

SIMULAÇÃO DA PROPOSTA DE DESCARTE E REUSO DE E-LIXO EM UMA UNIVERSIDADE

¹Camila Ferreira Silva; ¹camilaferreira1101@gmail.com; ¹Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão;
²Stella Jacyszyn Bachega; ²stella@ufg.br; ²Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão;
³Dalton Matsuo Tavares; ³dalton_tavares@ufg.br; ³Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão.

RESUMO: *A vida cotidiana da população está cada vez mais atrelada ao uso de aparelhos eletrônicos, tanto para fins pessoais quanto profissionais, o que tem gerado um grande consumo desses itens. Tal hábito tem resultado em aumento da quantidade de lixo eletrônico (e-lixo), o que implica em um cenário preocupante no que diz respeito a preservação do meio ambiente. Diante disso, surge o conceito de tecnologia da informação verde (Green IT). O presente trabalho tem o objetivo de simular uma proposta de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade. Para tanto, foi utilizada a explicação científica hipotético-dedutiva, abordagem quantitativa e procedimento de pesquisa experimental. Dentre os resultados, verificou-se que é possível processar grandes quantidades de material, mediante uma maior quantidade de mão de obra e espaço disponibilizados na universidade para realizar tais tarefas. Destaca-se que os benefícios da implementação de um centro de reciclagem e reuso são tangíveis, além da conscientização da comunidade acadêmica em relação a importância da reciclagem.*

PALAVRAS-CHAVE: *lixo eletrônico; e-lixo; simulação; green IT.*

ABSTRACT: *The daily life of the population is increasingly linked to the use of electronic devices, both for personal and professional purposes, which has generated a large consumption of these items. This habit has resulted in an increase in the amount of electronic waste (e-waste), which implies a worrying scenario with regard to environmental preservation. That being said, the concept of green information technology (Green IT) appears. This paper aims to simulate a proposal for the disposal and reuse of electronic waste at a university. Therefore, the hypothetical-deductive scientific explanation, quantitative approach and experimental research procedure were used. Among the results, it was found that it is possible to process large amounts of material, by means of a greater amount of manpower and space available at the university to perform such tasks. It is noteworthy that the benefits of implementing a recycling and reuse center are tangible, besides the awareness of the academic community regarding the importance of recycling.*

KEYWORDS: *eletronic waste; e-waste; simulation; green IT.*

1. Introdução

Uma das principais ameaças ao meio ambiente é o crescimento desenfreado do consumo e da produção de novas tecnologias. O crescimento do consumo de produtos relacionados à Tecnologia da Comunicação e da Informação (ICT) é tamanho que, atualmente, cerca de 54% da população mundial tem acesso à internet e 48%, computador em casa. Além disso, os equipamentos eletrônicos possuem preços cada vez mais acessíveis, o que faz com que uma pessoa possua mais de um dispositivo ao mesmo tempo, seja em funcionamento ou armazenado em casa (BALDÉ et al., 2017).

Com base nisso, surge a *Green IT* (Tecnologia da Informação Verde) que consiste em um conjunto de práticas de produção, utilização e descarte de forma consciente e sustentável, que

visa preservar o meio ambiente reduzindo a emissão de gases poluentes (MURUGESAN, 2008).

As instituições de ensino superior tornam-se ambientes propícios no quesito de formar uma população mais consciente em relação ao consumo de novas tecnologias e descarte das mesmas. Jabbour (2010) defende que as universidades não formam apenas profissionais, mas também as opiniões e ideias das pessoas que as frequentam.

Para alcançar universidades sustentáveis, disseminando os conceitos de *Green IT* de forma eficiente e educativa, Alshuwaikhat e Abubakar (2008) propuseram uma abordagem integrada. Os autores baseiam-se em três premissas: implementar um sistema de gestão ambiental; atrair a participação pública e incitar a responsabilidade social; aumentar o ensino e incentivar a pesquisa na área de sustentabilidade.

Considerando esse contexto, surge a seguinte questão de pesquisa: como propor o descarte e reuso de resíduos de informática no âmbito de uma universidade? Assim, o presente trabalho tem o objetivo de simular uma proposta de descarte e reuso de lixo eletrônico em uma universidade. Para tanto, foi empregada a simulação computacional para representar um Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática (CEDIR) em uma universidade federal, baseado no CEDIR que funciona na Universidade de São Paulo (USP).

Alguns estudos comprovam a carência de informação acerca do assunto e a precariedade da gestão do lixo nas Instituições de Ensino Superior (IES). Lucas, Montanha e Rodrigues (2016) elucidam a falta de informação acerca do lixo eletrônico por meio de entrevistas com alunos de uma IES. Os resultados mostraram desconhecimento dos estudantes em relação ao e-lixo. Já Oliveira e El-Deir (2011) evidenciaram o descaso quanto ao descarte do mesmo em outra universidade. Ambos demonstram a carência do assunto nas universidades brasileiras. Ainda, Alharbi, Kor e Pattinson (2016) afirmam que a adoção de práticas relacionadas ao *Green IT* pode trazer benefícios as instituições de nível superior.

2. Referencial teórico

2.1. *Green IT*

A *Green IT* pode ser entendida como o desenvolvimento sustentável da tecnologia da informação (IT), que compreende computadores, servidores e outros subsistemas. O uso consciente, o descarte adequado, a manufatura de produtos menos nocivos, além de estudos e

projetos acerca do assunto, configuram a prática do *Green IT*. Tais práticas influenciam no aumento da eficiência energética, redução de gases efeito estufa, além do encorajamento da reciclagem e reutilização (MURUGESAN, 2008).

O crescimento do e-lixo causado pela Tecnologia da Informação e Comunicação (ICT) é uma ameaça ao meio ambiente que necessita de urgente atenção. Tanto as empresas quanto as pessoas devem ser encorajadas a adotarem práticas sustentáveis. Para tanto, entende-se que as universidades são um dos melhores locais para se promover a sustentabilidade (ALKALI et al., 2017).

Davis, Bagozzi e Warshaw (1989), Fishbein e Ajzen (1975) e Molla et al. (2008) propuseram modelos comportamentais que procuram entender o que pode influenciar as pessoas a aceitarem e adotarem meios sustentáveis.

Ao unir essas propostas, Alkali et al. (2017) advogam que a adoção do *Green IT* nas universidades da Nigéria é influenciada pela subjetividade das normas devido a interpretação pessoal das mesmas, suporte organizacional para estimular e encorajar a população e iniciativa verde individual que está relacionada com o comprometimento, consciência e interesses dos indivíduos ou organizações, bem como a percepção de utilidade e uso das pessoas. Já Marques, Bachega e Tavares (2019) propuseram um *framework* que considera a avaliação do impacto ambiental para auxiliar as universidades na adoção de medidas relacionadas a *Green IT*.

2.2. Gestão do lixo eletrônico em universidades

No Quênia, sete universidades uniram-se em um estudo realizado por Odhiambo (2009), visou fazer um levantamento do número de computadores obsoletos nessas instituições, quais os fatores que levam a obsolescência, o que é feito com os mesmos e quais são os métodos adotados para reduzir a quantidade de lixo eletrônico. Apesar da grande quantidade de lixo eletrônico produzido nas áreas administrativas das universidades, o estudo abrangeu apenas as partes meramente acadêmicas.

O número de computadores utilizáveis obtido foi de 3.325 unidades. No entanto, averiguou-se que as universidades adquirem computadores de diversos fornecedores e doadores. Em geral, os computadores que são recebidos por meio de doações, já são usados e não duram muito tempo. Por isso, viram lixo eletrônico a ser gerenciado pela faculdade (ODHIAMBO, 2009).

O reduzido ciclo de vida é um fator que mais leva a obsolescência dos computadores. Dentre as outras causas, os danos físicos incluem: controladores com falhas, placas-mãe com defeito, mal funcionamento das portas USB, disquetes, CDs e drives, dentre outros. Já os vírus, debilitam o funcionamento do computador e as mudanças tecnológicas fazem com que alguns itens caiam em desuso. Outro fator identificado foi o sistema operacional. Um estudo feito no reino unido mostrou que computadores que possuem o Linux tem 50% a menos de chance do software se tornar obsoleto em relação aos que possuem Windows (ODHIAMBO, 2009).

Um outro estudo feito por Lucas, Montanha e Rodrigues (2016) se propôs a averiguar o nível de conhecimento dos alunos de uma Instituição de Ensino Superior em relação ao descarte, reciclagem e reutilização do lixo eletrônico. Os resultados mostraram o quanto esse assunto ainda precisa ser explorado e discutido a fim de informar e conscientizar as pessoas. Cerca de 62,2% dos alunos não têm conhecimento da Política Nacional de Resíduos Sólidos, 51,9% não sabiam os locais corretos para o descarte. Quanto à ameaça que os resíduos provenientes do e-lixo podem trazer, apenas 41,7% dos alunos tinham consciência. Em um cenário geral, os estudantes mostraram pouco conhecimento do assunto (LUCAS; MONTANHA; RODRIGUES, 2016).

A fim de elucidar a situação das universidades brasileiras perante ao e-lixo e a necessidade de se discutir esse assunto, foi desenvolvido um trabalho mostrando a realidade em um campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde devido a substituição dos monitores CRT pelos LCD descartaram-se cerca de 15 computadores antigos por laboratório em um galpão que a IES dispõe apenas para esta finalidade. Além disso, 320 notebooks adquiridos recentemente também foram descartados. Como sugestão de melhoria, os autores propõem a conscientização dos funcionários do campus através de palestras, a criação de um laboratório de informática que seja responsável pelos computadores inutilizados e, a abertura de um local onde os computadores e componentes seriam comercializados, a fim de se obter renda para universidade (OLIVEIRA; EL-DEIR, 2011).

Alharbi, Kor e Pattinson (2016), por meio de entrevistas, averiguaram os ganhos provenientes da adoção de uma estratégia de *Green IT* para economia de dinheiro, energia elétrica e emissão de CO₂, bem como o uso sustentável dos equipamentos eletrônicos, papéis e impressoras em uma universidade do Reino Unido. O levantamento culminou em recomendações das práticas de *Green IT* em outras universidades, tais como: armazenamento

de dados em nuvens, práticas para redução do consumo de energia e recursos em impressões (ALHARBI; KOR; PATTINSON, 2016).

3. Metodologia

A explicação científica foi conduzida de forma hipotético-dedutiva (CARVALHO, 2000) e a abordagem de pesquisa foi quantitativa (BRYMAN, 1989). Por se tratar da condução de um experimento que utiliza simulação computacional, o procedimento de pesquisa adotado foi o experimental (BRYMAN, 1989).

Neste trabalho, os dados utilizados para construção de um modelo matemático, numérico e estocástico (LAW; KELTON, 1994) foram obtidos por meio de dados secundários obtidos em informações publicadas sobre o CEDIR da USP e por meio de contato direto com este centro. Esta pesquisa teve liberação do Comitê de Ética em Pesquisa da universidade a qual o projeto está vinculado, sob numeração CAAE: 90878218.0.0000.8409.

Para um estudo de simulação computacional, Law e Kelton (1994) propõem dez etapas que serão seguidas neste trabalho: i) formulação do problema, tempo necessário para execução, seleção das pessoas envolvidas e construção das hipóteses; ii) coleta de dados e proposição do modelo conceitual; iii) verificação e validação do modelo proposto; iv) construção do modelo computacional e verificação; v) execuções piloto; vi) validação do modelo simulado; vii) determinação de configurações como o tempo de simulação, número de replicações etc. viii) execução do modelo; ix) avaliação dos resultados; x) documentação e apresentação.

Em primeira instância, entrou-se em contato com o CEDIR da USP e, a partir desta, os tempos estimados de cada atividade foram coletados, bem como a informação sobre o procedimento desempenhado por eles.

Com os dados coletados, o modelo conceitual do sistema simulado foi feito conforme a técnica IDEF-SIM, proposta por Leal, Almeida e Montevechi (2008). Assim, a Figura 1 mostra o modelo conceitual elaborado para o projeto de simulação de um CEDIR para a universidade foco da pesquisa. As entidades representadas pelo círculo E1 (CPUs, *notebooks*, teclados, *mouses* etc.) chegam e passam pela pesagem (P1) e um ofício é feito (P2) com os dados sobre o aparelho recebido e de onde ele vem, formalizando a doação para o CEDIR. Em seguida, o equipamento é testado (atividade P3) e a partir disso, o técnico averigua se o item ainda pode ser utilizado ou não. Essa decisão é representada pela regra OU.

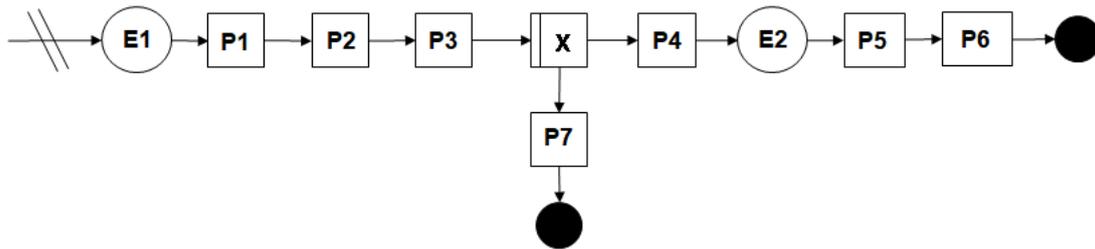


FIGURA 1 – IDEF-SIM do CEDIR. Fonte: dados da pesquisa.

Para o entendimento do IDEF-SIM, os símbolos utilizados são explicitados na Figura 2.

Símbolo	Descrição	Símbolo	Descrição
	Fluxo de entrada no modelo		Regra OU
	Entidade		Fim do sistema
	Processo, funções		Fluxo da entidade

FIGURA 2 – IDEF-SIM CEDIR. Fonte: Adaptado de Leal, Almeida e Montevechi (2008).

No IDEF-SIM da Figura 1, as entidades representadas pelo círculo E1 (CPUs, *notebooks*, teclados, *mouses* etc.) chegam e passam pela pesagem (P1) e um ofício é feito (P2) com os dados sobre o aparelho recebido e de onde ele vem, formalizando a doação para o CEDIR. Em seguida, o equipamento é testado (atividade P3) e a partir disso, o técnico averigua se o item ainda pode ser utilizado ou não. Essa decisão é representada pela regra OU.

Caso o equipamento ainda seja utilizável, ele é destinado para o empréstimo (P7). Esse empréstimo é feito para instituições sem fins lucrativos e, ao fim da vida útil do aparelho, essas instituições devem devolvê-lo ao CEDIR. Neste modelo, esta atividade não foi analisada, portanto, não foi atribuído valor de tempo.

Caso seja constatado que o aparelho chegou ao fim de sua vida útil, o técnico responsável separa esse material em lotes (P4). Uma vez que estão completos, os lotes de material são intitulados como entidade E2, são pesados (P5) e, posteriormente alocados no caminhão com o auxílio de uma empilhadeira (P6).

O modelo conceitual foi verificado e validado mediante discussão com especialistas da área (validação face-a-face) conforme Sargent (1994).

Quanto ao modelo computacional, este foi construído no software ProModel® versão *Student* e verificado. O intuito foi averiguar o funcionamento do programa e algumas adequações foram feitas. Depois disso, foram feitas algumas execuções piloto para que o modelo fosse validado. Nesta fase procurou-se avaliar se o modelo simulado está condizente com a realidade e validá-lo.

Com isso, determinou-se o tempo de simulação e o número de replicações, além de outras configurações usadas na determinação das condições iniciais da simulação. Para avaliar o número de replicações realizadas, utilizou-se as considerações de Freitas e Filho (2008). Definiu-se que o semi-intervalo de confiança (*half-width*) pode ser menor ou igual a 10% da média amostral para maior precisão dos dados. Foram realizadas 30 replicações do modelo considerando uma duração de duas semanas de simulação.

4. Resultados

4.1. Características do modelo elaborado

Para a simulação, foi considerado um período de duas semanas, representando o período utilizado para formação de uma carga. Além disso, os tempos alocados para cada atividade foram baseados em suas estimativas e experiência, mostrados na Tabela 1. As distribuições probabilísticas Uniforme e Triangular foram utilizadas, pois havia dados compatíveis com os parâmetros disponibilizados para a elaboração das distribuições e estas podem ser utilizadas quando não se conhece o formato exato da distribuição.

TABELA 1 - Tempos de processamento em atividades.

Atividade	Descrição	Tempos
P1	Pesagem na paleteira	30 segundos
P2	Preenchimento de ofícios	Uniforme (5, 10) minutos
P3	Testar funcionamento/substituir peças do que pode ter potencial de utilização	Triangular (15, 30, 60) minutos
P5	Pesagem do lote	30 segundos
P6	Colocar paletes no caminhão com empilhadeira	1 hora
P7	Destinação para empréstimo	-

Fonte: dados da pesquisa.

Neste modelo, as entidades consideradas foram: CPUs, monitores, mouses, teclados, *scanners*, impressoras e *notebooks*. A Tabela 2 apresenta os seis locais representados no modelo e suas descrições. Nestes locais, as entidades recebem processamento.

TABELA 2 – Locais simulados e sua descrição.

Local	Descrição
Estoque inicial	local onde o material recebido é armazenado até que possa ser testado.
Ofícios	onde é formalizada a doação de materiais para o CEDIR e, o empréstimo ou venda do CEDIR para outros.
Bancada de testes	local onde o material recebido é testado.
Material obsoleto	local onde o material não utilizável é armazenado em paletes ou bags até que possa ser destinado.
Pesagem	onde todo o material é pesado.
Envio	onde todo o material é enviado para parceiros ou emprestado. A movimentação dos paletes com o material inutilizado é feita por uma empilhadeira, devido ao grande peso.

Fonte: dados da pesquisa.

A Figura 3 apresenta a vista geral, em execução, do cenário elaborado no simulador ProModel®.



FIGURA 3 – Cenário elaborado no simulador. Fonte: dados da pesquisa.

4.2. Desempenho do cenário elaborado

Para análise do desempenho do modelo proposto, foram utilizados valores mínimos, médios, máximos, desvio padrão e semi-intervalo de confiança (*half-width*), o qual foi utilizado para indicar se o número de 30 replicações foi suficiente para a precisão da média amostral. Observou-se que este número de replicações foi satisfatório, pois todos os valores dos *half-widths* encontrados para as medidas de desempenho observadas foram menores que 10% da média. Os resultados obtidos em relação a quantidade de entidades que saíram do sistema estão representados na Tabela 3. Nota-se que as CPUs representaram as maiores quantidades médias, sendo 109,43 unidades.

TABELA 3 - Quantidade de entidades processadas no sistema.

Entidade	Quantidade média	Quantidade mínima	Quantidade máxima	Desvio padrão	<i>Half-width</i>
CPU	109,43	108,00	111,00	0,77	0,29
Impressora	65,67	64,00	67,00	0,80	0,3
Monitor	66,00	64,00	68,00	0,98	0,37
Mouse	72,73	58,00	82,00	4,60	1,72
Notebook	37,87	37,00	39,00	0,63	0,23
Scanner	27,63	26,00	35,00	1,54	0,58
Teclado	65,47	64,00	67,00	0,78	0,29

Fonte: dados da pesquisa.

Além das saídas do sistema, é interessante avaliar o desempenho do sistema em relação a utilização das estações de trabalho e dos recursos disponíveis. No caso, o sistema utiliza uma empilhadeira para fazer as movimentações das entidades acumuladas até seu destino final, os resultados acerca dos percentuais de utilização do recurso empilhadeira e dos locais são mostrados na Tabela 4.

TABELA 4 - Percentual de utilização dos locais e do recurso.

Recurso/local	Utilização média (%)	Quantidade mínima	Quantidade máxima	Desvio padrão	<i>Half-width</i>
Empilhadeira	46,39	44,77	48,40	0,95	0,295
Bancada de testes 1	99,97	99,94	99,99	0,01	0,005
Bancada de testes 2	99,96	99,93	99,98	0,01	0,005
Bancada de testes 3	99,95	99,92	99,97	0,01	0,005
Pesagem	100	100	100	0,00	0,00
Estoque inicial	29,3	28,51	30,11	0,38	0,14
Material obsoleto	0,64	0,61	0,66	0,01	0,005

Fonte: dados da pesquisa.

Nota-se que os locais sobre bancadas de testes e de pesagem estão operando quase no limite da capacidade, o que alerta sobre a necessidade de mais técnicos para executar as atividades de teste. Além disso, a empilhadeira tem utilização média de 46,39% de sua capacidade. Isso reforça a necessidade de mais técnicos, o que poderia fazer com que o volume de material transportado aumentasse, uma vez que o técnico também dirige a empilhadeira.

Quanto ao percentual médio de utilização dos locais de estoque, infere-se que há capacidade para receber material, logo, se forem alocados mais técnicos, o CEDIR simulado poderia receber mais equipamentos.

De forma geral, o total médio de saídas foi de 444,8 unidades em 80 horas de simulação, ou seja, duas semanas úteis com jornada de trabalho de oito horas diárias. Todo esse material totaliza cerca de 2.242,934 kg, ou seja, 2,42 toneladas de material que teve sua destinação correta, seja no âmbito da reciclagem ou do reaproveitamento do mesmo.

Considerando que um ano útil contenha 44 semanas, o CEDIR possui capacidade para processar cerca de 49,34 toneladas por ano de e-lixo. Se cada uma das 27 capitais brasileiras (considerado o Distrito Federal) possuir um CEDIR processando nas mesmas condições essa quantidade de material, o Brasil destinaria corretamente cerca de 1.332.300,42 kg, ou seja, 13.323 toneladas de lixo eletrônico, o que corresponde a apenas 0,029% das 44,7 milhões de toneladas de e-lixo produzidos em 2016, segundo Baldé et al. (2017).

5. Considerações finais

Por meio da realização desta pesquisa, houve a proposição e simulação de um cenário de implementação de um Centro de Descarte e Reuso de Resíduos de Informática em uma universidade, integrando conceitos da *Green IT*, ao fazer a destinação correta de equipamentos de tecnologia da informação para reaproveitamento. Portanto, o objetivo pretendido foi atingido.

Salienta-se que os benefícios da implementação de um centro de reciclagem e reuso não são apenas os tangíveis (quantidade de material reciclado e retorno financeiro), mas também a conscientização da comunidade acadêmica em relação a importância da reciclagem. De forma conclusiva, é possível perceber que a implementação de um CEDIR está intimamente ligada com os conceitos de *Green IT*, tanto na prática quanto na disseminação dos mesmos. Afinal, o consumo de materiais eletrônicos tende a aumentar mundialmente, o que elucida a

importância de reciclagem correta e da reutilização, a fim de amenizar os impactos na natureza.

Quanto aos resultados da simulação, infere-se que é possível processar grandes quantidades de material. No entanto, é necessário que se tenha mais mão de obra e espaço a serem disponibilizados na universidade para realizar tais tarefas. Diante disso, sugere-se, em primeiro momento, o direcionamento de estagiários da área de computação para auxiliar no desempenho de algumas atividades e, também, adquirir parcerias com a prefeitura municipal e empresas locais, para obtenção de equipamentos necessários, espaço para alocar o centro e mão-de-obra. Ainda, há a possibilidade de se realizar projeto de extensão, para viabilizar ações comunitárias para desempenho das atividades do centro proposto.

Como sugestão para futuros trabalhos, tem-se o cálculo da viabilidade econômico-financeira acerca dos investimentos necessários para a infraestrutura do CEDIR, bem como a quantificação dos ganhos proporcionados por esta prática.

Os autores gostariam de agradecer o apoio oferecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás – FAPEG na forma de recurso financeiro, garantido pelo edital no 03/15.

Referências

ALHARBI, L M.; KOR, AL.-L.; PATTINSON, C. Effective Green IT Strategy in a UK Higher Education Institute. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DEPENDABLE, AUTONOMIC AND SECURE COMPUTING, 14., 2016, Auckland. **Proceedings...** Auckland: IEEE, 2016. p. 251-256.

ALKALI, A. U. et al. Towards low carbon universities in Nigeria: agenda for green information technology. **Chemical Engineering Transactions**, v. 56, p. 733-738, 2017.

ALSHUWAIKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, p. 1777-1785, 2008.

BALDÉ, C. P. et al. **The Global E-waste Monitor – 2017**, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.

BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Uniwin Hyman, 1989. p. 224.

CARVALHO, M. C. M. de. A construção do saber científico: algumas proposições. In: CARVALHO, M. C. M. de (org.). **Construindo o saber**. 2.ed. Campinas, SP: Papirus. pp.63-86. 2000.

DAVIS, F. D.; BAGOZZI, R. P.; WARSHAW, P. R. . User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. **Management Science**, v. 35, n. 8, p. 982–1003, 1989.

FISHBEIN, M.; AJZEN, I. **Belief, attitude, intention, and behavior**: An introduction to theory and research. Reading. Addison-Wesley, 1975.

FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena**. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Visual Books, 2008. p.372.

JABBOUR, C. J. C. Greening of business schools: a systemic view. **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 11, n. 1, p. 49-60, 2010.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation Modeling & Analysis**. McGraw- Hill, 2nd edition, 1994.

LEAL, F.; ALMEIDA, D.A.de; MONTEVECHI, J.A.B. Uma Proposta de Técnica de Modelagem Conceitual para a Simulação através de elementos do IDEF. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 40., 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2008. p. 2503-2514.

LUCAS, F. R. C.; MONTANHA, G. K.; RODRIGUES, S. A. Estudo sobre o lixo eletrônico em uma instituição de ensino superior. **Revista Científica On-line Tecnologia – Gestão – Humanismo**, v.6, 2016.

MARQUES, C.; BACHEGA, S. J.; TAVARES, D. M. Framework proposal for the environmental impact assessment of universities in the context of Green IT. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, n. 20, p. 118346, 2019.

MOLLA, A.; COOPER, V.; CORBITT, B., DENG, H.; PESZYNSKI, K.; PITTAYACHAWAN, S.; TEOH, S. E-readiness to g-readiness: developing a green information technology readiness framework. In: AUSTRALASIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS, 19., 2008, New Zeland. **Proceedings...** New Zeland, 2008. p. 3-5, 2008.

MURUGESAN, S. **Harnessing Green IT**: principles and practices. IEEE Computer Society, 2008.

ODHIAMBO, B. D. **Generation of e-waste in public universities**: The need for sound environmental management of obsolete computers in Kenya. Eldoret, 2009.

OLIVEIRA, B.M.C.; EL-DEIR, S.G. Gestão do lixo eletrônico na Universidade Federal Rural de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina. **Anais...** Londrina: IBEAS, 2011.

SARGENT, R. G. Verification and Validation of Simulation Models. In: 1994 WINTER SIMULATION CONFERENCE, 1994, Orlando. **Proceedings...** Orlando: WSC94, p. 77-87, 1994.