Sobre a importância do gerenciamento de energia, vale salientar os seguintes resultados, que podem ser alcançados, como apontam Domingo & Landman (2013):

- redução do consumo de energia;
- redução de aquecimento para servidores e centrais de computadores;
- redução de custos secundários, incluindo a refrigeração, cabeamento, geradores e UPS (*uninterruptible power supply*)<sup>15</sup>;
- extensão do tempo de vida útil de bateria, para computadores móveis (*notebooks, netbooks etc.*).

<sup>15</sup> Comumente, os UPS são chamados de *no-break*.

## *Hardware*

O processo de gerenciamento de energia pelo *hardware* pode começar pela escolha de equipamentos que atendem aos requisitos relacionados a eficiência energética, como os rótulos ambientais que tratam deste tema, a exemplo do *Energy Star* para o equipamento como um todo. A versão 5.0 do programa incluiu em seus critérios a exigência de atendimento ao que é descrito pelo rótulo *80 Plus*, para fontes de alimentação de computadores de mesa, que é o mínimo de 85% de eficiência energética.

Entretanto, se o processo de aquisição não levou em consideração tal exigência, deve-se trabalhar com outras ferramentas, ou ações, para minimizar o consumo. Em um SGA, segundo a NBR ISO 14001 (ABNT, 2004), faz parte do escopo de sua Política Ambiental, que “seja comunicada a todos que trabalhem na organização ou que atuem em seu nome”, exigindo-se daí a participação de todos os envolvidos, da alta administração até o usuário final, para quem o equipamento foi adquirido. Esta comunicação deve fazer parte de uma campanha de esclarecimento aos usuários, sobre o uso consciente do equipamento e, entre outras coisas, o quanto pode-se economizar em energia, observando-se algumas ações no cotidiano. As metas a serem alcançadas devem constar no planejamento da Política Ambiental.

O consumo médio diário de cada computador de mesa (excluindo-se o monitor de vídeo) depende de algumas variáveis, tais como: configuração (componentes instalados) e tempo de uso efetivo (tempo em que o computador fica ligado e em uso). Neste caso, o controle sobre o consumo durante o uso pode ser feito diretamente no tempo em que o equipamento passa ligado, e a principal ação é o desligamento deste, enquanto não estiver em uso efetivo, recomendando-se esta ação se o tempo ocioso for a partir de 30 (trinta) minutos.

## *Software*

A utilização de software para executar o gerenciamento de energia pode, a princípio, ser feito em duas vias:

- utilizando a ferramenta padrão disponível no sistema operacional; ou
- instalando aplicativos específicos para esta finalidade.

Os *sistemas operacionais* possuem algumas ferramentas para gerenciamento de energia. Particularmente importantes para o uso de computadores móveis, com a necessidade de conferir máximo desempenho com o menor consumo de bateria, estas ferramentas ajudam o usuário comum a minimizar este consumo com orientações básicas para esse gerenciamento.

Segundo o que existe disponível no mercado, as ferramentas objetivam o auxílio na economia de energia, maximização no desempenho, ou o equilíbrio entre estes dois objetivos, cabe ao usuário a ativação das ferramentas a partir da identificação dos perfis de uso do sistema.

Os *aplicativos* específicos atendem a demandas muito especializadas. Estes aplicativos trabalharão a partir de alguns princípios, identificados por Domingo & Landman (2013), como princípios básicos do gerenciamento de energia:

- uma unidade central de processamento ociosa deve somente ser ativada quando necessário;
- dispositivos que não estiverem em uso, devem ser desativados completamente;
- baixa atividade do sistema, deve traduzir para baixa voltagem.

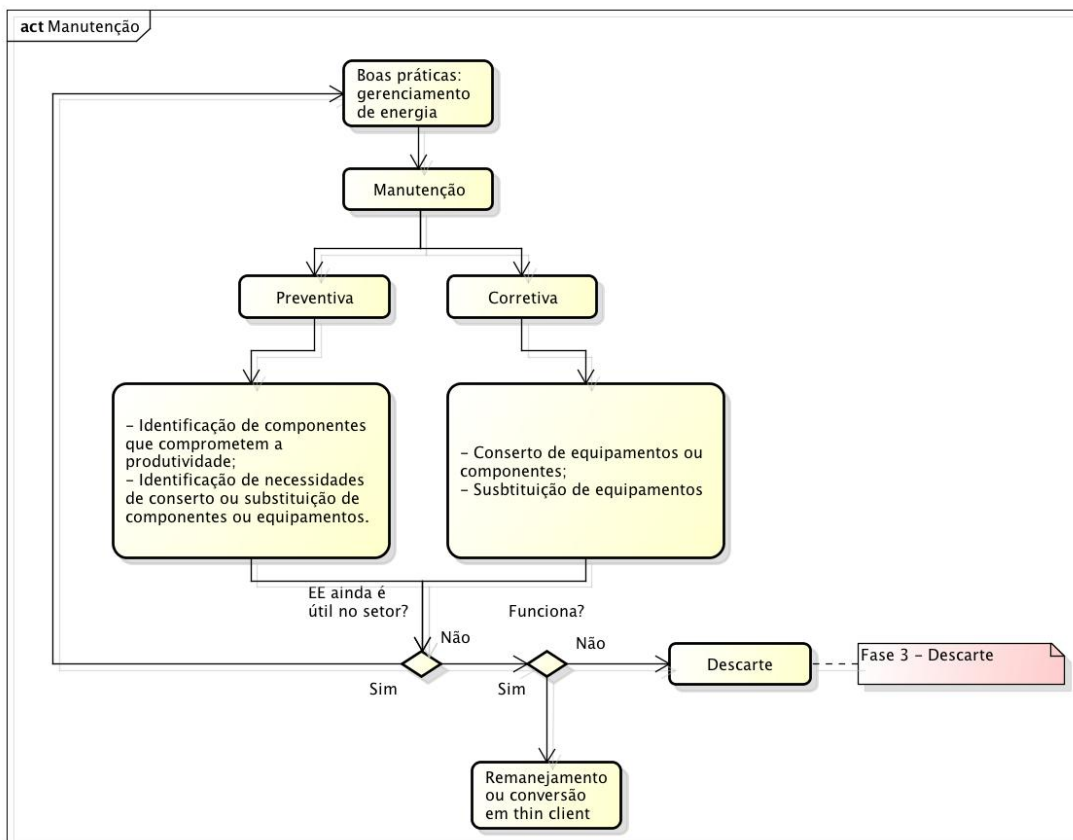
Utilizando tais princípios, os aplicativos buscam identificar oportunidade de maximizar a economia de energia do sistema, sem contudo diminuir o desempenho deste para o usuário. São melhores empregados em servidores, uma vez que nestes há serviço sob demanda, diferentes requisições e quantidades de usuários conectados ao sistema, mas não impede que estes recursos de *software* possam ser empregados nos computadores *desktop* convencionais.

### **5.1.2.2 Manutenção / Remanejamento de equipamentos entre setores**

As boas práticas para economia de energia serão executadas durante a maior parte do tempo de vida útil do equipamento, e isto caracteriza a própria fase de utilização.

À medida que todos os componentes são utilizados, desgastes no uso podem indicar a necessidade de conserto ou substituição, caso não seja possível mantê-los em funcionamento. A esta atividade denomina-se manutenção e poderá ser feita em duas perspectivas: prevenção e correção.

Figura 14: Diagrama das atividades manutenção e remanejamento de equipamentos



A manutenção preventiva é assim chamada porque o seu planejamento e execução permitem identificar os riscos à baixa produtividade por desligamento de equipamentos ou fechamento de setores e departamentos. A manutenção corretiva então, é executada a partir de planejamento feito pela prevenção do problema, agendando adequadamente os desligamentos necessários e fechamentos de setores e departamentos para esta atividade.

Em caso de substituição de equipamentos que ainda funcionam e podem ser atualizados, pode-se verificar se estes atendem as necessidades de outros setores, após dimensionamento e *upgrade*. Caso não possa ser atualizado, a conversão em *desktop thin client* é recomendada, com reutilização dos componentes retirados ou substituídos. Para o caso de não funcionamento, no todo, componentes funcionais podem ser reutilizados e demais peças podem ser encaminhadas para o descarte, que é a Fase 3 desta proposta de modelo.

### 5.1.3 FASE 3 – DESCARTE

O descarte é a fase final da proposta deste modelo, na qual obtém-se os resultados de todos os processos de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos das fases anteriores. O objetivo de todos os critérios enunciados desde a fase inicial, de aquisição, e a execução das ações previstas na fase intermediária, de utilização, podem resultar no aumento de vida útil dos equipamentos utilizados pela organização, e conseqüente diminuição da quantidade de resíduos a serem descartados. Segundo Miguez (2012),

prover vida extra aos produtos, significa que, para qualquer período de tempo haverá menos produção, menos resíduos e, quando os resíduos de pós-consumo forem perigosos, como é o caso de produtos eletrônicos, haverá menos substâncias perigosas geradas (MIGUEZ, 2012, p. 24).

O processo de descarte não pode ser evitado, apenas prorrogado. É neste momento, que deve-se encontrar a melhor alternativa para evitar os danos ambientais causados pelo descarte irregular dos REEE.

A PNRS destaca que a prática da logística reversa garante que o fluxo de resíduos sólidos seja direcionado para sua própria ou outras cadeias produtivas, e esta deve ser adotada pelos fabricantes, responsabilizando-se pela coleta de tais produtos. Miguez (2012, p. 34) ressalta que a PNRS “cria a possibilidade do desenvolvimento de novos negócios ou de reestruturação de negócios existentes”, por exemplo, a legalização e a estruturação do ofício de catador e a criação de empresas com finalidade específica de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Algumas empresas já adotaram há algum tempo a logística reversa como política institucional, e neste caso, os equipamentos adquiridos destas empresas já têm um destino final e é de responsabilidade do fabricante e que deve ser contatado pelo comprador e usuário final.

Para os equipamentos de outros fabricantes que ainda não atendem à legislação pertinente, podem ser utilizadas alternativas ainda ambientalmente responsáveis. Como por exemplo, a doação dos equipamentos, para organizações sociais que mantêm parcerias com empresas recicladoras, que podem trabalhar para a reciclagem dos REEE, ou manutenção dos equipamentos para reuso. Nos dois casos, parte dos recursos gerados são investidos na própria organização. A exemplo do

Comitê para Democratização da Informática (CDI)<sup>16</sup>, que mantém parceria com a Recicladora Urbana<sup>17</sup>, empresa especializada em gestão sustentável de REEE.

Em se tratando de organizações públicas, deve-se verificar as condições para o desfazimento dos bens, e a forma legal para este procedimento, entendendo que há manutenção da responsabilidade sobre a posse do bem, mesmo que haja alienação deste – ou seja, mesmo que faça doação do computador para um projeto social, a sua responsabilidade deverá se estender até o fim de vida útil deste, quando o descarte deverá ser feito.

Para instituições de ensino superior, algumas propostas para incentivar a reutilização dos REEE poderiam vir do fomento à realização de projetos de pesquisa interdisciplinares e projetos de extensão, nos quais têm a participação da comunidade acadêmica e da sociedade civil.

Estudos de caso apresentados por Miguez (2012) demonstram a viabilidade da logística reversa para os fabricantes de computadores e monitores CRT. Este estudos apresentam conclusões alusivas aos benefícios sociais, ambientais e financeiros, que podem ser resumidos da seguinte forma:

- economia de recursos minerais;
- economia de energia;
- redução de materiais nos aterros sanitários;
- diminuição de processos químicos que agredem o meio ambiente;
- amplia a segurança dos trabalhadores que manipulam as substâncias perigosas presentes nos equipamentos;
- economia no custo final de produção;
- ampliação de vida útil dos equipamentos das linhas de produção;
- ampliação da margem unitária de lucro pode ser maior com produtos reutilizados, do que com produtos novos.

O estudo de Miguez (2012, pp. 77-89) ainda apresenta um caso em que o fabricante não dispõe de infraestrutura para operar a logística reversa, e neste caso ainda é vantajoso fazer a contratação do serviço de operadores logísticos.

Por todos os benefícios apresentados, envolvendo os que estão diretamente, ou indiretamente, ligados ao processo, a exigência do requisito técnico da logística

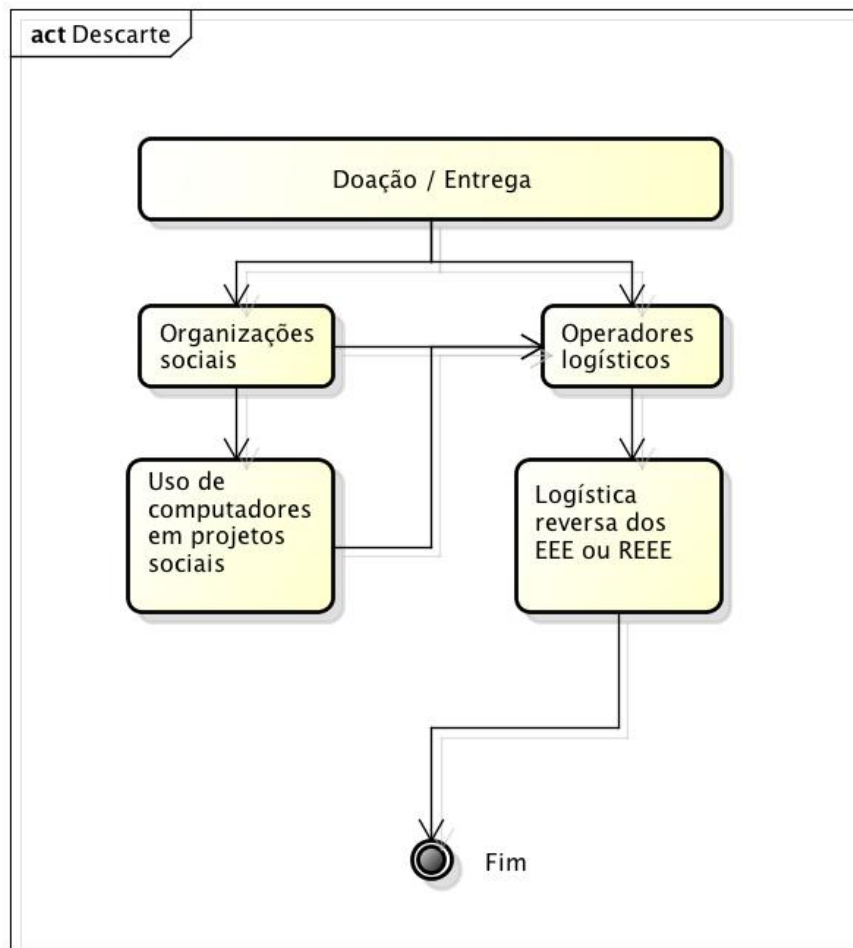
---

<sup>16</sup> CDI - <http://www.cdi.org.br/>

<sup>17</sup> Recicladora Urbana - <http://www.recicladoraurbana.com.br/>

reversa dos fornecedores, via edital para o processo de licitação em compras públicas, é algo que não deveria faltar, pois todo o processo de aquisição influenciará no processo de descarte. A Figura 15 apresenta o diagrama de atividade para a Fase 3, o descarte.

Figura 15 – Diagrama de atividades para o Descarte



## 6. CONCLUSÃO

Com o aumento da preocupação acerca das questões ambientais, relacionadas a todo o setor produtivo da sociedade, uma preocupação sobre o destino de equipamentos eletroeletrônicos, no fim de vida útil, é legítima.

Há um crescente aumento no número de instrumentos de regulação em todo o mundo, e estes instrumentos tendem a ser aprimorados para contemplar, e até mesmo orientar, a evolução nos processos de produção de novos equipamentos, com a utilização de materiais que reduzam o impacto causado pelo uso dos recursos naturais e que sejam reutilizáveis, ou menos prejudiciais em seu descarte.

Entretanto, não pode-se deixar de considerar o legado das tecnologias criadas anteriormente, e ainda utilizadas nos dias atuais. É necessário que alternativas sejam viabilizadas para reduzir o volume de REEE quando estes equipamentos legados não forem mais úteis no local onde eram utilizados.

A partir desse raciocínio, foi possível pensar num modelo de gerenciamento que considere de forma sistêmica o ciclo de vida do EEE, desde o momento em que é adquirido e que aconteça um planejamento da vida útil, da aquisição deste até o seu descarte final.

Sobre o aspecto sistêmico do modelo proposto, levou-se em consideração ainda algumas sugestões de estratégias para governança de TI, que resultam em práticas de TI Verde e ajudam nos indicadores ambientais e sociais da organização, e que têm consequências econômicas, atendendo à proposta de sustentabilidade.

A estratégia de utilização de modelo computacional baseado na arquitetura cliente-servidor, pode direcionar para uma escolha de equipamentos que resultam em baixo consumo de energia, melhoria do controle e da segurança de dados e a consequente redução na produção de resíduos, com os *desktops thin clients*. Quanto aos equipamentos legados, algumas propostas podem ser utilizadas com vistas ao aumento da vida útil do equipamento, com manutenção, reuso, *upgrade*, conversão dos *desktops* convencionais em *desktops thin clients*, doação para organizações sociais, ou ainda o desenvolvimento de pesquisa e extensão com o uso de REEE – este último para instituições de ensino superior. No caso de escolha para doação, observar o processo legal para alienação do patrimônio e ainda a responsabilidade do recolhimento do que foi doado, para proceder o descarte final, quando chegar este momento.

Numa análise geral de todo o processo encaminhado, com a implantação das



atividades do MGREEE, algumas áreas de TI terão uma maior importância neste processo de gestão de REEE, a saber:

1. *Redes de computadores*: pela sugestão de adoção de arquitetura cliente-servidor para uso de *desktops thin clients*, monitoramento do uso de recursos computacionais do servidor, virtualização de servidores e adoção de computação em nuvem.
2. *Segurança de sistemas e de informação*: para o monitoramento de sistemas e de usuários, monitoramento das políticas de segurança da organização e manutenção de cópia de segurança (backup).
3. *Arquitetura e organização de computadores*: pela avaliação e indicação de *hardware*, com a dimensão adequada ao serviço que deve prestar ao setor ou departamento solicitante.
4. *Suporte em hardware e software / manutenção*: esta é mais uma atuação técnica e operacional, responsável pela execução do que foi planejado nas políticas institucionais. É a função que terá contato direto com os usuários e fará a manutenção e os registros de necessidades de reparos ou substituição dos equipamentos.

Vale salientar que a adoção desta proposta em uma organização, apesar de possuir três fases bem definidas e iniciar todo o processo pela “Aquisição”, a segunda fase, chamada de “Utilização” poderá ser a fase inicial, em razão dos equipamentos legados. É uma adequação da organização ao processo de gerenciamento dos EEE que já existem, aplicando as atividades definidas pela proposta de modelo, oportunamente – e isto caracteriza a abordagem de TI Verde chamada de “Tática Incremental”. Quando for necessária a aquisição de novos equipamentos, então o início de todo o processo se dará, obtendo os resultados previstos, desde o início de todo o processo de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos – o que envolve as abordagens “Estratégica” e de “TI Verde Profunda”, o que indica a adoção efetiva de práticas da Computação Verde ou Sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR ISO 14001:2004, Sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso.
- ABNT NBR ISO 14040:2009, Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípio e estrutura.
- ABREU, Pedro. **Saiba como escolher a configuração do seu computador**. Brasília: Amazon, 2013.
- ARDITO, L.; MORISIO, M. **Green IT: available data and guidelines for reducing energy consumption in IT systems**. Sustainable Computing: Informatics and Systems, 2014, v. 4, p. 24-32. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.suscom.2013.09.001>> Acesso em: 17.maio.2014
- BETIOL, Luciana Stocco et al. **Compra sustentável: a força do consumo público e empresarial para uma economia verde e inclusiva**. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2012.
- BOOCH, G. Et al. **UML: guia do usuário**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- BRASIL Casa Civil, Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em 10.jul.2013
- BRASIL Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Guia de compras públicas sustentáveis para a administração federal**. Disponível em <<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/wp-content/uploads/2010/06/Cartilha.pdf>> Acesso em 30.abr.2014
- CÂMARA Municipal de Cascavel, Paraná. **Lei nº 4.726, de 20/11/2007**. Disponível em: <[http://www.cascavel.pr.gov.br/servicos/leis/detalhes.php?lei\\_num=4726](http://www.cascavel.pr.gov.br/servicos/leis/detalhes.php?lei_num=4726)> Acesso em: 20.jul.2014
- CHOU, David C. **Risk identification in Green IT practice**, Computer Standards & Interfaces, Volume 35, Issue 2, February 2013, Pages 231-237, Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548912001092>> Acesso em: 10.jul.2013
- CHOU, David C.; CHOU, Amy Y. **Awareness of green IT and its value model**. Computer Standards & Interfaces. Volume 34, Issue 5, September 2012, Pages 447-451, Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0920548912000438>> Acesso em 10.jul.2013
- DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2010.
- DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental na empresa**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999

DOMINGO, D.; LANDMAN, R. **Red Hat Enterprise Linux 6 guia de gerenciamento de energia: gerenciando consumo de energia no Red Hat Enterprise Linux 6**. Raleigh: Red Hat Inc., 2013

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, Cecília M. V. B. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Blücher, 2006

IBGC. **Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa**. 4 ed. Disponível em: <[http://www.ibgc.org.br/userfiles/files/Codigo\\_Final\\_4a\\_Edicao.pdf](http://www.ibgc.org.br/userfiles/files/Codigo_Final_4a_Edicao.pdf)> Acesso em: 25.jul.2014

ITGI IT GOVERNANCE INSTITUTE. **Board Briefing on IT Governance. 2 ed.** Disponível em: <<http://www.isaca.org/Knowledge-Center/Research/ResearchDeliverables/Pages/Board-Briefing-on-IT-Governance-2nd-Edition.aspx>> Acesso em: 25.jul.2014

JOUMAA, C.; KADRY, S. **Green IT: case studies**. Energy Procedia, 2012, Volume 16, pp. 1052-1058. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2012.01.168>> Acesso em 17.maio.2014

LADEIRA, W. Jr.; COSTA, J.; ARAÚJO, C. F. **Green IT e o processo de produção de informação: uma análise das atividades que produzem sustentabilidade ambiental**. XXXIII Encontro da ANPAD, São Paulo, 2009. Disponível em: <[http://www.anpad.org.br/diversos/trabalhos/EnANPAD/enanpad\\_2009/ADI/2009\\_ADI1675.pdf](http://www.anpad.org.br/diversos/trabalhos/EnANPAD/enanpad_2009/ADI/2009_ADI1675.pdf)> Acesso em: 10.mai.2014

LALOË, F. K. et al. **Compras sustentáveis pela inovação e por uma economia verde e inclusiva**. São Paulo: ICLEI, 2013 Disponível em: <[http://archive.iclei.org/fileadmin/user\\_upload/documents/LACS/Publicacoes/relatorio\\_dirtrizes\\_MPOG\\_30set13.pdf](http://archive.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/LACS/Publicacoes/relatorio_dirtrizes_MPOG_30set13.pdf)> Acesso em: 29.maio.2014

LUCENA, Carlos José Pereira de; et al. **Grandes desafios da pesquisa em computação 2006 – 2016: relatório sobre seminário realizado em 8 e 9 de maio de 2006**. Disponível em: <[http://www.sbc.org.br/index.php?option=com\\_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=11&catid=50](http://www.sbc.org.br/index.php?option=com_jdownloads&Itemid=195&task=finish&cid=11&catid=50)> Acesso em: 15.set.2012

MIGUEZ, E. C. **Logística reversa como solução para o problema do lixo eletrônico**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012

MOLLA, A.; ABARESHI, A. **Organizational green motivations for information technology: empirical study**. Journal of Computer Information Systems, 2012, vol. 52, n. 3, pp. 92-102. Disponível em: <[http://www.iacis.org/jcis/jcis\\_toc.php?volume=52&issue=3](http://www.iacis.org/jcis/jcis_toc.php?volume=52&issue=3)> Acesso em: 25.jul.2014

MURUGESAN, Sam. **Harnessing Green IT: principles and practices**. IT Professional IEEE Computer Society, Washington, DC, vol. 10, n. 1, p. 23-33, January/February 2008.

Disponível em: <<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MITP.2008.10>> Acesso em: 25.mar.2013.

NIST, **NIST definition of cloud computing** v15, 2009, National Institute of Standards and Technology: Gaithersburg, MD (USA). Disponível em: <<http://www.nist.gov/itl/cloud/upload/cloud-def-v15.pdf>> Acesso em: 27.jul.2014

OLIVEIRA, Flávio. **Ecoeficiência: a gestão do valor ambiental**. São Paulo: EPSE, 2007

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009

SERRÃO, M.; ALMEIDA, A.; CARESTIATO, A. **Sustentabilidade: uma questão de todos nós**. Rio de Janeiro: SENAC, 2012

STEP Solving the E-waste Problem. **E-waste world map**. Disponível em: <<http://www.step-initiative.org/index.php/WorldMap.html>> Acesso em: 28.jul.2014

UNEP United Nations Environment Programme. Design for sustainability: a step-by-step approach, 2009. Disponível em: <[http://www.d4s-sbs.org/d4s\\_sbs\\_manual\\_site\\_S.pdf](http://www.d4s-sbs.org/d4s_sbs_manual_site_S.pdf)> Acesso em: 20.dez.2014

XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. M. de B. **Introdução à gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos**. In: CARVALHO, T. C. M. de B. (org.) **Gestão de resíduos eletroeletrônicos: uma abordagem prática para a sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014, pp. 1-18.

WESTPHALL, C. B.; VILLARREAL, S. R. **Princípios e tendências em green cloud computing**. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, v. 12, n. 1, jan-mai 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5329/RESI.2013.1201007>> Acesso em 25.fev.2014

WERNER, J. et al. **Simulator improvements to validate the Green Cloud Computing approach**. Network Operations and Management Symposium (LANOMS), 2011, pp. 1-8. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/LANOMS.2011.6102263>> Acesso em: 26.fev.2014

## APÊNDICE

### Apêndice A

A.1 Tabela 1 – Descrição analítica das fases e atividades associadas, do Modelo de Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos

Nível	Fase/Atividade
5.1.1	AQUISIÇÃO
5.1.1.1	Dimensionamento
a.	Equipamento novo
	<i>Desktop</i> convencional
	- Memória
	- Processador
	- Fonte de alimentação
	<i>Thin Client</i>
b.	<i>Upgrade</i>
5.1.1.2	Política Ambiental
	Selos Ambientais
5.1.2	UTILIZAÇÃO
5.1.2.1	Boas práticas para eficiência energética
	- Gerenciamento de energia
5.1.2.2	Manutenção / Remanejamento de equipamentos entre setores
5.1.3	DESCARTE

A.2 Quadro 6 : Lista de países e quantidade de instrumentos regulatórios de REEE em vigor<sup>18</sup>

#	País	Proposta	Aprovado	Em vigor	Ano início	Última proposta
1	Estados Unidos	6	0	87	1996	2013
2	Brasil	25	0	26	2007	2013
3	Canadá	0	0	23	2004	2012
4	China	9	0	17	2004	2013
5	Argentina	20	1	8	2008	2013
6	Bélgica	0	0	7	2002	2012
7	França	2	0	6	2005	2014
8	Romênia	1	0	6	2005	2014
9	Reino Unido	0	0	6	2006	2014
10	Itália	0	0	6	2005	2010
11	Estônia	0	0	6	2004	2013
12	Lituânia	0	0	6	1998	2006
13	Peru	0	0	5	2012	2013
14	Rep. da Macedônia	0	0	5	2012	2013
15	Bielorrússia	0	0	5	2012	2012
16	Eslováquia	0	0	4	2001	2010
17	Eslovênia	0	0	4	2004	2010
18	Japão	0	0	4	1998	2013
19	Austrália	0	0	4	2008	2012
20	Israel	0	1	3	2012	2014
21	Colômbia	3	0	3	2008	2013
22	Dinamarca	0	0	3	2011	2014
23	Holanda	0	0	3	2004	2014
24	Áustria	0	0	3	2002	2005
25	Portugal	0	0	3	2004	2014
26	Suécia	0	0	3	2000	2005
27	Islândia	0	0	3	2003	2009
28	Sérvia	0	0	3	2010	2013
29	Letônia	0	0	3	2011	2011
30	Índia	1	0	3	2008	2013

<sup>18</sup> Dados coletados da iniciativa *Solving the E-waste Problem* – StEP, disponíveis em < <http://step-initiative.org/index.php/WorldMap.html> > Acesso em 02.jul.2014

Cont.

#	País	Proposta	Aprovado	Em vigor	Ano início	Última proposta
31	Equador	0	0	2	2012	2012
32	Bolívia	1	0	2	2012	2012
33	Chile	1	0	2	2008	2011
34	Alemanha	1	0	2	2005	2014
35	Suíça	0	0	2	1998	2013
36	Espanha	0	0	2	2005	2012
37	Bulgária	0	0	2	2011	2013
38	Irlanda	0	0	2	2011	2014
39	Grécia	0	0	2	2004	2014
40	Ucrânia	0	0	2	2013	2013
41	Taiwan	0	0	2	2010	2013
42	Uganda	0	0	2	2009	2010
43	México	0	0	1	2013	2013
44	Costa Rica	0	0	1	2010	2010
45	Luxemburgo	0	0	1	2005	2005
46	Noruega	0	0	1	2006	2006
47	Finlândia	0	0	1	2004	2004
48	Polônia	0	0	1	2005	2005
49	Rep. Tcheca	0	0	1	2005	2005
50	Hungria	1	0	1	2012	2014
51	Malta	0	0	1	2007	2007
52	Croácia	0	0	1	2007	2007
53	Bósnia e Herzegovina	0	0	1	2012	2012
54	Montenegro	0	0	1	2012	2012
55	Turquia	0	0	1	2012	2012
56	Chipre	1	0	1	2004	2014
57	Coréia do Sul	0	0	1	2007	2007
58	Butão	0	0	1	2011	2011
59	Malásia	0	0	1	2010	2010
60	Vietnã	0	0	1	2013	2013
61	Gana	1	0	1	2008	2011
62	Nigéria	0	0	1	2011	2011
63	Camarões	0	0	1	2012	2012

A.3 Quadro 7: Resumo dos elementos utilizados para discutir e criar o Modelo de Gerenciamento de Resíduos Eletroeletrônicos.

Definição/conceitos de TI Verde	Modelo	Modelo	Modelo conceitual	Modelo Proposto
Abordagem da TI Verde (Murugesan, 2008), segundo as práticas adotadas.	Modelo de Valor da TI Verde (Chou & Chou, 2012), a partir de quatro componentes.	Modelo baseado num <i>framework</i> Crença-Ação-Resultados (Gholami et al., 2013)	Framework integrado para avaliar o potencial das empresas adotarem SI Verde via virtualização (Bose & Luo, 2011)	Modelo de GREEE
Abordagem Tático Incremental	Consciência Tradução	Fatores Macro Fatores Micro (Crença)	Contexto Tecnológico (Inicialização da TI Verde)	<i>Fase 2:</i> Utilização
Abordagem Estratégica	Tradução Compreensão Valor da TI Verde	Ação (Adoção de SI Verde)	Contexto Organizacional Contexto Ambiental (Integração da TI Verde)	<i>Fase 1:</i> Aquisição <i>Fase 3:</i> Descarte
Abordagem Deep Green IT	Valor da TI Verde	Resultado (Performance Ambiental)	Maturação da TI Verde	Desempenho Ambiental (Social/Econômico/Ambiental)

Fonte: Adaptado de Murugesan (2008), Chou & Chou (2012), Gholami et al. (2013) e Bose & Luo (2011)