

Modelo Multicritério para Avaliação de Ciclo de Vida de Ativos de TI

A Multi-Criteria Decision Support Framework for IT Assets Life Cycle

DOI:10.34117/bjdv7n2-306

Recebimento dos originais:09/01/2021

Aceitação para publicação: 17/02/2021

Lucilene da Silva Leite

Mestranda em Computação Aplicada

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: ICC Centro - Módulo 14, Subsolo CSS-361 - Campus Darcy Ribeiro.
Brasília - DF

E-mail: leite.lucilene@gmail.com

Ana Carla Bittencourt Reis

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco, UFPE

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: ICC Centro - Módulo 14, Subsolo CSS-361 - Campus Darcy Ribeiro.
Brasília - DF

E-mail: anacarlabr@unb.br

RESUMO

Este artigo apresentou um modelo de decisão multicritério para avaliação de ciclo de vida de equipamentos de TI de uma instituição financeira pública nacional, com foco na melhoria do processo de gestão de ativos de TI e na eficiência das contratações públicas. Para tanto, um *framework* de decisão multicritério (MCDA) foi utilizado para incorporar critérios relevantes que permeiam todo o ciclo de vida dos equipamentos, incluindo a fase inicial, que compreende a decisão pela aquisição (compra, projeto e fabricação), a entrega e instalação; a fase de operação e manutenção; a fase de atualização tecnológica e a última fase que é o defeito irrecuperável e o fim de vida útil do equipamento. Esses critérios fornecem uma combinação dos fatores internos e externos à organização responsáveis pela inservibilidade ou obsolescência dos equipamentos. Os resultados obtidos servirão de subsídio para definir a melhor decisão a ser tomada em relação à estratégia de manutenção ou substituição do parque de equipamentos instalados da organização.

Palavras-chave: Gestão de Ativos de TI, Equipamentos de TI, Avaliação do Ciclo de Vida, Análise de Decisão Multicritério, ELECTRE TRI.

ABSTRACT

This article presented a multicriteria decision model for IT equipment lifecycle assessment of a Brazilian public financial institution, focusing on improving the IT asset management process and the efficiency of public procurement. Therefore, a

multicriteria decision framework (MCDA) was used to incorporate relevant criteria that permeate the entire equipment life cycle, including the initial phase, which comprises the decision to purchase (purchase, design and manufacture), delivery and installation phase; the operation and maintenance; the technology upgrade and the last phase which is the unrecoverable defect and end of life of the equipment. These criteria provide a combination of organization internal and external factors responsible for the equipment's unavailability or obsolescence. The results obtained could be used as a basis for defining the best decision related to installed IT equipments of organization.

Keywords: IT Asset Management, IT equipments, Life Cycle Assessment, Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), ELECTRE TRI.

1 INTRODUÇÃO

A velocidade do desenvolvimento e das inovações tecnológicas carregam dois grandes problemas do mundo moderno: o primeiro de ordem econômica, vinculado à rápida obsolescência dos ativos de TI, gerando a necessidade de investimentos constantes em manutenção, atualizações e aquisição de equipamentos. E o segundo, de ordem ambiental, relacionado ao descarte acelerado e incorreto desse lixo tecnológico no planeta. Se por um lado as organizações precisam manter seu parque de equipamentos atualizado de modo a garantir o bom desempenho dos sistemas e a segurança do ambiente e da rede, sustentando a continuidade das operações e dos negócios suportados por elas. Por outro lado, existe a constante preocupação com a redução do volume de resíduos sólidos no meio ambiente aliada à redução de custos em novas aquisições.

O Relatório Global de Riscos 2019, publicação do Fórum Econômico Mundial (WEF, World Economic Forum), se concentra explicitamente neste lado humano dos riscos globais, olhando em particular para o papel desempenhado pelas complexas transformações globais em curso: sociais, tecnológicas e laborais. Os resultados demonstraram que os riscos ambientais têm desempenhado um importante papel no panorama de riscos globais para pessoas, governos e empresas.

Consoante principalmente ao risco “desastres provocados pelo homem”, em 02 de Agosto de 2010 foi sancionada a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A legislação traz várias inovações ao instituir o conceito da logística reversa e dos acordos setoriais. Além disso, se propõe a organizar as informações sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, trazendo os Planos de Resíduos como um instrumento de planejamento para o setor. A mesma lei define no Artigo 3º do Capítulo II que o ciclo de vida do produto é uma série de etapas que envolvem o desenvolvimento

do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final. Afirma também que a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos é um conjunto de atribuições encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores finais e dos serviços de limpeza urbana.

Rotineiramente as organizações, tanto públicas quanto privadas, precisam lidar com a problemática referente ao ciclo de vida dos ativos de TI adquiridos por elas. Em se tratando de empresas que já recebem o produto pronto para consumo, a preocupação é concentrada no correto uso do bem e nas estratégias para prolongar seu tempo de vida útil - atualizações e revitalizações, por exemplo - de modo a evitar novos custos com aquisições de equipamentos e postergar a fase de descarte final, minimizando o volume de resíduos sólidos e rejeitos despejados no meio ambiente.

Tendo em vista que o presente estudo concentra-se em uma instituição financeira, sob a forma de empresa pública, faz-se necessário estabelecer critérios para a periodicidade de substituição, realocação e descarte de equipamentos de TI, ao tempo que se observa os princípios da administração pública regidos pela Lei 13.303/16, que dispõe sobre as licitações e contratos administrativos da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

A Lei 13.303/16, na redação de seu Artigo 31, afirma que as licitações realizadas e os contratos celebrados por empresas públicas e sociedades de economia mista destinam-se a assegurar a seleção da proposta mais vantajosa, inclusive no que se refere ao ciclo de vida do objeto, e a evitar operações em que se caracterize sobrepreço ou superfaturamento, devendo observar os princípios da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da eficiência, da probidade administrativa, da economicidade, do desenvolvimento nacional sustentável, da vinculação ao instrumento convocatório, da obtenção de competitividade e do julgamento objetivo.

Considerando o exposto acima, referente à eficiência nas contratações públicas e ao impacto ao meio ambiente que uma nova aquisição bem como o descarte de um equipamento antigo acarreta, o presente artigo propõe a avaliação do ciclo de vida dos ativos de TI de uma instituição financeira pública nacional com base na Análise de Decisão Multicritério (MCDA). A aplicação da análise multicritério pretende suportar a tomada de decisão e trazer melhoria do processo de gestão de ciclo de vida dos ativos de TI a medida que a empresa atende as legislações vigentes, bem como as necessidades de negócios e de impactos ao meio ambiente.

A pesquisa compõe oito seções. A primeira contém esta Introdução. A segunda apresenta o estabelecimento do contexto. A terceira versa sobre o referencial teórico. A quarta trata da revisão da literatura. A quinta aborda a metodologia utilizada. E na sexta, sétima e oitava seções realiza-se a aplicação do método escolhido, analisa-se os resultados e, por fim, encerra-se com as conclusões e sugestões de trabalhos futuros. Sendo que ao final do estudo deverá ser possível realizar a avaliação do ciclo de vida de cada tipo de equipamento instalado na organização, e concluir se a adoção do modelo multicritério de apoio à decisão aliado às ferramentas computacionais escolhidas para a aplicação do estudo, trará ganhos significativos de eficiência para os processos de contratação e gestão de ativos de TI da instituição analisada.

2 ESTABELECIMENTO DE CONTEXTO

A organização analisada é uma instituição financeira, sob a forma de empresa pública, vinculada ao Ministério da Fazenda. Instituição integrante do Sistema Financeiro Nacional e auxiliar da execução da política de crédito do Governo Federal, sujeitando-se às decisões e à disciplina normativa do órgão competente e à fiscalização do Banco Central do Brasil. Referente às contratações de bens e serviços, a organização é regida pelas Lei 13.303/16 – Licitações e Contratos Administrativos e Lei 10.520/02 - Pregão, para aquisição de bens e serviços comuns.

Em relação aos bens e serviços de informática, o Acórdão 1598/2006 Plenário do TCU orienta que as empresas públicas abstenham-se de proceder à aquisição de bens e contratação de serviços de informática sem a prévia análise de sua necessidade, realizando, para esse fim, estudos detalhados, levantamento e planejamento adequados para cada setor, mediante Plano Diretor de Tecnologia de Informação.

Consoante, a Portaria MP/STI nº 20, de 14 de junho de 2016, que dispõe sobre orientações para contratação de soluções de Tecnologia da Informação no âmbito da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências, informa que as contratações devem ser precedidas por processo de planejamento específico alinhado ao Plano Diretor de Tecnologia da Informação e Comunicações (PDTIC) do órgão e aderente às políticas de aquisição, substituição e descarte de equipamentos constantes da Instrução Normativa SLTI/MP nº 1, de 19 de janeiro de 2010, da Instrução Normativa SLTI/MP nº 4, de 11 de setembro de 2014, e do Decreto nº 99.658, de 30 de outubro de 1990. Partindo dessa premissa, atualmente existem três

situações que definem a necessidade de aquisição de recursos tecnológicos dentro da organização estudada:

1. **Alteração de regras de negócio:** compreende a aquisição de novos equipamentos ou novos softwares ou desenvolvimento de novos sistemas para implantação de novos projetos ou processos;
2. **Cumprimento de legislação:** compreende a aquisição de novos equipamentos ou novos softwares ou desenvolvimento de novos sistemas para adequação ou cumprimento de novas exigências impostas pelas legislações.
3. **Término do Ciclo de Vida:** compreende a aquisição de novo equipamentos novos softwares, novas versões de softwares ou desenvolvimento de sistemas em novas plataformas, com a finalidade de substituir aqueles que não atendem mais satisfatoriamente as necessidades negociais da empresa, referente ao desempenho e/ou compatibilidade com outros softwares, sistemas e plataformas tecnológicas.

Dentre as situações citadas acima, o término do ciclo de vida do ativo de TI é a mais difícil de ser justificada, pois não existe atualmente a aplicação de um método para determinar o fim da vida útil de um ativo de TI ou para definir que ele ultrapassou o seu ciclo de vida. Com o intuito de prolongar a vida útil de um equipamento, por exemplo, pode-se ter o seu desempenho melhorado por meio de uma atualização tecnológica, em geral de memória e/ou HD, ou de algum componente externo; ou, após o vencimento da garantia, ser alvo de um contrato de manutenção, para cobertura de defeitos e substituições de peças até que seja declarado inservível para as atividades da empresa. Por tudo isso, descrevemos abaixo as cinco estratégias que são empregadas na organização na gestão do ciclo de vida dos ativos de TI, e que foram consideradas na aplicação do modelo proposto.

- I. **Novo contrato de manutenção:** Decisão por manter os equipamentos no parque por mais um período, usualmente de 24 meses, sendo que a empresa fica responsável por recuperar o equipamento de qualquer defeito que venha a apresentar no período do contrato desde que não sejam defeitos causados por desastres naturais, sinistros, vandalismos ou qualquer outro incidente que seja caracterizado como mau uso.
- II. **Novo contrato de aquisição:** Decisão pela substituição dos equipamentos considerados obsoletos. Ao escolher essa opção, é realizado novo contrato de aquisição com garantia, em geral pelo período de 36 a 60 meses, a depender do tipo de equipamento, e também, desde a promulgação da Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos, a

operação de *Trade In* é adotada para a destinação dos equipamentos obsoletos que estão sendo desinstalados.

III. Atualização tecnológica: Decisão por prolongar o tempo de vida útil do equipamento substituindo peças ou componentes. Em geral são substituídos peças e componentes que foram descontinuados pelo fabricante e que estão impactando o processo de manutenção dos equipamentos. A atualização tecnológica também considera os componentes que mais auxiliam na melhoria de desempenho do equipamento de acordo com os requisitos de software e sistemas utilizados no momento da avaliação.

IV. Contrato de *Outsourcing* ou *Locação*: Decisão por sub-contratação de serviços, com o intuito de disponibilizar os recursos tecnológicos para atendimento das necessidades dos processos e departamentos da empresa, sem realizar uma aquisição. Essa opção pode ser utilizada para cobrir o período em que o processo de contratação está sendo instruído ou ser a solução definitiva. E, por último,

V. Descarte sustentável ou doação: Decisão pela declaração de inservibilidade dos ativos de TI que não são mais necessários ou adequados para uso na organização, por ocasião de alterações em regras de negócio ou por não serem mais compatíveis com os softwares, sistemas e regras de segurança. Essa estratégia pode ser necessária também quando se realiza um contrato de aquisição para substituição de equipamentos obsoletos. Nessa situação, o descarte ecológico em cumprimento à Lei nº 12.305/10 é de responsabilidade da empresa contratada, por meio da operação de *Trade In*. Em relação à doação, é realizada para os contratos que não possuem previsão de *Trade In* e para aqueles equipamentos que podem ainda ser úteis para a execução de projetos sociais voltados principalmente à inclusão digital.

Os períodos de garantia e de vigência dos contratos são definidos de acordo com o tipo de equipamento e com a estratégia da organização. O cenário atual padrão da organização prevê contratos de aquisição com garantia de 60 meses, visto que a garantia da fabricante cobrirá todo o período de vida útil do equipamento, de modo a não ter o risco de ficar sem cobertura contratual ou com falta de peças no mercado para reparos técnicos. Alguns equipamentos mais robustos possuem expectativa de vida útil maior e necessitam ainda de contratos de manutenção após o vencimento da garantia. A respeito desse assunto, o documento “Orientações para elaboração e ajuste de especificações técnicas de ativos de TI” do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, define que os ativos de TI devem ser adquiridos com garantia de funcionamento provida pelo fornecedor durante sua vida útil, salvo quando justificado o contrário. O mesmo

documento esclarece que tal procedimento se justifica pelo fato de que, de forma geral a contratação, a posteriori, de serviços de manutenção para ativos fora de garantia, é mais onerosa para a Administração Pública do que quando o bem é adquirido com garantia para toda sua vida útil.

Ainda, os contratos de manutenção têm seus custos elevados na medida em que os bens mantidos se tornam obsoletos. Ou seja, quanto mais antigo for o ativo de TI, menor seu valor comercial e maior será seu custo de manutenção, devido à dificuldade de provimento de peças de reposição e do maior risco do fornecedor descumprir os níveis de serviço exigidos para reparo desses equipamentos. Ressalta-se que as novas aquisições estão sendo realizadas com a modalidade de Trade in, de modo a vender os equipamentos obsoletos para a empresa contratada, valor que é descontado da compra do novo equipamento. Nessa operação a empresa contratada não pode realizar o reaproveitamento das peças e componentes, visto já ter sido declarado o término do ciclo de vida útil. Sendo obrigatória a realização de descarte ambiental e logística reversa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 GESTÃO DE ATIVOS DE TI

Segundo a Norma NBR ISO 55000 - Gestão de ativos — Visão geral, princípios e terminologia (2014), a Gestão de Ativos é a atividade que prioriza os investimentos e concentra esforços nos ativos mais críticos, que sustentam os processos da organização para obter máximo valor, o que normalmente envolve equilibrar custos, riscos, oportunidades e desempenhos, além de coordenar as atividades financeira, de operação, de manutenção, de gestão do risco e outras relacionadas. De acordo com Souza (2009), o desempenho de um ativo é medido pela confiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e capacidade. A NBR 5462 (1994) define estes conceitos como:

- I. **Confiabilidade:** capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições específicas, durante certo intervalo de tempo;
- II. **Disponibilidade:** capacidade de um item estar em condições de executar certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, supondo que os recursos externos requeridos estejam assegurados;
- III. **Capabilidade:** capacidade de um item atender a uma demanda de serviço de determinadas características quantitativas, sob dadas condições internas;

IV.Mantenabilidade: capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar sua função requerida, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos;

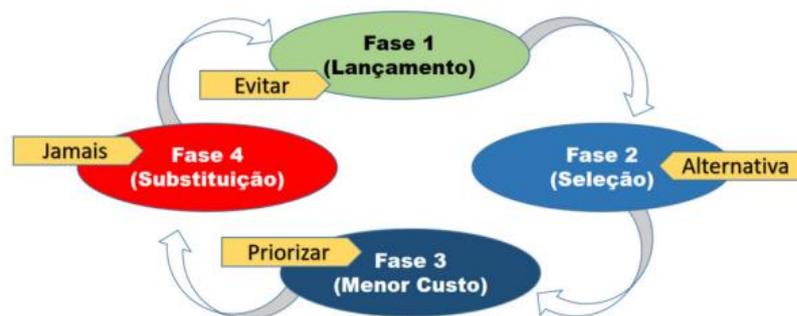
A NBR ISO 55000 (2014) define também que a vida de um ativo corresponde ao período compreendido desde sua criação até o fim de sua vida (não necessariamente a vida de um ativo termina quando este é retirado de operação e descartado). O ciclo de vida se inicia ao identificar a necessidade de um ativo, seguindo das fases de especificação, desenvolvimento, projeto e fase de concepção até a construção, aquisição e instalação, chegando à fase de operação e manutenção, terminando na fase de desativação e desmontagem do equipamento ou quaisquer responsabilidades posteriores sobre ele.

3.2 CICLO DE VIDA DOS ATIVOS DE TI

O documento “Orientações para elaboração e ajuste de especificações técnicas de ativos de TI” do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, esclarece que as especificações técnicas dos bens ou serviços de TI a serem contratados devem expressar as necessidades da Administração Pública. São as especificações técnicas que, em última instância, comunicam a todas as partes envolvidas – ao cidadão, aos licitantes e à própria administração pública – a conformidade do resultado esperado com o interesse público. Desse modo, é essencial que as especificações técnicas restrinjam-se àquelas necessárias ao alcance dos resultados e objetivos pretendidos nas compras públicas.

Segundo o mesmo documento, para se garantir economicidade nas aquisições de ativos de TI, deve-se buscar definir as especificações técnicas de modo a posicionar a aquisição adequadamente dentro do ciclo de vida do bem. De forma geral, o ciclo de vida dos ativos de TI obedece a quatro fases, conforme Figura 1 abaixo:

Figura 1: Diagrama – Fases do Ciclo de Vida dos Ativos



(Fonte: Documento de orientação da Secretaria de Governo Digital do Ministério do Planejamento (Anexo da Portaria STI/MP 20/2016))

I.Fase 1: Lançamento. Nesta fase, os ativos de TI são naturalmente mais caros por representarem produtos recentemente lançados no mercado e que encontram-se na vanguarda da tecnologia. Normalmente há poucas opções de fornecedores disponíveis no mercado e alguma dificuldade na manutenção e reposição. A aquisição de ativos de TI nesta fase do ciclo de vida deve pautar-se na justificativa da necessidade de provimento de serviços altamente diferenciados em desempenho e/ou capacidade e que não possam ser providos por ativos que se encontrem na fase de Menor Custo ou alternativamente na fase de Seleção.

II.Fase 2: Seleção. Neste momento os ativos de TI têm menor custo se comparados à fase anterior, alta capacidade de customização e níveis crescentes de padronização e de suporte.

III.Fase 3: Menor Custo. Neste momento os ativos de TI estão altamente comoditizados, atingindo seu menor custo de comercialização, tanto para aquisição como para manutenção, possuem alta capacidade de customização, alta padronização e adequado suporte de mercado.

IV.Fase 4: Substituição. Representa a última fase no ciclo de vida dos bens de TI. Normalmente, os ativos de TI nesta fase têm baixa comercialização e alto custo de manutenção. São compostos normalmente pelos ativos que fazem parte do legado tecnológico da instituição.

O documento ainda recomenda que a estratégia de aquisição dos ativos de TI deve ser trabalhada de forma a implementar uma política de substituição e descarte, visando não incorrer em custos elevados de manutenção de tecnologia já obsoleta. Recomenda-se, portanto, que as aquisições dos ativos de TI sempre ocorram para bens posicionados na fase 3 – Menor Preço ou alternativamente na fase 2 – Seleção do ciclo de vida, não devendo jamais ocorrer para ativos posicionados na fase 4 – Substituição e somente em caso de necessidade muito bem justificada pelo gestor venham a ocorrer na fase 1 – Lançamento do ciclo.

3.3 TÉCNICAS PARA A AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

Para a avaliação do ciclo de vida dos ativos de TI, existem algumas técnicas disponíveis na literatura, que são utilizadas de acordo com os objetivos da análise. As mais utilizadas são a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), o Custo Total de Propriedade (TCO) e a Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (CCV).

De acordo com Assis e Julião (2009), resumidamente, a ACV é uma ferramenta que incide principalmente sobre as questões ambientais, e não se debruça sobre os demais custos. A TCO é sobretudo uma ferramenta que procura apurar o custo verdadeiro da compra de um determinado ativo, que não considera os custos de operação. Sendo portanto mais usada para selecionar e avaliar fornecedores. E, por último, por sua abrangência, o CCV é provavelmente a ferramenta mais relevante para gestão de custos de ativos nas empresas. Contudo, o presente estudo propõe utilizar uma quarta técnica - a análise multicritério - para avaliar o ciclo de vida dos ativos de TI.

4 REVISÃO DA LITERATURA

Não foram encontrados estudos relacionados à gestão de ativos de TI e seu ciclo de vida vinculados à eficiência nos processos de compras públicas. Estudos anteriores envolvendo a avaliação do ciclo de vida de ativos de TI, equipamentos de TI ou equipamentos eletrônicos demonstraram profunda preocupação com os impactos ambientais tanto durante as fases de fabricação e vida útil quanto na fase de descarte.

Matthews and Axelrod (2004) citam três estudos de caso de mudança nas práticas de compras da Prefeitura de Seattle (EUA) considerando o ciclo de vida dos equipamentos adquiridos. O estudo concentrou-se na postura dos fornecedores de equipamentos de TI em relação ao ciclo de vida sustentável de seus produtos. Choi et al (2006) focam na eficácia dos métodos atuais de reciclagem de componentes – partes dos microcomputadores – na redução do impacto ambiental. O estudo abrange todo o ciclo de vida do produto, incluindo fabricação de peças e componentes elétricos, montagem do equipamento, transporte, uso e descarte, utilizando a avaliação de ciclo de vida (ACV) propostos pela ISO 14040.

Da mesma forma, Duan et al (2008) escolhem a aplicação da avaliação do ciclo de vida (ACV) para investigar o desempenho ambiental dos produtos eletrônicos chineses em nível global. O estudo também foi baseado na ISO 14040, utilizando o indicador Eco 99 como método de avaliação de impacto do ciclo de vida e o método CML para estimativa da influência da escolha do método de avaliação no resultado. Yao et al (2010) resumem as descobertas das avaliações de ciclo de vida (ACV) comumente citadas dos produtos de Tecnologia da informação e comunicação (TIC) e notam que a falta de conclusões consistentes e dados precisos limita a eficácia da ACV na influência das decisões de estratégia.

Teehan and Kandlikar (2012) investigam o consumo de energia nas diferentes fases do ciclo de vida de computadores do tipo Desktop para verificarem qual é a fase que tem maior demanda de energia primária, e, portanto, maior contribuição nas mudanças climáticas. E por último, Longo e Sakata (2017) destacam a importância da análise do Custo Total de Propriedade, ou Total Cost Ownership (TCO), especialmente para a gestão de investimentos em Tecnologia de Informação (TI). O objetivo de pesquisa foi elaborar um *framework* com pesquisas sobre o TCO e propor um instrumento para auxiliar nas decisões envolvendo os gastos e investimentos em (TI), contudo, apesar de levar em consideração, o estudo não é focado na avaliação do ciclo de vida dos equipamentos.

Ademais, não foram encontrados estudos anteriores relacionando a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) à Avaliação do Ciclo de Vida de ativos de TI. Outros estudos relevantes envolvendo a aplicação do método MCDA na avaliação de ciclo de vida de outros tipos de produtos e processos estão relacionados abaixo.

Rogers, Seagers and Linkov (2008) propuseram associar as ferramentas de avaliação de impacto do ciclo de vida com uma das técnicas de análise de decisão multicritério para explorar espaços de peso incertos. Foi analisado brevemente o estado da arte atual da avaliação de impacto na ACV e comparou-se os resultados usando o método TRACI da Agência de Proteção Ambiental dos EUA com a aplicação do método AHP. Por outro lado, Niekamp et al (2014) desenvolveram uma estrutura de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) que incorpora critérios de sustentabilidade ao longo de todo o ciclo de vida. Os critérios de Custo do Ciclo de Vida (CCV) e Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) são discutidos em profundidade. Esses critérios fornecem uma combinação dos custos e impactos ambientais que ocorrem ao longo das fases de vida de um ativo industrial.

Zanghelini, Cherubini e Soares (2017) demonstraram que o MCDA pode ser aplicado em três momentos diferentes nas etapas da ACV: na avaliação do impacto no ciclo de vida (AICV) para analisar as compensações entre categorias de impacto, categorias de danos ou a pontuação da ACV com outras dimensões; na etapa Inventário do ciclo de vida (ICV), para interpretar aspectos do inventário (como geração de resíduos); e na etapa de definição de Meta e Escopo para identificar categorias e aspectos de impacto de Inventário de Ciclo de Vida (ICV).

Domingues et al (2015), o artigo que foi utilizado como base para a presente pesquisa, propõe uma metodologia para classificar veículos de acordo com seus impactos

ambientais. A classificação é baseada na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) utilizando indicadores de avaliação de impacto do ciclo de vida e os indicadores de operação do veículo, que são agregados usando um método de Análise de Decisão Multicritério (MCDA). O método ELECTRE TRI foi escolhido para a classificação MCDA. A discussão sugere que essa metodologia pode ser útil para um tomador de decisões que deseja classificar os veículos de acordo com seus impactos ambientais.

5 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO

Tendo em vista a importância da avaliação do ciclo de vida para a melhoria do processo de gestão de ativos de TI e da eficiência dos processos de contratação da organização, e considerando que atualmente as decisões dentro desses processos não seguem nenhum método ou *framework*, é apresentado neste trabalho um modelo de decisão multicritério para apoiar tal avaliação.

Segundo Belton e Stewart (2002), critério é um padrão de julgamento, por meio do qual uma determinada linha de ação pode ser considerada mais benéfica do que outra. Nas situações em que há um número considerável de padrões de julgamento, conflitantes entre si, as diferentes opções de escolha torna-se um problema de tomada de decisão multicritérios (MCDM – Multiple Criteria Decision Making). Para tanto, a Análise de Decisão Multicritério (MCDA) procura auxiliar o tomador de decisão na difícil tarefa de organizar e sintetizar uma grande quantidade de informação, reflexo de diferentes pontos de vista que geralmente mudam com o passar do tempo, de modo que ele se sinta confiante para tomar uma boa decisão, ciente de que todos os fatores ou critérios foram considerados na análise. Assim, o MCDA pode ser definido como um “conjunto de abordagens formais que buscam levar em conta explicitamente vários critérios para ajudar indivíduos ou grupos a explorar decisões que importam” (Belton e Stewart, 2002).

Tsoukiàs (2007) citado por Domingues et al. (2015) apresenta o MCDA como um processo que abrange as atividades de representar a situação do problema, descrevendo a finalidade do processo e os atores envolvidos, escolhendo um modelo de formulação de problemas, ou seja, declarando a situação do problema de maneira formal, construindo um modelo de avaliação - especificando alternativas a serem avaliadas e como elas são avaliadas - e aplicando esse modelo para derivar recomendações.

As diversas abordagens MCDA diferem entre si na construção e implementação do modelo. As abordagens têm em comum a necessidade de se identificar alternativas para serem consideradas na análise, definir critérios para avaliar estas alternativas e

encontrar alguma forma de medida que expresse a importância relativa dos critérios. A diferença entre as abordagens reside na forma como a informação é obtida e sintetizada para se desenvolver o modelo, bem como na maneira como o modelo é usado para apoiar o processo de tomada de decisão (Belton e Stewart, 2002).

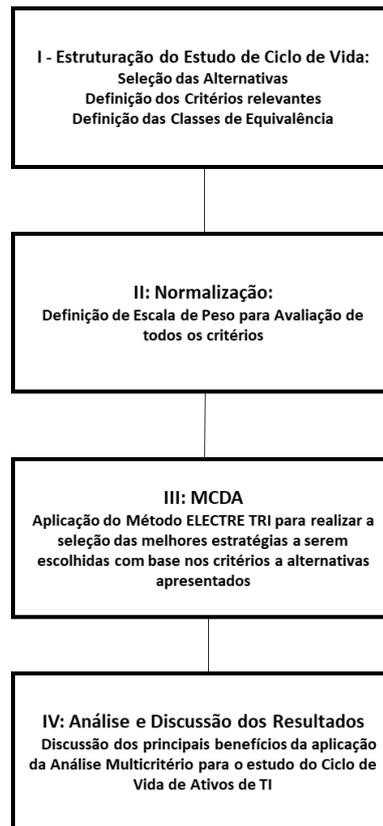
Szajubok, Mota e Almeida (2006) explica que quando modelamos um problema de decisão multicritério, várias problemáticas podem ser consideradas. Roy (1996) citado por Miranda e Almeida (2004) e por Szajubok, Mota e Almeida (2006) distinguiu quatro problemáticas básicas: escolha, classificação, ordenação e descrição, as quais descrevemos a seguir:

Dado um conjunto de alternativas A , a problemática de escolha, ou seleção ($P.\alpha$), consiste na escolha de um subconjunto $A' \subseteq A$, tão pequeno quanto possível, composto de alternativas julgadas como as mais satisfatórias. Problemas de otimização são casos particulares da problemática de escolha, em que A' fica restrito a uma única alternativa. Em contrapartida, a problemática de classificação ($P.\beta$) consiste em formular o problema de decisão de tal forma que distribua cada alternativa de A para uma categoria predefinida. A distribuição de uma alternativa a para sua categoria apropriada é devida ao valor real intrínseco de a (e não da comparação de a com outras alternativas de A).

A problemática de ordenação ($P.\gamma$) consiste em estabelecer uma ordem de preferência (que pode ser parcial ou completa) no conjunto de alternativas A . Por fim, a problemática de descrição ($P.\delta$) descreve ações formal e sistematicamente, com suas conseqüências em termos de qualidade e quantidade, ou propõe uma metodologia baseada no procedimento cognitivo, que pode ser usada repetidamente.

Neste trabalho é considerada a problemática de classificação ($P.\beta$), e portanto, utilizamos um método de sobreclassificação – ELECTRE TRI - para incorporar as preferências estabelecidas pelo decisor diante dos critérios e das alternativas disponíveis. A Figura 2 representa o modelo de avaliação multicritério proposto:

Figura 2: Representação Conceitual do Modelo de Avaliação proposto



5.1 ELECTRE TRI

Dentre os vários métodos possíveis de classificação, o presente artigo utiliza o ELECTRE TRI, que é um método de classificação dentro da família ELECTRE - Elimination and Choice Translating algorithm (Roy, 1991). O ELECTRE TRI é um método multicritério de classificação, isto é, um método que aloca alternativas em categorias predefinidas ($P.\beta$). A alocação de uma alternativa resulta da comparação de a com perfis definidos de limites das categorias (Mousseau et al., 2001; Yu, 1992; citados por Miranda e Almeida, 2004).

Conforme Szajubok, Mota e Almeida (2006), os métodos de sobreclassificação, também denominados métodos de subordinação (termo em inglês: *outranking*), fundamentam-se na construção de uma relação de sobreclassificação que incorpora as preferências estabelecidas pelo decisor diante dos critérios e das alternativas disponíveis. Segundo Roy (1974) citado por Szajubok, Mota e Almeida (2006), a relação de sobreclassificação S é uma relação binária definida em A tal que aSb se a é pelo menos tão boa quanto b . Em outras palavras, uma alternativa a supera outra alternativa b se, ao considerar todas as informações disponíveis sobre o problema e as preferências dos

decisores, há um argumento forte o suficiente para sustentar a conclusão de que a é pelo menos tão bom quanto b e nenhum argumento forte que prove o contrário.

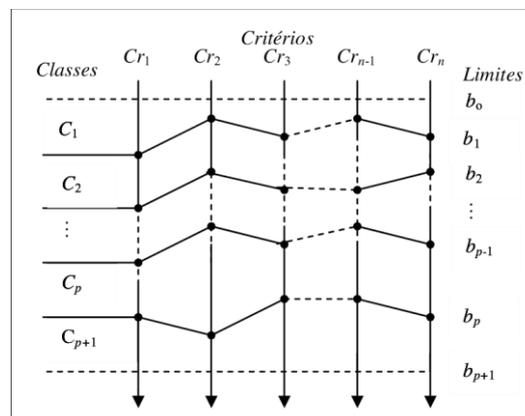
Ainda de acordo com Szajubok, Mota e Almeida (2006), o método ELECTRE TRI considera a problemática b ($P. \beta$), que classifica as diversas alternativas para a solução de um problema por meio da comparação de cada alternativa potencial com uma referência estável (categorias). Os autores complementam que sendo conhecidas as alternativas de referência (ou perfis): b_1, b_2, \dots, b_p e os critérios: g_1, g_2, \dots, g_n definem-se $(p+1)$ categorias: C_1, C_2, \dots, C_n . Para um dado critério g , a alternativa a será localizada em uma determinada categoria, em função de sua avaliação.

Sendo assim, a formulação do modelo ELECTRE TRI é precedida das seguintes denotações:

- I. Conjunto das Ações: $A=\{a_1,a_2,a_3,\dots,a_n\}$,
- II. Conjunto de critérios de avaliação: $G=\{g_1,g_2,g_3,\dots,g_m\}$ e
- III. Conjunto de Categorias: $C=\{C_1,C_2,C_3,\dots,C_h,\dots, C_q\}$.

A classificação das alternativas neste estudo é feita mediante um procedimento otimista, ou seja, as categorias são ordenadas de forma que C_1 represente a pior categoria e C_{p+1} , a melhor categoria. Considera-se b_p como sendo o limite superior da categoria C_p , e o limite inferior da categoria C_{p+1} . Além disso, $B= \{b_1, b_2, \dots, b_q\}$ é o conjunto de $q+1$ perfis de referência. A estrutura de preferência com pseudocritérios –modelo com duplo limiar p_j e q_j , evita uma passagem repentina entre a indiferença e a preferência estrita, existindo uma zona de hesitação, conforme pode-se observar na Figura 3 abaixo:

Figura 3: Classes e limites no método ELECTRE TRI



Fonte: Adaptado de Mousseau, Slowinski e Zielniewikz (2000)

Para construção do índice de concordância $cj(ai,bh)$ dois limiares estão associados à gj , e representam as informações intra-critério: o limiar de preferência e o de indiferença, pj e qj , respectivamente, onde $pj > qj > 0$. qj especifica a maior diferença $gj(a) - gj(bh)$, que preserva a indiferença entre a e bh no critério gj e pj representa a menor diferença $gj(a) - gj(bh)$, compatível com uma preferência de a no critério gj .

Mais detalhes do método ELECTRE TRI podem ser encontrados em Belton (2002) e Yu (1992). Também são encontradas na literatura diversas aplicações do ELECTRE TRI em outras áreas, tais como: Classificação da satisfação de clientes; Avaliação de programas de pós-graduação; classificação de estoques na construção civil; avaliação de riscos em contratos de prestação de serviços, dentre outros (Costa e Freitas, 2005; Miranda & Almeida, 2003; Szajubok, Mota e Almeida, 2006; Queiroz, 2011). Em suma, todas as problemáticas que possuem alternativas que necessitam de classificação podem utilizar o método Electre Tri para apoio decisório.

6 APLICAÇÃO DO MODELO

Esta seção apresenta o detalhamento do processo de construção do modelo de avaliação do ciclo de vida dos Ativos de TI com base no método de classificação ELECTRE TRI. Este método separa o conjunto de alternativas potenciais em classes ou categorias definidas previamente, que no presente estudo equivalem as possíveis estratégias que a organização pode estabelecer em relação aos equipamentos sob sua gestão.

A escolha do método está relacionada ao fato do estudo apresentar um problema de avaliação de alternativas à luz de múltiplos critérios, o qual envolve julgamentos subjetivos dos tomadores de decisão. Neste tipo de ambiente, imprecisões podem originar escolhas inadequadas. Sendo assim, as fases de estruturação do modelo, sugeridas por Costa e Freitas, 2005, citado por Nascimento (2018), para a utilização do método ELECTRE TRI são descritas na sequência.

6.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

As alternativas identificadas para a aplicação do modelo proposto são os diferentes tipos de equipamentos que compõem atualmente o parque de equipamentos instalados da organização. Assim, foram escolhidos sete tipos de equipamentos, representados por aqueles que possuem maior volume no parque. Outros ativos de TI podem ser incluídos dentro da mesma problemática.

Tabela 2: Alternativas para o Modelo Proposto

ALTERNATIVAS PARA O MODELO PROPOSTO			
ALTERNATIVA	ATIVO DE TI	TIPO DE EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO
A1	Equipamento 1	Microcomputador Desktop	Equipamento do tipo microcomputador pessoal composto por Gabinete, Monitor, Mouse, Teclado e demais componentes necessários para as rotinas de trabalho nos pontos de atendimento bancário e nos escritórios administrativos.
A2	Equipamento 2	Notebook / Ultrabook	Microcomputador Portátil, utilizado por funcionários que detêm cargo gerencial (supervisor, coordenador, gerente, superintendente) ou de direção (diretor, presidente) ou cargo de nível técnico especializado (consultor, advogado, engenheiro, dentre outros).
A3	Equipamento 3	Terminal Financeiro	Equipamento do tipo microcomputador pessoal composto por Gabinete, Monitor, Mouse, Teclado numérico/financeiro, Impressora Autenticadora, Leitora de Código de Barras, PIN PAD, Leitor Biométrico e Escâner para digitalização de cheques e boletos, utilizada nos guichês de caixa dos pontos de atendimento bancário.
A4	Equipamento 4	ATM / ATM Super Full / Cash Dispenser	Equipamento do tipo Caixa Eletrônica instalado nas Salas de Autoatendimento. São utilizados pelos clientes para realização de saque de numerário, emissão de extrato bancário, impressão de folhas de cheque (ATM Super Full), depósito de dinheiro ou cheque, dentre outros;
A5	Equipamento 5	Totem Dispensador Eletrônico de Senhas	Equipamento utilizado para a emissão de senhas de atendimento nos pontos de atendimento bancário, com o intuito de organizar as filas de espera de atendimento, bem como cumprir com as legislações que tratam do tempo de espera no atendimento nas agências bancárias.
A6	Equipamento 6	Thin Client	Microcomputador compacto, com baixa capacidade de processamento, para aplicações leves ou realizadas por um servidor.
A7	Equipamento 7	Cofre Eletrônico Reciclador	Equipamento utilizado para a gestão do numerário da unidade.

6.2 ESPECIFICAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Para a definição dos critérios considerou-se os objetivos do problema e os interesses dos tomadores de decisão. Os cinco critérios descritos na Tabela 3 são os principais fatores a serem avaliados para a elaboração de nota técnica de declaração de obsolescência dos equipamentos de TI da instituição. É importante relembrar que apesar desses critérios já serem utilizados atualmente, não há método específico para realizar tal classificação, apenas uso de decisão intuitiva.

Tabela 3 – Definição dos Critérios para o Modelo Proposto

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	FONTE	MÉTRICA
g1 - Tempo de Uso no parque	Período contado desde a data da efetiva instalação até a data de desativação/desinstalação definitiva.	Sistema de Controle de Atestes de Instalação: sistema utilizado para fins de pagadoria e controle de período de garantia dos contratos de TI	Meses contados a partir da data de instalação. Escala de 1 a 5, conforme detalhado na Tabela 6
g2 - Volumetria de Chamados	Equipamentos que estão no fim de sua vida útil e que ainda tem uma utilização muito intensa tendem a apresentar alto volume de falhas técnicas.	Sistema de Gerenciamento de Requisições: sistema utilizado para abertura de chamados técnicos e gerenciamento de ativos de TI.	Quantidade de requisições no período. Escala de 1 a 5, conforme detalhado na Tabela 6
g3 - Descontinuidade de componentes	Impossibilidade de manutenção dos equipamentos por ocasião da necessidade de substituição de peças que não estão mais disponíveis no mercado.	Site das empresas fabricantes.	Escala de 1 a 5, conforme detalhado na Tabela 6
g4 - Condições das instalações	As condições ambientais de instalação são corresponsáveis por prolongar ou reduzir o tempo de vida útil dos equipamentos.	Caderno de Diretrizes Ambientais	Escala de 1 a 5, conforme detalhado na Tabela 6
g5 - Impactos na segurança lógica	Incompatibilidade com os novos sistemas, softwares e componentes, e, por conseguinte não recebem as novas atualizações de segurança advindas deles.	Mapa de Riscos envolvendo os Ativos de TI (parque tecnológico instalado)	Escala de 1 a 5, conforme detalhado na Tabela 6

A próxima etapa consiste em definir uma escala de julgamento para o peso dos critérios. O peso indica a importância ou influência do critério no grau da classificação final dos decisores:

Tabela 4 – Escala de Pesos dos Critérios

Escala de Pesos dos Critérios	
PESO	ESCALA DE AVALIAÇÃO
1	Desprezível
2	Pouco relevante
3	Relevante
4	Muito relevante
5	Extremamente relevante

A seguir, a Tabela 5 mostra o peso de cada um dos critérios de acordo com a Escala de Julgamento dos Pesos e Critérios apresentada acima. Para a definição dos pesos, foi aplicado questionário aos especialistas que avaliaram os critérios selecionados e os potenciais riscos associados:

Tabela 5 – Pesos dos Critérios

CRITÉRIOS	PESO
g1 - Tempo de Uso no parque	5
g2 - Volumetria de Chamados	5
g3 - Descontinuidade de componentes	3
g4 - Condições das instalações	2
g5 - Impactos na segurança lógica	3

Como os critérios são qualitativos e heterogêneos, após estabelecer o peso, foi adotada uma escala específica para cada um deles. As escalas de avaliação na Tabela 6 consideram as Fases do Ciclo de Vida dos Ativos de TI propostas pela Secretaria do Governo Digital do Ministério do Planejamento, apresentada na Seção 2 deste artigo, exceto em relação ao Critério g4.

Tabela 6 – Descrição da Avaliação do Peso atribuído a cada critério

Critério g1: Tempo de Uso no Parque	
Peso	Escala de Avaliação
0	
1	Ativos nas Fases de Lançamento e Seleção, tempo de uso entre 0 e 12 meses
2	Ativos na Fase de Menor Custo, tempo de uso entre 13 e 36 meses
3	Ativos na Fase de Menor Custo, tempo de uso superior a 48 meses
4	Ativos na Fase de Substituição, tempo de uso superior a 60 meses
5	Ativos na Fase de Substituição, tempo de uso > ou = a 80 meses
Critério g2: Volumetria de Chamados	
Peso	Escala de Avaliação
0	
1	Ativos nas Fases de Lançamento e Seleção, não apresentou requisições técnicas no período
2	Ativos na Fase de Menor Custo, apresentou uma requisição no período
3	Ativos na Fase de Menor Custo, apresentou cinco ou mais requisições/defeitos no período
4	Ativos na Fase de Substituição, apresentou dez ou mais requisições/defeitos no período
5	Ativos na Fase de Substituição, apresentou vinte ou mais requisições/defeitos no período
Critério g3: Descontinuidade de Componentes	
Peso	Escala de Avaliação
0	
1	Ativos nas Fases de Lançamento e Seleção, possuem as últimas gerações de componentes
2	Ativos na Fase de Menor Custo, não possuem componentes descontinuados
3	Ativos na Fase de Menor Custo, possuem um componente descontinuado
4	Ativos na Fase de Substituição, possuem dois componentes descontinuados
5	Ativos na Fase de Substituição, possuem três ou mais componentes descontinuados
Critério g4: Condições das Instalações	
Peso	Escala de Avaliação
0	
1	Atende plenamente a todas as diretrizes de ambiência
2	Atende a todas as diretrizes, incluindo climatização, contudo necessita de adequações
3	Atende somente as diretrizes referentes às instalações lógicas, elétricas e instalação física e mobiliário
4	Atende somente aos critérios de instalação física/mobiliário
5	Não atende a qualquer um dos critérios de ambiência
Critério g5: Impactos na segurança da informação	

Pes
o

Escala de Avaliação

- 1 Ativos nas Fases de Lançamento e Seleção, possuem total compatibilidade com as últimas diretrizes de segurança, sendo que os recursos e serviços de segurança instalados não afetam o desempenho do equipamento.
- 2 Ativos na Fase de Menor Custo, possuem compatibilidade com as últimas diretrizes de segurança, sendo que os recursos e serviços de segurança instalados consomem muito pouco do desempenho do equipamento.
- 3 Ativos na Fase de Menor Custo, possuem compatibilidade com as últimas diretrizes de segurança, contudo, necessitam de atualização de memória ou mais espaço em disco para suportar os novos recursos e serviços instalados.
- 4 Ativos na Fase de Substituição, possuem compatibilidade com as últimas diretrizes de segurança, contudo, o desempenho é afetado e a atualização de componentes não é mais possível, devido a descontinuidade na linha de produção da fabricante.
- 5 Ativos na Fase de Substituição, não possuem compatibilidade com as últimas diretrizes de segurança, não tendo compatibilidade inclusive com a última versão do sistema operacional contratado.

6.3 IDENTIFICAÇÃO DAS CLASSES DE EQUIVALÊNCIA

Nesta etapa, deve-se identificar as classes de equivalência, bem como seus respectivos limites inferiores e superiores, que servirão de padrão para a classificação das alternativas sob análise. As classes são as diferentes estratégias que podem ser adotadas pela organização para a gestão do ciclo de vida dos ativos de TI. Essas estratégias já foram detalhadas na Seção 1.1.

Tabela 7 – Classes de Equivalência

CLASSE	ESTRATÉGIA	DESCRIÇÃO	Limite Inferior	Limite Superior
C1	Novo contrato de manutenção	Manter os equipamentos no parque por mais um período, usualmente de 24 meses	0	1
C2	Novo contrato de aquisição	Substituição dos equipamentos por serem considerados obsoletos.	1	2
C3	Atualização tecnológica	Prolongar o tempo de vida útil do equipamento substituindo peças ou componentes	2	3
C4	Contrato de <i>Outsourcing</i> ou Locação	Sub-contratação de serviços, ou seja, os equipamentos são fornecidos por uma empresa terceirizada. Nessa caso não há aquisição.	3	4
C5	Descarte sustentável ou doação	Declaração de inservibilidade dos ativos de TI que não são mais necessários ou adequados para uso na organização	4	5

6.4 LIMITES DE PREFERÊNCIA, INDIFERENÇA E VETO PARA CADA CRITÉRIO

Neste momento define-se os limites de preferência(p) e de indiferença(q). Tais limites permitem considerar as imprecisões resultantes das avaliações realizadas. Pode-

se definir ainda um limite de veto(v) associado a cada critério. Segundo Costa e Freitas (2005), citado por Nascimento (2018), este limite lida com o conceito de rejeição quanto à afirmação de que uma alternativa subordina um limite de classe (e vice-versa). Para este estudo, os valores dos limites de preferência (p), indiferença (q) e de veto (v) foram considerados iguais a zero, pois não são aplicáveis ao tipo de escala utilizada.

6.5 ATRIBUIÇÃO DO VALOR DE CADA ALTERNATIVA EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO

Nesta fase, emitem-se julgamentos de valor de cada alternativa em relação à cada critério. Para a aplicação do modelo, os especialistas responderam um breve questionário avaliando os sete ativos de TI selecionados, considerando a situação dos equipamentos que estão instalados atualmente na organização, em relação a cada um dos critérios atribuídos, de acordo com a escala de pesos definida nas Tabelas 4 e 6. Os pesos dos critérios consideram além das informações da Tabela 6, também informações inerentes aos processos, tais como a criticidade dos serviços e negócios suportados por aquele recurso tecnológico.

É importante ressaltar que foi considerada apenas uma alternativa de cada tipo de equipamento – ou seja, o modelo mais antigo instalado no parque. Contudo, o cenário real da organização prevê normalmente mais de um modelo do mesmo tipo de equipamento. A exemplo, pode-se citar os equipamentos do tipo notebook que possuem atualmente dois modelos em uso, oriundos de contratações diferentes. Um deles adquirido em 2012 e outro em 2014. Portanto, é possível num segundo momento, caso o modelo de avaliação e decisão proposto seja implementado pela organização, que se acrescente informações na Tabela 2, agregando alternativas ao modelo proposto.

Tabela 8 – Resultado Alternativas X Critérios

RESULTADO ALTERNATIVAS x CRITÉRIOS					
ALTERNATIVAS	CRITÉRIOS				
	g1	g2	g3	g4	g5
A1	5	4	1	2	3
A2	5	4	4	1	3
A3	5	5	5	5	5
A4	5	5	5	5	5
A5	5	5	5	2	3
A6	4	4	2	1	3
A7	4	5	4	3	5

6.6 APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE TRI

Para a aplicação dos cálculos do método ELECTRE TRI utilizou-se o software *Decision Deck-divz* e o algoritmo *method.ELECTRE-TRI* disponível no próprio software. Esse algoritmo permite três tipos de classificações: uma otimista (menos exigente), que tende a associar as alternativas às classes de melhor desempenho, a outra pessimista (mais exigente), que busca associar as ações às classes com pior desempenho, e ainda uma terceira que combina ambas as classificações, pessimista e otimista (exigência moderada). Além disso, os seguintes arquivos *.xml* foram criados para a execução do algoritmo:

Classes de Equivalência: contém as classes de equivalência definidas Tabela 7;

Pesos: contém os pesos atribuídos aos critérios definidos nas Tabelas 4 e 5;

Alternativas x Critérios: contém o peso de cada alternativa em relação a cada critério definidos na Tabela 8;

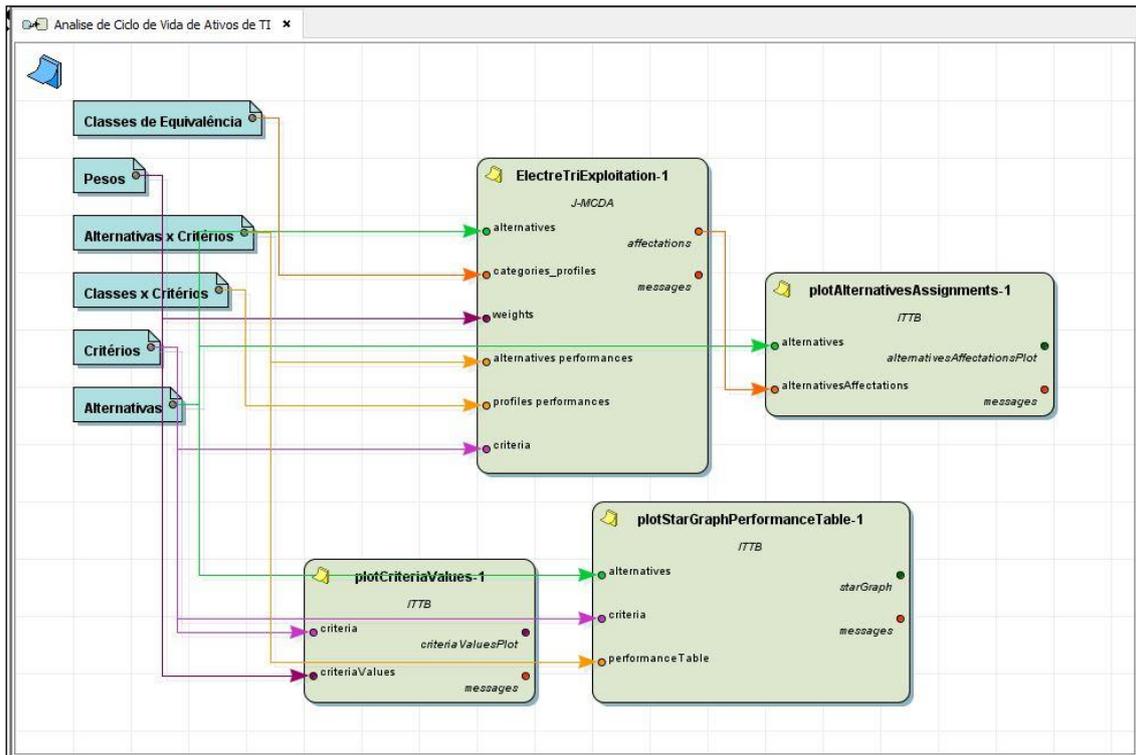
Classes x Critérios: contém os limites das classes de equivalência definidos na Tabela 7;

Critérios: contém os critérios utilizados no modelo, definidos na Tabela 3;

Alternativas: contém as alternativas utilizadas no modelo, definidas na Tabela 2.

Os arquivos descritos acima são utilizados como entrada para as seguintes funções contidas no algoritmo *method.ELECTRE-TRI* : *ElectreTriExploitation-1*, função principal, que realiza os cálculos do ELECTRE TRI; *plotStarGraphPerformanceTable1*, *plotCriteriaCalues-1* e *plotAlternativesAssignments-1*, funções secundárias que apresentam gráficos de análise do desempenho das alternativas, dos critérios e também dos resultados da classificação ELECTRE TRI. Segue o diagrama do algoritmo *method.ELECTRE-TRI* configurado para a classificação do presente estudo. Adiante são apresentados os resultados:

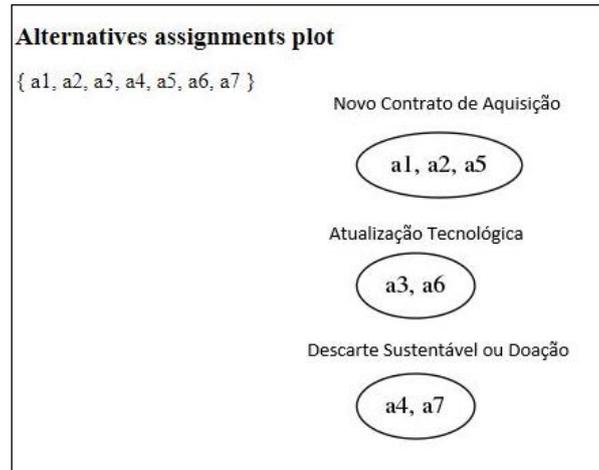
Figura 4: Diagrama do algoritmo method.ELECTRE-TRI configurado para a análise



Foi realizada a execução do algoritmo nos três tipos de classificação acima descritos, contudo não foi percebida qualquer diferença nos resultados. De acordo com Costa et al (2007), no caso do ELECTRE TRI, se tivesse ocorrido uma divergência entre as classificações indicaria uma incapacidade do sistema em comparar o elemento que está sendo classificado em pelo menos um dos perfis das classes de equivalência utilizadas. Esta incapacidade pode ser causada pelo avaliador, pelo modelo de classificação (incluindo o conjunto de critérios) ou pelo sistema de coleta de dados (incluindo as escalas utilizadas).

Sendo assim, como não houve divergência, temos apenas um resultado para a classificação. O resultado indica que as alternativas a1 – Microcomputador Desktop, a2 – Notebook e a5 – Totem Dispensador de Senhas estão incluídas na estratégia Novo Contrato de Aquisição; as alternativas a3 – Terminal Financeiro e a6 – Thin Client estão orientadas para a estratégia Atualização Tecnológica e, por fim, as alternativas a4 - ATM e a7 – Cofre Reciclador estão na categoria da estratégia Descarte Sustentável ou Doação, conforme pode-se notar na Figura 5 abaixo:

Figura 5: Resultado da Classificação utilizando o método Electre Tri



Ademais, por meio das funções secundárias do algoritmo method.ELECTRE-TRI tem-se o gráfico com a análise dos pesos dos critérios (Figura 6) e os gráficos da análise do desempenho de cada alternativa com base nos critérios estabelecidos (Figura 7):

Figura 6: Análise do desempenho dos critérios

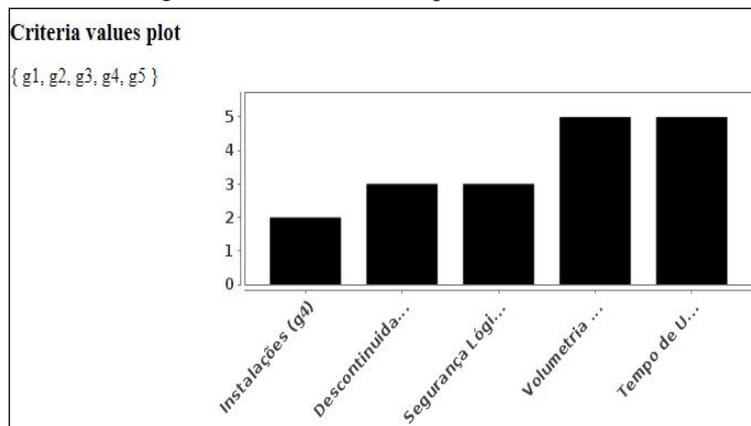
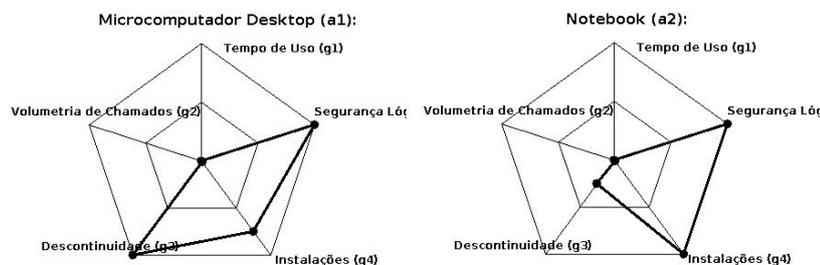
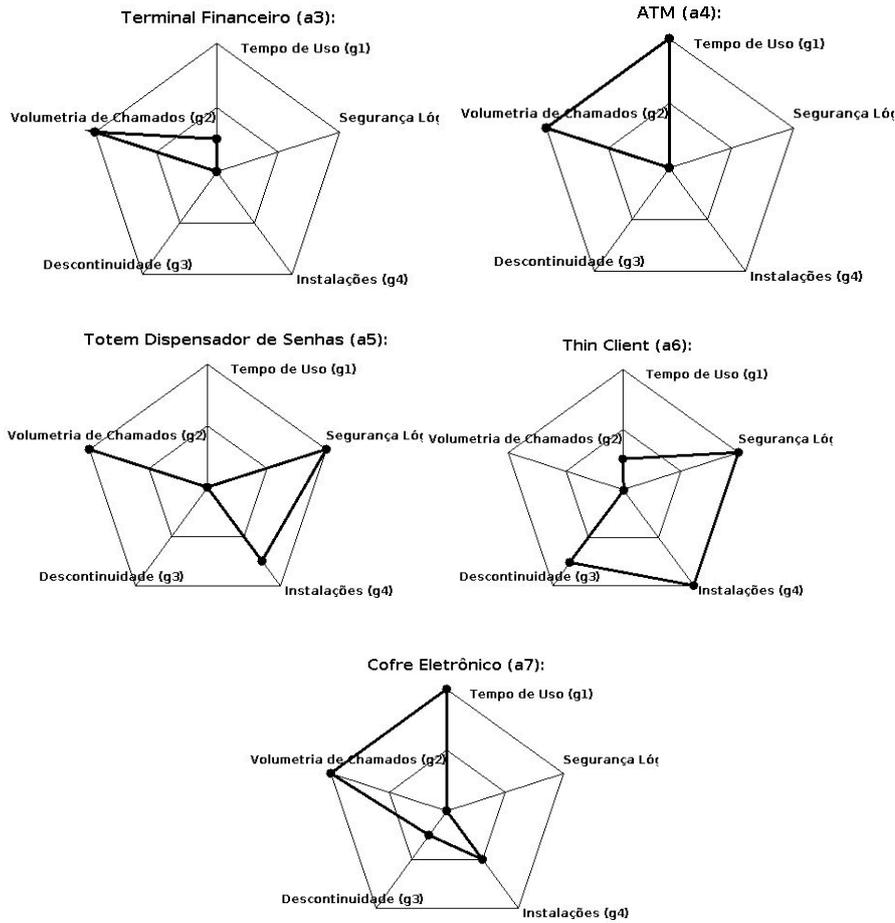


Figura 7: Análise do desempenho de cada alternativa com base nos critérios





7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme Costa e Freitas (2005) citado por Nascimento (2018), a última etapa do método ELECTRE TRI consiste em analisar os resultados obtidos. Nesta etapa, deve-se avaliar a classificação final encontrada, verificando inclusive, o grau de credibilidade destes resultados. O grau de credibilidade é uma medida da intensidade com que se pode "acreditar" na classificação obtida, sendo definido a partir de uma integração entre o conceito de concordância (o quanto o decisor concorda com a classificação) e o conceito de discordância (o quanto o decisor rejeita a classificação).

Quanto a isso, observou-se que nenhum dos equipamentos avaliados foi classificado nas estratégias "Contrato de Manutenção". É importante ressaltar que essa prática está ficando cada vez mais rara na organização, visto inclusive o documento "Orientações para elaboração e ajuste de especificações técnicas de ativos de TI" do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, citado na Seção 1. O referido documento define que os ativos de TI devem ser adquiridos com garantia de funcionamento provida pelo fornecedor durante sua vida útil, visto que a contratação de

serviços a posteriori é mais onerosa para a Administração Pública do que quando o bem é adquirido com garantia para toda sua vida útil.

Além disso, nenhum dos equipamentos foi classificado na estratégia “Contrato de *Outsourcing*”. Os contratos de *outsourcing* tem sua eficiência operacional comprovada na organização devido a existir já um contrato de *outsourcing* implantado para as impressoras de rede instaladas em todo o território nacional. Contudo, a relação de alternativas escolhida para o estudo não parece ter sido representativa para que a classificação indicasse essa estratégia. Como já citado anteriormente, é possível acrescentar novos tipos de equipamentos às alternativas do modelo para realizarmos a análise deles em relação aos critérios e as classes (estratégias) estabelecidas.

Ainda, Gomes, Gomes & Almeida (2002) citado por da Hora et al (2008) indicam que após a aplicação de um método multicritério, torna-se importante a realização de uma análise de sensibilidade, com o intuito de verificar de que forma as variações introduzidas nos parâmetros do método influenciam os resultados obtidos. A análise de sensibilidade procura responder a perguntas do tipo “WHAT-IF”, ou seja, “O que aconteceria com a decisão escolhida, se o panorama ou condições fossem outros” (Shimizu, 2006).

Sendo assim, a análise de sensibilidade foi realizada primeiramente variando-se os parâmetros dos pesos. Os pesos dos critérios foram alterados a fim de verificar a influência dos critérios na avaliação. Os pesos passaram para um escala de 1 a 9, sendo definidos como 1, 3, 5, 7 e 9. Com essa variação as alternativas a1, a2, a3, a5 e a6 foram classificadas na estratégia “Novo contrato de manutenção” e as alternativas a5 e a7 foram selecionadas para a estratégia “Descarte Sustentável ou doação”. Esses resultados indicam que os critérios tem grande influência na avaliação. Em um segundo momento foi realizada nova análise de sensibilidade alterando os limites estabelecidos para as classes, iniciando em 0,5 e chegando a 5. Essa variação não proporcionou resultados diferentes do cálculo original.

8 CONCLUSÃO

A preocupação constante com o planejamento de contratações de TI faz parte da rotina de qualquer grande organização, seja pública ou privada. No caso das instituições públicas, os grandes volumes de investimentos financeiros envolvidos, o cumprimento das legislações vigentes a respeito de compras públicas, bem como a obrigatoriedade do descarte ecologicamente sustentável, ganham cada vez maior relevância. E, nesse contexto, a utilização de métodos multicritério de apoio à decisão se destaca como

importante aliado aos gestores, que diante de situações complexas de decisão, não tendo um modelo definido para apoiá-los, precisam buscar informações implícitas e optar intuitivamente pela melhor alternativa

Considerando isso, o presente estudo focou na avaliação do ciclo de vida de ativos de TI, mais especificamente de equipamentos de TI, sob a gestão de uma instituição financeira nacional, de modo a propor um modelo para classificar os ativos de TI instalados e em uso em cinco categorias orientadas às estratégias de contratação – manutenção, aquisição, atualização tecnológica ou *outsourcing*, bem como a estratégia de realizar o descarte ambiental ou a doação para projetos de inclusão digital.

A classificação foi realizada pelo método multicritério *Electre Tri* com o auxílio do software *Decision Deck diviz*. Após a escolha do método, foram definidos as alternativas e os critérios do estudo. Para a definição das alternativas foram selecionados sete tipos de equipamentos de TI em razão da representatividade deles no parque de equipamentos da empresa. Os critérios foram escolhidos pelo grau de relevância que eles apresentam em relação as escolhas possíveis das demais estratégias de contratação.

Os resultados apresentados mostraram que os equipamentos do tipo microcomputadores desktop, notebooks e totem dispensadores de senhas atualmente instalados no parque de ativos de TI da organização estão orientados para um novo contrato de aquisição, ou seja, precisam ser substituídos. Os terminais financeiros e *thin clients* ficaram classificados na estratégia de atualização tecnológica, ou seja, são vistos como ativos de TI capazes de terem melhora de desempenho com a substituição de algum componente. E, por último, os ATMs e Cofres Eletrônicos ficaram classificados na estratégia Descarte Ecológico ou Doação.

Também foi realizada a análise de sensibilidade, com a alteração de parâmetros chave, para verificar a credibilidade do modelo com uma escala diferente de peso para os critérios bem como com limites distintos para as classes. Os resultados indicam que os critérios tem grande influência na avaliação, porém, em relação aos limites, a variação não proporcionou resultados divergentes do cálculo original.

Pelos motivos expostos acima, conclui-se que a utilização da análise multicritério e do método *Electre Tri* representa um diferencial no processo de avaliação de ciclo de vida de ativos de TI proposto nesta pesquisa, pois o seu uso permite que os gestores possam tomar suas decisões com maior eficiência, coerência e baseados em um método validado. A partir deste método, indicado para a problemática de ordenação, é possível obter uma classificação das alternativas relacionadas à melhor estratégia a ser adotada.

Sendo assim, é possível afirmar que a adoção do modelo multicritério de apoio à decisão aliado às ferramentas computacionais escolhidas para a aplicação do estudo, poderá trazer ganhos significativos de eficiência para os processos de contratação e gestão de ativos de TI da instituição analisada.

Para estudos futuros, diante das contribuições e resultados obtidos nesta pesquisa, pretende-se ampliar a aplicação para os ativos de TI do tipo software, alterando os critérios e as classes conforme necessário. Além de incluir a avaliação do ciclo de vida sob o aspecto dos impactos ambientais, explorando a gestão eficiente do ativos de TI e seu ciclo de vida como ferramenta de redução dos impactos indiretos da utilização de equipamentos de TI na organização.

REFERÊNCIAS

ASSIS, R.; JULIÃO, J. Gestão da manutenção ou gestão de activos? (Custos ao longo do ciclo de vida). 10º Congresso de Manutenção, Figueira da Foz, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. NBR ISO 14040. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Gestão de ativos — Visão geral, princípios e terminologia. NBR ISO 55000. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. Confiabilidade e manutenibilidade. ABNT NBR 5462. Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1994.

BELTON, V; STEWART, T. Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach. Kluwer, Boston. 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. Portaria Nº 20, de 14 de junho de 2016. Disponível em <<https://www.governodigital.gov.br/documentos-e-arquivos/legislacao/Portaria%20MP-STI%20no%2020%20de%2014%20de%20junho%20de%202016.pdf>> . Acessado em 10/11/2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. Orientações para elaboração / ajuste de especificações técnicas de ativos de TI – Versão 3. Disponível em <<https://www.governodigital.gov.br/transformacao/compras/documentos/Orientacoes%20Gerais.pdf>>. Acessado em 10/11/2019.

BRASIL. LEI Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Capítulo II: DOS Princípios e Objetivos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acessado em 05/11/2019.

BRASIL. LEI Nº 13.303, DE 30 DE JUNHO DE 2016. Seção II: Disposições de Caráter Geral sobre Licitações e Contratos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113303.htm> . Acessado em 05/11/2019.

BRASIL. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. Licitações e Contratos: Orientações e Jurisprudência do TCU. 4ª Edição. Brasília, 2010. Acórdão 1598/2006 Plenário. Disponível em <<https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/#/pesquisa/acordao-completo>>. Acessado em 07/11/2019.

CHOI. BYUNG-CHUI. LEE. SU-YOL. SHIN. HANG-SIK. HUR. Tak. Life Cycle Assessment of a Personal Computer and its Effective Recycling Rate. The International Journal of Life Cycle Assessment 11(2):122-128 · January 2006.

COSTA, H. G., MANSUR, A. F. U., FREITAS, A. L. P., & CARVALHO, R. A. (2007). ELECTRE TRI aplicado a avaliação da satisfação de consumidores. *Produção*, 17(2), 230-245

DOMINGUES, RITA; MARQUES, PEDRO; GARCIA, RITA; FREIRE, FAUSTO; DIAS, LUIS C. Applying Multi-Criteria Decision Analysis to the Life-Cycle Assessment of Vehicles. *Journal of Cleaner Production*, 107, 749-759, November 2015. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261500654X>>. Acessado em 30/10/2019.

DUAN. HUABO. EUGSTER. MARTIN. HISCHIER. ROLAND. STREICHER-PORTE. MARTIN. Life cycle assessment study of a Chinese desktop personal computer. *Science of The Total Environment* 407(5):1755-64 · February 2009. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/23651258_Life_cycle_assessment_study_of_a_Chinese_desktop_personal_computer. Acessado em 10/11/2019.

GARTNER GROUP. (2017). IT Glossary. Total Cost of Ownership (TCO). Disponível em: <<http://www.gartner.com/it-glossary/total-cost-of-ownership-tco/>> . Acessado em 10/11/2019.

MATTHEWS, D., AXELROD, S. Whole life considerations in it procurement. *Int J LCA* 9, 344–348 (2004) doi:10.1007/BF02979075. Disponível em <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02979075#rightslink>> . Acessado em 09/11/2019.

MIRANDA, CAROLINE MARIA GUERRA DE; ALMEIDA, ADIEL TEIXEIRA DE. Visão multicritério da avaliação de programas de pós-graduação pela CAPES: o caso da área engenharia III baseado no ELECTRE II e MAUT. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 51-64, Apr. 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2004000100005&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 02/12/2019.

NASCIMENTO. ROBERTA B. Modelo Multicritério de Avaliação da Maturidade em Gestão de Riscos. Dissertação. Universidade de Brasília, UnB. Brasília/DF. 2018. Disponível em <https://bce.unb.br/bibliotecas-digitais/repositorio/teses-e-dissertacoes/> . Acessado em 01/12/2019.

ROY B. (1996). *Multicriteria methodology for decision aiding*, Kluwer Academic, Dordrecht (Tradução de: *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, Paris, 1985).

SEGATE, F.M., IGARASHI, D.C.C., BORGES, B.J. (2019). Um estudo de pressupostos comportamentais nas relações contratuais de serviços de tecnologia de informação (TI). *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 8992-9012 jul. 2019 ISSN 2525-8761, DOI:10.34117/bjdv5n7-102.

SIMÃO, A., ALCOFORADO, L.F., FILGUEIRA, L., MEIRELLES JUNIOR, J.C. (2019). Uma análise multicritério dos indicadores econômico-financeiros de empresas da

construção civil. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 21659-21675 oct. 2019 ISSN 2525-8761, DOI:10.34117/bjdv5n10-312.

SZAJUBOK, NADIA KELNER; MOTA, CAROLINE MARIA DE MIRANDA; ALMEIDA, ADIEL TEIXEIRA DE. Uso do método multicritério ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil. *Pesquisa Operacional*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 625-648, Dec. 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382006000300010&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 02/12/2019.

TEEHAN. PAUL; KANDLIKAR. MILIND. Sources of Variation in Life Cycle Assessments of Desktop Computers. *Journal of Industrial Ecology*, Volume 16, Issue s1, Special Issue: Meta-Analysis of Life Cycle Assessments. Publicado em Abril de 2012, Pages S182-S194. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1530-9290.2011.00431.x>. Acessado em 10/11/2019.

WORLD ECONOMIC FORUM. (2019). *The Global Risks Report 2019 - 14th edition*. Geneva: World Economic Forum.

YAO. MARISSA A; HIGGS. TIM G; CULLEN. MICHAEL J; STEWART. SCOTT; BRADY. TODD A. Comparative Assessment of Life Cycle Assessment Methods Used for Personal Computers. *Environ. Sci. Technol.* 2010, 44, 19, 7335-7346. Publicado em 31 de Agosto de 2010. Disponível em <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es903297k>>. Acessado em 09/11/2019.

YU, W. (1992). *ELECTRE TRI - Aspects methodologiques et guide d'utilisation*. Paris: Université de Paris-Dauphine.

ZANGHELINI. GUILHERME M.; CHERUBINI. EDIVAN; SOARES. SEBASTIÃO R. How Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) is aiding Life Cycle Assessment (LCA) in results interpretation. *Journal of Cleaner Production*, Volume 172, 20 January 2018, Pages 609-622. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617325350>>. Acessado em 30/10/2019.

ZOPOUNIDIS, C. & DOUMPOS, M. (2002). Multicriteria classification and sorting methods: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 138, 229-246.