



## **PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA AVALIAR A MATURIDADE DA TI VERDE EM ORGANIZAÇÕES**

Ana Carolina Salles

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Lopes Thompson

Co-orientador: Prof. Dr. Guilherme Lerch Lunardi

Rio de Janeiro

Novembro de 2022

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA AVALIAR A MATURIDADE DA TI  
VERDE EM ORGANIZAÇÕES**

Ana Carolina Salles

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTORA EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinado por:

---

Prof. Dr. Fabiano Lopes Thompson (UFRJ)

---

Prof. Dr. Guilherme Lerch Lunardi (FURG)

---

Prof. Dr. Francisco Antonio Doria (UFRJ)

---

Prof. Dr. Carlos Alberto Nunes Cosenza (UFRJ)

---

Prof. Dr. Ricardo Gabbay de Souza (UNESP)

---

Prof. Dr. Ricardo Saraiva Frio (FURG)

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

NOVEMBRO DE 2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

“Importante não é ver o que ninguém nunca viu, mas sim pensar o que ninguém nunca pensou sobre algo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

## AGRADECIMENTOS

Sempre imaginei como seria escrever esta página. Ela representa não somente a finalização de um longo e árduo ciclo na minha vida, como também o ápice das minhas conquistas profissionais e pessoais até hoje. Para chegar até aqui, muitas pessoas foram importantes, cada qual com sua contribuição distinta, porém igualmente valorosas durante esta jornada longa que foi o meu processo de doutoramento.

Agradeço ao querido professor e orientador Rogério Valle (*in memoriam*), com quem tive a oportunidade de cruzar o caminho, ainda que brevemente nesta vida. Você acreditou nas minhas ideias, no meu potencial, me incentivou a arriscar novos voos por lugares totalmente alheios ao meu conhecimento, me fez ter esperanças e me acolheu no Rio de Janeiro. Mesmo sem me conhecer direito, abriu portas para oportunidades ímpares que tive durante este processo de doutoramento na UFRJ. Obrigada por me estender a mão e me dar oportunidade de conhecer você e de me inspirar na sua trajetória e nas suas causas.

Agradeço ao Prof. Fabiano Thompson, meu orientador, que me acolheu durante os momentos difíceis que enfrentei logo no meu primeiro ano de doutorado, que não desistiu de mim e me fez acreditar que era possível ficar e colher os frutos dessa oportunidade. Obrigada pelas oportunidades de pesquisa, de publicação, pelo apoio e por confiar na minha capacidade de desenvolvimento desta pesquisa. Agradeço também ao Prof. Guilherme Lunardi, meu coorientador, que segurou a minha mão em todas as horas, sempre solícito e disponível para atender todas as demandas desta pesquisa. Certamente é uma grande referência para mim de mestre e amigo. Espero um dia poder retribuir todo cuidado e atenção, imprescindíveis, durante este processo e que me fizeram chegar até aqui. Obrigada pela oportunidade de aprendizado constante e por caminhar comigo ao longo desses anos de doutorado. A vocês, Prof. Fabiano e Prof. Guilherme, obrigada por me darem o tempo e espaço necessário para desenvolver este projeto de forma plena, respeitando todas as limitações enfrentadas durante a realização dessa tese.

Agradeço a minha mãe, Denise Alves, por todo o teu amor e cuidado, por tuas orações, pelo incentivo ao estudo (sempre) mas principalmente nas horas mais difíceis, pelas conversas motivadoras e cheias de esperança que me fizeram continuar quando eu já não tinha mais forças, por todo o apoio nos vários obstáculos superados durante esta longa jornada. Obrigada por me direcionar sempre, és meu maior exemplo de amor, superação e força. Devo tudo que sou hoje a ti. Essa conquista é nossa!

Obrigada João, por tua amizade, por teu amor, por teu cuidado e atenção constantes comigo e com todas as minhas demandas. Obrigada por suportar incondicionalmente minhas sombras e me dar o suporte nos momentos mais difíceis dessa caminhada. Obrigada por ser minha pessoa no mundo, por cuidar de mim e por acreditar em mim, quando nem eu mesma acreditava. Obrigada por ser quem és e por estares ao meu lado, indistintamente, em todas as situações.

Obrigada Karoline, minha amiga e irmã do coração, pelas longas horas de conversas telefônicas em que me incentivavas a terminar, a arrumar forças para continuar. Obrigada por me ouvir, por ser um ombro amigo nos momentos mais difíceis da elaboração da tese. Tua motivação e teu cuidado foram muito importantes pra mim.

Obrigada aos amigos do PEP, colegas de laboratório sagueanos (SAGE) e equipes de projeto de pesquisa pela parceria nesta caminhada, pelas sessões de terapia na hora do cafezinho e pela receptividade nas terras cariocas. Agradeço, especialmente, aos amigos Leonardo, Naiane, Marcelle e Claudia pelo carinho, disponibilidade e apoio de sempre.

Obrigada às amigas que constituíram uma família para mim durante meu período de doutorado. Vocês são a minha família carioca e certamente tornaram a estadia no RJ durante este período da minha vida muito mais leve, calorosa e feliz. Obrigada de coração amiga Patrícia Queres, Lara Bressan, Mariana Vendramini, Caroline Justi e Gabi Rios.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos durante todos o curso de doutorado.

Agradeço aos professores do PEP e da FGV com quem tiver a oportunidade de aprender e trocar ideias sobre a pesquisa, projetos e oportunidades. Obrigada por fazerem parte da minha formação como pesquisadora e professora.

Agradeço aos funcionários do PEP/COPPE, especialmente, Lindalva e Roberta pela dedicação e empatia no atendimento das demandas administrativas, que não foram poucas.

Obrigada a todos aqueles que, mesmo não citados aqui, de alguma forma contribuíram para tornar meu processo de doutoramento longe de casa mais fácil, mais sereno e mais feliz. A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para tornar este sonho realidade, de perto ou de longe, meu muito obrigada!

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

## PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA AVALIAR A MATURIDADE DA TI VERDE EM ORGANIZAÇÕES

Ana Carolina Salles

Novembro/2022

Orientadores: Prof. Dr. Fabiano Lopes Thompson

Prof. Dr. Guilherme Lerch Lunardi

Programa: Engenharia de Produção

A TI Verde vem adquirindo relevância na prática das organizações que buscam tornar-se mais maduras em relação a projetos, processos e estratégias que envolvam a TI de forma sustentável. TI Verde é um conceito abrangente que compreende o conjunto de estratégias, práticas e políticas que envolvem os sistemas de informação, infraestrutura de TI, aquisição, uso e descarte de equipamentos de TI com foco na melhoria do desempenho econômico e socioambiental. A adoção de práticas de TI Verde depende muito dos benefícios esperados e do nível de investimentos demandado. A decisão é influenciada pelos custos envolvidos, pela competitividade, suporte financeiro disponível, características e habilidades dos gestores/funcionários, leis e regulamentações, bem como pelo nível de oferta e demanda de produtos *green*. Assim, as organizações carecem de mecanismos para avaliar a maturidade das diferentes práticas de TI Verde adotadas para melhorar seus níveis de desenvolvimento nessa área. O objetivo desta pesquisa é a proposição de um Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV). Para isso, realizou-se um estudo multimétodo, fundamentado na *Design Science*, abordando: a) revisão sistemática da literatura; b) estudo de caso em organização de grande porte; e c) aplicação dos princípios metodológicos da *Design Science Research* (DSR). O modelo foi submetido à avaliação de especialistas para validação. A relevância da pesquisa reside no *gap* da literatura acerca de um modelo de maturidade específico de TI Verde. Além disso, a proposição conceitual do modelo contribui com a literatura abrangendo a identificação e análise de categorias/elementos determinantes para avaliar a maturidade da TI Verde nas organizações numa perspectiva transversal.

**Palavras-chave:** Tecnologia de Informação Verde, Tecnologia de Informação, Modelo de Maturidade, Práticas de TI Verde, Sustentabilidade.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

## A FRAMEWORK PROPOSAL TO ASSESS THE MATURITY OF GREEN IT IN ORGANIZATIONS

Ana Carolina Salles

November/2022

Advisors: Prof. Dr. Fabiano Lopes Thompson  
Prof. Dr. Guilherme Lerch Lunardi

Department: Production Engineering

Green IT has been gaining relevance in the practice of organizations that seek to become more mature in relation to projects, processes and strategies that involve IT in a sustainable way. Green IT is a comprehensive concept that comprises the set of strategies, practices and policies that involve information systems, IT infrastructure, acquisition, use and disposal of IT equipment with a focus on improving economic and socio-environmental performance. The adoption of Green IT practices depends a lot on the expected benefits and the level of investments demanded. The decision is influenced by the costs involved, competitiveness, available financial support, characteristics and skills of managers/employees, laws and regulations, as well as the level of supply and demand for green products. Thus, organizations lack mechanisms to assess the maturity of different Green IT practices adopted to improve their levels of development in this area. The objective of this research is to propose a Green IT Maturity Model (MMTIV). A multi-method study was carried out, based on Design Science, addressing: a) systematic literature review; b) case study in a large organization; and c) methodological application of Design Science Research (DSR). The model was submitted to expert evaluation for validation. The relevance of the research lies in the gap in the literature about a specific maturity model for Green IT. The conceptual proposition of the model contributes to the literature covering the identification and analysis of categories/determining elements to assess the maturity of Green IT in organizations in a transversal perspective.

**Keywords:** Green Information Technology, Information Technology, Maturity Model, Green IT Practices, Sustainability

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1	TI VERDE .....	20
2.2	PRÁTICAS DE TI VERDE NAS ORGANIZAÇÕES.....	23
2.3	TI VERDE E COMPETITIVIDADE ORGANIZACIONAL: GESTÃO ORIENTADA PARA A SUSTENTABILIDADE E NOVOS MERCADOS.....	30
2.4	MODELOS DE MATURIDADE EM SUSTENTABILIDADE/TI.....	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	42
3.2	OBJETIVO DA PESQUISA .....	45
3.3	DESENHO DE PESQUISA .....	46
3.4	ROTEIRO METODOLÓGICO DA PESQUISA .....	48
3.4.1	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA.....	49
3.4.2	ESTUDO DE CASO .....	56
3.4.3	<i>DESIGN SCIENCE RESEARCH</i> .....	69
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>77</b>
<b>4.1</b>	<b>ETAPA 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA</b> .....	<b>77</b>
<b>4.2</b>	<b>ETAPA 2 – ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>87</b>
4.2.1	O CASO .....	87
4.2.2	DIAGNÓSTICO DA TI VERDE NA ORGANIZAÇÃO.....	88
4.2.3	ANÁLISE DAS ENTREVISTAS.....	94
<b>4.3</b>	<b>ETAPA 3 – DESIGN SCIENCE RESEARCH PARA MODELAGEM DO MODELO DE MATURIDADE DE TI VERDE (MMTIV)</b> .....	<b>119</b>
4.3.1	A DSR APLICADA AO CONTEXTO DA PESQUISA .....	120
4.3.2	O MODELO DE MATURIDADE DE TI VERDE - MMTIV .....	125
4.3.3	VALIDAÇÃO DO MODELO MMTIV POR ESPECIALISTAS .....	141
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>141</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>152</b>
	<b>APENDICE A</b> .....	<b>168</b>

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Caracterização da Pesquisa

**Figura 2** – Resultados Propostos pela Pesquisa

**Figura 3** – Etapas de Desenvolvimento da Pesquisa

**Figura 4** – Roteiro Metodológico à luz da DSR

**Figura 5** – Processo de Revisão Sistemática

**Figura 6** – Etapas da Pesquisa em *Design Science Research*

**Figura 7** – Ciclos do *Design Science Research*

**Figura 8** – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Organizacional)

**Figura 9** – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Tecnologia)

**Figura 10** – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Econômica)

**Figura 11** – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Ambiental)

**Figura 12** – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Social)

**Figura 13** – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Mercadológica)

**Figura 14** – Processo de pesquisa em Design Science

**Figura 15** – Incorporação dos dados da pesquisa aos ciclos da *Design Science Research*

**Figura 16** – Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV)

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1** – Critérios de qualidade

**Quadro 2** – Critérios para Seleção dos Casos

**Quadro 3** – Perfil dos entrevistados

**Quadro 4** – Categorias de Análise versão preliminar MMTIV

**Quadro 5** – Categorias de Análise versão preliminar do MMTIV

**Quadro 6** – Embasamento Teórico das Categorias de Análise do Modelo

**Quadro 7** – Categorias de práticas de TI Verde mais difundidas nas organizações

**Quadro 8** – *Check-list* de Diagnóstico das práticas de TI Verde na organização

**Quadro 9** – Práticas de TI Verde que a empresa tem conhecimento e adota

**Quadro 10** – Práticas de TI Verde que a empresa não tem conhecimento e não adota

**Quadro 11** – Níveis de Maturidade de TI Verde

**Quadro 12** – Análise conceitual das Categorias de Análise do Modelo

**Quadro 13** – Validação do Modelo de Maturidade de TI Verde – MMTIV

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1** – Resultados encontrados na Base de Dados *Science Direct*

**Tabela 2** – Resultados encontrados na Base de Dados *SciELO*

**Tabela 3** – Análise Bibliométrica dos Artigos Identificados

**Tabela 4** – Resultado do diagnóstico das Práticas de TI Verde

## LISTA DE NOMENCLATURAS

**ACV** - Avaliação do Ciclo de Vida

**CC** - Corrente Contínua

**CEO** - *Chief Executive Office*

**CMMI** - *Capability Maturity Model Integration*

**CMMs** - *Capability Maturity Model*

**COBIT** - *Control Objectives For Information end Relatet Technology*

**DSR** - *Design Science Research*

**ISACA** - *Information Systems Audit and Control Association*

**ISO** - *International Standards Operations*

**ITGI** - *Information Technology Governance Institute*

**MMTIV** - Modelo de Maturidade de Tecnologia de Informação Verde

**NCPI** - *Network-Critical Physical Infrastructure*

**PDCA** - *Plan, Do, Check, Act*

**RFP** - *Request For Proposal*

**RSL** - Revisão Sistemática de Literatura

**SEI** - *Software Engineering Institute*

**TEU** - *Twenty Foot Equivalent Unit*

**TI** - Tecnologia da Informação

**TIC** - Tecnologia de Informação e Comunicação

**WS** – Wilson Sons

# 1 INTRODUÇÃO

O aumento da pegada de carbono nos últimos anos, em virtude do rápido progresso tecnológico, tem preocupado especialistas em todo o mundo e ameaçado a sobrevivência de ecossistemas naturais, bem como organizacionais. O aquecimento global e as mudanças climáticas, unido à disponibilidade limitada de recursos e ao aumento do custo da energia, tornaram-se uma grande preocupação para a economia global (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020; ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; ANTHONY, ABDUL MAJID, ROMLI, 2018; SALLES *et al.*, 2016). Isto sugere que as organizações que não se adaptarem às novas mudanças e demandas do mundo contemporâneo poderão ter suas atividades findadas antes do prazo definido por seus planejamentos estratégicos (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020; ASADI *et al.*, 2019; DENG; JI, 2015; CALERO; PIATTINI, 2015; HANKEL *et al.*, 2014). Empresas de todos os setores e tamanhos estão sofrendo pressão crescente de movimentos verdes e órgãos reguladores para reduzir sua pegada ambiental. As respostas típicas para esses desafios incluem a responsabilidade social corporativa (RSC) e as iniciativas de sustentabilidade empresarial (SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020; SALLES *et al.*, 2016; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; MOLLA; COOPER, 2014; SALLES *et al.*, 2013; WATSON *et al.*, 2010; BROOKS *et al.* 2010; CHEN *et al.*, 2008; MOLLA, 2008).

Nessa perspectiva, organizações de diversos tamanhos têm buscado alternativas para implementar a sustentabilidade nos seus processos de negócios, seja na produção/operação, seja na condução do negócio, por meio da definição de estratégias que aproximem a organização de seus objetivos de maneira mais sustentável e com menor impacto socioambiental. Partindo-se do ponto de análise das estratégias, a Tecnologia da Informação (TI) é considerada estratégica para qualquer organização que precisa gerenciar seus dados e seu conhecimento de forma inteligente, com menor custo operacional, maior precisão e agilidade (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; LUNARDI *et al.*, 2017; DE HAES *et al.*, 2016). Posto isto, as organizações, em sua grande maioria, dependem cada vez mais de tecnologias e sistemas de informação para operar de maneira eficiente e eficaz em seus mercados. Atualmente, a TI não é mais um diferencial competitivo e sim um fator intrínseco à existência de uma organização, isto é, ela passou a ser considerada crítica para que as organizações possam conduzir e gerenciar suas operações de maneira exitosa (LUNARDI *et al.*, 2017; DE HAES *et al.*, 2016; SALLES *et al.*, 2016; DENG; JI, 2015; CALERO; PIATTINI, 2015).

É inegável que a tecnologia tem um papel fundamental em termos de impulsionar a produtividade e o crescimento da inovação nas organizações e de como as pessoas vivem, trabalham e interagem (SALLES; LUNARDI; THOMPSON, 2022). Por outro lado, da mesma maneira em que auxilia gestores e usuários na condução das atividades organizacionais, a TI passou a representar parte significativa dos passivos organizacionais em termos econômicos e ambientais (MURUGESAN, 2010). Estudos mostram que os custos de energia utilizados pelos departamentos de TI das empresas podem se aproximar a 50% dos custos totais de energia de uma organização (HARMON; AUSEKLIS, 2009).

A produção e o uso intensivo de tecnologias desencadeia e intensifica alguns problemas que comprometem sistemicamente as dinâmicas socioambientais como, por exemplo, o aumento da pegada de carbono, o efeito estufa, o aumento dos níveis de poluição e contaminação do solo, água e ar, dentre outros danos ambientais e sociais - diretos e indiretos - relacionados com a produção, uso e descarte da TI (SALLES; LUNARDI; THOMPSON, 2022; ANTHONY; MAJID, 2016; SALLES *et al.*, 2016; DENG; JI, 2015; CALERO; PIATTINI, 2015; HANKEL *et al.*, 2014; HERTEL; WIESENT, 2013; MURUGESAN, 2010). É sabido que computadores e outras infraestruturas de TI consomem uma quantidade significativa de eletricidade, colocando uma carga pesada nas redes elétricas e contribuindo com as emissões de gases do efeito estufa. Além disso, o *hardware* dos computadores e seus acessórios apresentam graves problemas ambientais, tanto durante a sua produção como na sua eliminação (MEIRELLES, 2019; OZTURK *et al.*, 2011; ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; LOESER *et al.*, 2017; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; OSCH; AVITAL, 2010; MOLLA, 2008; HARMON; AUSEKLIS, 2009).

Tais problemas e consequências oriundos do uso da TI apontam para a necessidade de repensar a forma como se produz, se consome e se eliminam os dispositivos eletroeletrônicos que compõem as infraestruturas tecnológicas e que estão presentes no seu ciclo de vida (MURUGESAN, 2010). Dessa maneira, as organizações passaram a incorporar ações organizacionais mais sustentáveis que tangem não somente à comercialização de bens e serviços mais verdes, mas também em termos de processos de negócios, o que inclui os processos e sua tecnologia - dentre eles, a Tecnologia de Informação Verde (ou TI Verde, como vem sendo chamada) – os quais adquirem uma importância estratégica tanto na prática quanto nas políticas organizacionais (ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY; ABDUL MAJID; ROMLI, 2018; PATÓN-ROMERO, 2018; LOESER *et al.*, 2017; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; MOLLA; COOPER, 2014; HANKEL *et al.*, 2014; MURUGESAN, 2010).

Nessa perspectiva, da mesma forma que a TI cria parte significativa dos problemas ambientais, a TI Verde pode contribuir para minimizar seus danos e criar um ambiente mais sustentável, uma vez que o desenvolvimento de sistemas de informação inteligentes pode ser uma boa maneira de eliminar operações ineficientes, custosas, poluentes e substituir produtos e subprodutos com desempenhos ruins (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; MOLLA; ABARESHI, 2011). Embora estudos mostrem que a TI é responsável por cerca de 2% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, ela tem um papel fundamental para desempenhar na solução dos 98% restantes (MOLLA, 2008). Portanto, a ecologização da TI afeta não apenas a pegada ambiental das empresas, mas também atua como uma consequência da estratégia organizacional adotada. Por este motivo, não é de se surpreender que as questões relacionadas à TI e à TI Verde venham ganhando força entre acadêmicos e profissionais da área nos últimos anos (ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; PATÓN-ROMERO, 2018; ASADI *et al.*, 2017; LOESER *et al.*, 2017; DALVI-ESFAHANI, RAMAYAH, NILASHI, 2017;; CALERO, PIATTINI, 2017; ANTHONY; MAJID, 2016; SALLES *et al.*, 2016; DENG; JI, 2015; CALERO; PIATTINI, 2015;; MOLLA; COOPER, 2014).

Assim, a TI Verde pode ser considerada uma perspectiva de análise para gerar estratégias organizacionais que visem tanto a produção de *hardwares* e *softwares* de alta tecnologia - associadas às potencialidades de tornar a tecnologia mais sustentável, tendo em vista a redução das pegadas de carbono e minimização dos impactos ambientais diretos - bem como contribuir para questões relacionadas ao aquecimento global (PATÓN-ROMERO, 2018; ASADI *et al.*, 2017; LOESER *et al.*, 2017; OSCH; AVITAL, 2010).

Estudos relacionados à TI Verde compreendem, por exemplo, a Análise do Ciclo de Vida (ACV) da TI, que envolve a mensuração dos impactos ambientais desde a sua concepção, produção até o consumo e, posteriormente, descarte dos equipamentos eletrônicos utilizados por usuários finais e pelas organizações. O estudo e a prática da TI Verde por parte da comunidade acadêmica e empresarial contribui positivamente para incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis (ambientalmente corretas) e o desenvolvimento de políticas focadas na sustentabilidade da TI dentro das organizações (LOESER *et al.*, 2017; LUNARDI, SIMÕES; FRIO, 2014; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014). Dessa forma, organizações mais verdes direcionam seus resultados corporativos para a redução do consumo de energia e da poluição. Estima-se que a adoção de diferentes iniciativas de TI Verde tenha o potencial de contribuir para a redução das emissões globais de CO<sub>2</sub> em 15% (ANTHONY; MAJID, 2016).

Como sustentado anteriormente, a sustentabilidade da TI é um dos principais objetivos atuais e está associada ao impacto econômico, ambiental e social das organizações (fornecedores de serviços, governos, universidades, empresas, etc.) em torno das TICs (ASADI *et al.*, 2019; YOON, 2018; PATÓN-ROMERO, 2018; ASADI *et al.*, 2017; DE HAES *et al.*, 2016; DENG; JI, 2015; CALERO; PIATTINI, 2015). Nesse sentido, a TI Verde deve ser levada em consideração relacionando-a com os princípios da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável, pois dessa forma TI e sustentabilidade são dois conceitos que estão ligados entre si. Em linhas gerais, o “verde” significa a energia eficiente e ambientalmente amigável e o “sustentável” associado à noção de desenvolvimento que significa planejar e investir em uma infraestrutura de tecnologia que atenda satisfatoriamente as necessidades atuais e futuras, de modo que se preservem os recursos naturais e garanta a sua viabilidade econômica (EPSTEIN; BUHOVAC, 2014; ERDELYI, 2013).

Pollack (2008) destaca que para alcançar resultados efetivos em termos de sustentabilidade, a TI Verde deve assumir a centralidade, sendo considerada o primeiro passo para alcançar os objetivos de sustentabilidade organizacional e contribuir positivamente para o desenvolvimento sustentável. A TI Verde corresponde a uma boa maneira de alcançar bons resultados nestas pastas, sendo considerada o mais recente indicador de práticas comerciais sustentáveis, porque melhora a produtividade energética global, enquanto mantém uma alta qualidade de vida e a economia dinâmica (ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; YOON, 2018; PATÓN-ROMERO, 2018; OZTURK *et al.*, 2011).

Atualmente, o desenvolvimento e fornecimento de serviços e tecnologias avançadas em TI Verde ainda é muito incipiente. É notória a presença de poucas empresas oferecendo serviços de tecnologia ligados à sustentabilidade, da mesma forma que poucas são as empresas que possuem facilidade e alto nível na adoção de práticas consolidadas de TI Verde (YOON, 2018; PATÓN-ROMERO, 2018; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014). Em termos comerciais, as principais empresas de tecnologia focam no fornecimento de produtos e serviços tecnológicos, quase que exclusivamente relacionadas ao aspecto da eficiência energética, em particular dos computadores e *data centers*, e redução de custos (MOLLA; ABARESHI, 2011), face ao aumento da demanda global por mais energia e o aumento do custo das fontes tradicionais de energia. Assim, o impacto ambiental do elevado consumo energético tem levado muitas empresas a pensar em estratégias para melhorar a eficiência energética e buscar fontes de energia alternativas mais baratas e mais limpas (MOLLA, 2008; HARMON; AUSEKLIS, 2009).

No entanto, a competitividade das empresas (tanto fornecedoras quanto clientes de TI Verde) deverá surgir apenas no médio e longo prazo, à medida que o fornecimento e a aquisição de produtos e serviços se configurem como estratégias corporativas. Isto é, tecnologias que incorporem uma abordagem mais holística da TI Verde, que induzam à realização de um esforço corporativo mais amplo e que, conseqüentemente, ajudem o cliente a melhorar seus índices de responsabilidade socioambiental (ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; ANTHONY, ABDUL MAJID, ROMLI, 2018; YOON, 2018; PATÓN-ROMERO, 2018). Especula-se que a TI Verde tenha um enorme potencial para criar novas oportunidades competitivas, reduzir as emissões de carbono e melhorar a eficiência geral dos negócios (SALLES, LUNARDI, THOMPSON, 2022; PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020 ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; ANTHONY, ABDUL MAJID, ROMLI, 2018; YOON, 2018; PATÓN-ROMERO, 2018; OZTURK *et al.*, 2011). Apesar de ainda ser considerado incipiente e pouco difundido, esse conceito de desenvolver produtos e serviços de TI Verde alinhados à estratégia corporativa já é uma iniciativa pioneira de algumas organizações provedoras de serviços de tecnologia no mundo como, por exemplo, Accenture, Deloitte e EDS (OZTURK *et al.*, 2011).

Portanto, o futuro aponta para uma demanda latente que carece de empresas que prestem serviços de tecnologia sob uma perspectiva mais ampla da TI e não restrita apenas ao setor de TI enquanto desenvolvimento e suporte à infraestrutura de TI – *hardware* e *software* (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020), tendo em vista que a organização precisa ser percebida como um todo que busca alcançar seus objetivos em relação à sustentabilidade de forma sinérgica e holística, uma vez que a TI perpassa por todas as áreas organizacionais numa perspectiva transversal (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020 ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY, ABDUL MAJID, ROMLI, 2018; YOON, 2018; LOESER *et al.*, 2017; CALERO, PIATTINI, 2017).

Nesse sentido, torna-se relevante avaliar a competitividade organizacional por meio da análise de maturidade das práticas de TI Verde adotadas pelas organizações, uma vez que o estágio de maturidade em que se encontram as organizações nesse contexto pode servir como um bom indicador para analisar a pré-disposição e o potencial de uma organização em aperfeiçoar e/ou desenvolver inovações sustentáveis que abrangem a TI em uma perspectiva corporativa (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020 ASADI *et al.*, 2019; PATÓN-ROMERO, 2018; LUNARDI *et al.*, 2017; DE HAES *et al.*, 2016; CALERO; PIATTINI, 2015).

Assim, buscou-se na presente pesquisa propor um instrumento que permitisse a avaliação da maturidade da TI Verde nas organizações, através de uma perspectiva corporativa, que pressupõe uma análise sob uma perspectiva ampla (holística) da organização (MURUGUESAN, 2008) em relação à TI Verde, por meio da **PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE MATURIDADE** específico para avaliar o grau de desenvolvimento organizacional em diferentes categorias de análise em relação à TI Verde. A perspectiva ampla do modelo desenvolvido permite avaliar a maturidade das práticas de TI Verde, sob a ótica *outside in* e *inside out*, bem como *top down* e *bottom up* da organização<sup>1</sup> (CAMPBELL, 2017; NANATH; PILLAI, 2017; VYKOUKAL; WOLF; BECK, 2009), em termos de: aspectos organizacionais (relacionados à tecnologia, processo, estratégia e governança), tecnológicos, aspectos ambientais, econômicos, sociais e mercadológicos.

A proposição deste modelo de maturidade foi especialmente relevante, pois embora exista uma expectativa de que a TI Verde reduza os custos organizacionais e o impacto das operações empresariais ao meio ambiente, tem havido muito menos atenção para entender os benefícios estratégicos dos serviços de TI de forma mais ampla e que atenda aos objetivos de sustentabilidade, incluindo além de aspectos ambientais a incorporação de, por exemplo, variáveis de análise em termos de criação de valor para o cliente, valor comercial e valor social (HARMON; AUSEKLIS, 2009). Dando sequência a esta (i) introdução, a presente pesquisa está organizada em seções que compreendem: (ii) o referencial teórico acerca do conceito de TI Verde, práticas de TI Verde e discussão sobre os modelos de maturidade de TI existentes; (iii) a proposta metodológica para construção e validação do modelo de maturidade da TI Verde (MMTIV) nas organizações; (iv) a análise e discussão dos resultados; e, por fim, (v) as considerações finais da pesquisa, incluindo suas contribuições teóricas e práticas, limitações e sugestões para pesquisas futuras.

---

<sup>1</sup> A proposição do MMTIV – Modelo de Maturidade de TI Verde considera elementos que podem contribuir para o desenvolvimento da maturidade de TI Verde internamente nas organizações, numa lógica de baixo para cima (*bottom-up*) e de cima para baixo (*top-down*), assim como numa lógica interorganizacional. Isto presume a interação com elementos além das fronteiras organizacionais, isto é, um sistema aberto que se relaciona com o seu ambiente/contexto, tanto de dentro para fora (*inside-out*) quanto de fora para dentro (*outside-in*) (CAMPBELL, 2017; NANATH; PILLAI, 2017; VYKOUKAL; WOLF; BECK, 2009).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão discutidas as principais abordagens teóricas que fundamentam a presente pesquisa. Em um primeiro momento, serão discutidos aspectos relacionados à Tecnologia de Informação e a sustentabilidade, em especial, à TI Verde e às práticas de TI Verde aplicadas nas organizações. Na sequência, será apresentada uma discussão a respeito da TI Verde como forma das organizações garantirem níveis mais altos de competitividade e a necessidade de desenvolver novos mercados com base em uma gestão orientada para a sustentabilidade. E, por fim, a seção traz as contribuições de diferentes abordagens teóricas para aplicação de modelos de maturidade, destacando os principais modelos utilizados pelas organizações como base para avaliar a maturidade da sustentabilidade e/ou a maturidade de TI de forma isolada.

### 2.1 TI VERDE

A Tecnologia de Informação Verde, mais comumente chamada de TI Verde, é um movimento recente criado por empresas de tecnologia que apresenta variações conceituais por diversos estudiosos da área (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020; DOLCI *et al.*, 2015; MOLLA, 2009). Ainda assim, de modo geral, o termo “TI Verde” foi designado como um movimento sociotécnico oriundo da necessidade de inovar a forma como os recursos organizacionais disponíveis eram combinados, alinhando-os às políticas de sustentabilidade e economia, em detrimento das discussões mundiais sobre sustentabilidade e responsabilidade social corporativa (SALLES, LUNARDI, THOMPSON, 2022). Nessa perspectiva, a TI Verde é vista como uma abordagem que não considera mais a TI como uma das razões dos diversos problemas ambientais que se enfrentam na atualidade, mas sim como uma potencial solução a esses problemas (SALLES, LUNARDI, THOMPSON, 2022).

Nesse contexto, a TI Verde - ou Computação Verde - acaba gerando benefícios para o meio ambiente, para a sociedade e para os negócios, porque busca formas de inter-relacionar e implementar políticas, práticas, estratégias e produtos de TI (*software* e *hardware*) que podem ajudar a melhorar e fomentar a dimensão ambiental da sustentabilidade e, conseqüentemente, melhorar os aspectos associados às dimensões sociais e econômicas da sustentabilidade em um processo holístico (DOLCI *et al.*, 2015).

Uma das interpretações mais comuns sobre sustentabilidade é o conceito de *triple bottom line* (TBL), que afirma que o desenvolvimento sustentável deve incluir dimensões sociais, ambientais e econômicas (ELKINGTON, 2001). Quando aplicado à área organizacional, o TBL visa analisar a sustentabilidade além das medidas tradicionais de lucro, retorno do investimento e geração de valor para os acionistas, a fim de incluir questões sociais e ambientais (SLAPER; HALL, 2011; ELKINGTON, 2001).

A dimensão ambiental abrange a preocupação em produzir e consumir de maneira a garantir que os ecossistemas possam manter sua autorreparação ou sua capacidade de resiliência (NASCIMENTO, 2012; ELKINGTON, 2001). A dimensão social envolve erradicar a pobreza e definir o padrão para uma vida digna, com distribuição justa e equitativa de renda e do consumo dos bens naturais e serviços entre todos os habitantes (NASCIMENTO, 2012; ELKINGTON, 2001). A dimensão econômica, por sua vez, inclui a economia formal e informal, no sentido de prover serviços para os indivíduos e grupos, aumentando, assim, a renda monetária e o padrão de vida dos indivíduos (CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008). Assim, espera-se o início de um novo paradigma de gestão empresarial, impulsionado pela sustentabilidade, economia integrada, meio ambiente e sociedade, seguindo uma consciência mais sustentável (ARAGÃO, 2020).

Nessa perspectiva integrada de sustentabilidade, a TI Verde corresponde à soma da economia de energia com gestão de recursos que vão desde as cadeias produtivas, todo o ciclo de vida que vai da extração de matéria-prima até o final da vida útil do equipamento, incluindo seu descarte (MURUGESAN, 2008). Dessa maneira, a TI Verde passa a ser compreendida como o estudo e a prática relacionada ao projeto, fabricação, uso e descarte de computadores, servidores e subsistemas associados (monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e sistemas de rede e comunicação) com o máximo de eficiência e com o mínimo ou nenhum impacto no ambiente (MURUGESAN, 2008).

Para Brooks, Wang e Sarker (2010), é preciso analisar a TI Verde de forma abrangente e considerar aspectos como o consumo e gerenciamento de energia, práticas de fabricação, projeto e operações de *data center*, reciclagem e preocupações acerca do final da vida útil dos equipamentos de informática, custo total de propriedade, questões micro e macroeconômicas, desempenho de sistemas, uso eficiente de sistemas e práticas ambientais, sociais e éticas relacionadas à aquisição, uso e descarte de TI. Dessa maneira, Brooks *et al.* (2010) não definem a TI Verde como puramente o componente de *hardware* da TI, mas como um conceito inclusivo que vai além da definição fornecida por Murugesan (2008).

Schmidt *et al.* (2010) destacam a TI Verde como o estudo e a prática de usar recursos de computação eficientemente, além de também incluir o desenvolvimento de estratégias e ferramentas para controlar, orientar e comunicar as práticas verdes adotadas pelas organizações. Os autores levaram em consideração o ciclo de vida completo das tecnologias de informação e comunicação, envolvendo processos ambientalmente corretos, tanto na fase de projeto, produção e operação, quanto de eliminação. Para Mines e Davis (2007), a TI Verde faz parte de uma mudança fundamental na economia e na sociedade. Ela é um subconjunto de uma tendência mundial de negócios verdes (sustentáveis) maior, que reconcilia práticas comerciais sustentáveis com operações comerciais lucrativas.

Brooks *et al.* (2010) classificaram a TI verde em: (a) iniciativas que usam a infraestrutura de TI para alterar processos e/ou práticas organizacionais, de modo a melhorar a eficiência energética e reduzir o impacto no meio ambiente; e (b) a introdução de produtos e/ou serviços de TI mais saudáveis para o meio ambiente. Dessa forma, a TI Verde pode introduzir não apenas estratégias ambientalmente favoráveis às organizações, mas também produtos ambientalmente corretos no mercado. Deve-se ressaltar que buscar a sustentabilidade não significa que o pensamento econômico deva ser negligenciado, haja vista que a economia aborda o problema de alocar recursos escassos (WATSON *et al.*, 2010). Dessa maneira, em termos econômicos, a TI Verde preocupa-se, de fato, com o desperdício, com a eficiência energética e com o custo total de propriedade, que inclui o custo de descarte e reciclagem.

Ozturk *et al.* (2011) corroboram com os pressupostos de Brooks, Wang e Sarker (2010), destacando que o estudo de uma TI com foco no *green*, deve incluir uma análise da tecnologia em termos de consumo e gerenciamento de energia, práticas de fabricação, projeto e operações de *data center*, assim como preocupações com a reciclagem dos componentes e o ciclo de vida dos equipamentos de informática, além do custo total de propriedade e das questões micro e macroeconômicas. Adicionalmente, para que a TI Verde tenha adesão de gestores e usuários dentro das organizações, aspectos como viabilidade econômica, desempenho operacional do sistema, uso eficiente de sistemas, práticas ambientais, sociais e éticas relacionadas à aquisição, uso e descarte de TI também precisam ser consideradas para que se tenha uma visão holística do processo de implementação e avaliação de uma TI Verde.

Nessa perspectiva, assumir a responsabilidade socioambiental tem se tornado uma questão de visão, de estratégia e de sobrevivência para as organizações em um momento histórico em que se preza cada vez mais pela preservação dos recursos naturais e por processos de produção/operações que induzam a um desenvolvimento mais sustentável (LUNARDI;

FRIO; BRUM, 2011). Adotar TI Verde é diferente de adotar uma TI qualquer, principalmente por causa da importância que é dada para as questões relacionadas com a ética e a sustentabilidade em processos decisórios (MURUGESAN, 2008). A adoção de TI Verde presume, portanto, a análise ou substituição de tecnologias existentes por aquelas mais modernas que sejam economicamente viáveis, ambientalmente mais eficientes e que estejam de acordo com as responsabilidades sociais e éticas, isto é, que atendam os princípios do TBL (dimensão econômica, ambiental e social da sustentabilidade) (OZTURK *et al.*, 2011; LUNARDI; SIMÕES; FRIO, 2014; MURUGUESAN, 2010).

No entanto, é comum se pensar que a TI Verde leva mais em consideração os aspectos ambientais e econômicos da sustentabilidade em função da apologia nominal “verde”. Mesmo assim, ainda que a dimensão social da TI Verde seja menos evidente nas discussões e nos exemplos de práticas de TI, ela existe, visto que ao se preocupar com a preservação do meio ambiente e dos recursos não renováveis através da melhoria contínua dos processos e produtos de TI, contribui-se de maneira benéfica para a qualidade de vida das pessoas, preservando a equidade entre as gerações, o que representa um dos aspectos sociais associados às práticas de TI Verde. É válido destacar, ainda, que a preocupação de aumentar a vida útil dos equipamentos, além de ser uma preocupação econômica de redução de custo com trocas e manutenções, também é uma preocupação ambiental e social, uma vez que ao reduzir, por exemplo, a geração de resíduos, muitas vezes tóxicos, se reduz conseqüentemente os níveis de contaminação e poluição do solo, da água e do ar, repercutindo na qualidade de vida da sociedade (SALLES *et al.*, 2016; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014).

Nesse sentido, o gerenciamento inteligente da TI pode ser visto como uma alternativa para as organizações não só minimizarem os danos de suas atividades causados ao meio ambiente, melhorarem a efetividade do consumo de energia elétrica, diminuir o descarte de equipamentos e reduzirem os custos operacionais do negócio (LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014), mas também para que elas desenvolvam um ambiente organizacional sustentável em harmonia com os anseios da sociedade atual.

## 2.2 PRÁTICAS DE TI VERDE NAS ORGANIZAÇÕES

A computação verde refere-se à prática de usar recursos de computação de forma mais eficiente, mantendo ou aumentando o desempenho geral (HARMON; AUSEKLIS, 2009). A adoção de práticas de TI Verde oferece benefícios financeiros e não financeiros aos negócios e

aos indivíduos. As iniciativas de sustentabilidade das empresas, como estratégia verde, gerenciamento da cadeia de suprimentos verde e implementação de tecnologias ambientais, podem gerar benefícios não financeiros que resultam em imagem de marca positiva, mitigação de passivos ambientais associados a produtos e serviços da empresa e influência positiva na mentalidade de clientes e investidores (SEN *et al.*, 2006; RAO; HOLT, 2005). Dessa forma, a adoção da TI Verde pode ser considerada um fator crítico, não apenas para a sustentabilidade das empresas, mas também para o sucesso da economia de baixo carbono (MOLLA, 2008). Por outro lado, Osch e Avital (2010) discutem a existência do benefício financeiro na adoção da TI Verde, o qual está associado especialmente à redução de custos. Entre eles, destaca-se a diminuição dos custos de operação e do custo de propriedade das tecnologias verdes, uma vez que a maior prioridade das empresas em questões ambientais é o imperativo de eficiência energética e controle de custos.

Devido às pressões da sociedade e iniciativa dos governos em criar leis e regulamentações no âmbito ambiental, cresce o número de mecanismos de regulação do mercado para lidar com a mudança climática, o que faz com que as empresas se concentrem também na sustentabilidade ambiental. Isso pode ser exemplificado por meio de empresas como Dell e Wal-Mart estarem pedindo para seus fornecedores que tomem medidas para “esverdear” seus produtos e processos de fabricação, forçando seus fornecedores a se comportarem de maneira ambientalmente correta (MOLLA, 2008; MINES, 2008; OZTURK *et al.*, 2011). Dessa maneira, regulamentações impostas ao mercado induzem automaticamente uma mudança de postura dos diversos *stakeholders*, regulando o mercado em prol das demandas ambientais e de uma postura ecologicamente correta.

Estudos feitos por Wati e Koo (2010), em relação às práticas de TI Verde de grandes empresas do setor de telefonia como Nokia, Samsung, Sony e Sony Ericsson, demonstram que a motivação para adoção está prioritariamente associada ao desenvolvimento de dispositivos verdes e aos esforços de eficiência energética. Os autores afirmam, ainda, que as organizações são incentivadas ou induzidas a desenvolver inovações na área de TI Verde devido a regulamentações e políticas do setor, seguido por uma combinação de maior conscientização e responsabilidade ambiental por parte do consumidor e da empresa. A empresa de varejo *Marks and Spencer*, do Reino Unido, por exemplo, definiu um plano ambicioso para ser neutra em carbono e almeja que nenhum de seus resíduos (incluindo os de TI) vá para aterros (MOLLA, 2008; OZTURK, 2011). Outros fornecedores líderes do mercado de TI, como Sun, IBM e EDS,

bem como provedores de serviços, como a Accenture, adotaram programas de reciclagem de lixo eletrônico (MINES, 2008).

Seja qual for o motivo, proativo ou reativo, há que se perceber a existência de um movimento nos últimos anos preocupado com as causas ambientais e com foco em tornar a economia mais sustentável, bem como uma tendência crescente em relação às preocupações de CEOs para reduzir as pegadas de carbono das organizações de uma forma geral (MOLLA; COOPER, 2014; LOESER, 2013; CHOU; CHOU, 2012; OZTURK *et al.*, 2011; MOLLA; ABARESHI, 2011; MURUGESAN, 2010;; HARMON; AUSEKLIS, 2009; OLSON, 2008).

Molla e Abareshi (2011) indicam que o *locus* dos motivos para a adoção da TI Verde ocorre principalmente internamente, enquanto o foco dos motivos combina objetivos econômicos, sociais e políticos. Em particular, a ecoeficácia e a ecoeficiência surgem como as razões mais importantes para influenciar a adoção da TI Verde. Os motivos relacionados à ecoeficiência refletem o desejo da organização em melhorar a sustentabilidade no que tange à dimensão ambiental, associado aos objetivos de redução de custos. Já os motivos relacionados à ecoeficácia referem-se ao sistema de crenças e valores da organização para alcançar resultados sociopolíticos associados aos resultados econômicos positivos, derivados da preocupação ambiental nas suas operações (SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020;; SALLES *et al.*, 2016; MOLLA; ABARESHI, 2012).

Entre esses motivos, embora a ecoeficiência tenha o efeito mais forte sobre a adoção de tecnologias de TI Verde, a ecoeficácia tem o efeito mais forte na adoção de políticas e práticas (MOLLA; ALBARESH, 2012; ALEMAYEHU; AHMAD, 2012). Isso implica que, dentro das organizações, um senso de responsabilidade corporativa e estratégia ambiental são indicadores importantes do desenvolvimento e implementação de políticas específicas de TI Verde. Isso ocorre porque, quando as organizações formulam estratégias ambientais, elas às vezes são motivadas pelo desejo de buscar a liderança no mercado em termos de alguns padrões como, por exemplo, a excelência ambiental e a consolidação de estratégias de diferenciação (ORSATO, 2006).

Tendo em vista que um dos objetivos da TI Verde está centrado em reduzir o consumo de energia, minimizando as emissões de gases de efeito estufa e usando sistemas de computadores e centros de dados operacionais, “esverdear” a TI pode levar não só à redução das emissões de carbono, mas também a economias significativas nos custos das organizações (MINES, 2008; MOLLA, 2008). Mas para que isso ocorra, é preciso que tanto fabricantes de *hardware* quanto empresas que usam TI apliquem os princípios de sustentabilidade, que

incluem prevenção da poluição, gestão de produtos e desenvolvimento sustentável na gestão de TI (HEDMAN; HENNINGSSON, 2016; MOLLA; ABARESHI, 2011). Acredita-se que nos próximos anos, o resultado inevitável é que grande parte das empresas passará a oferecer uma gama de novos produtos e serviços pautados na sustentabilidade ambiental das empresas, e novas oportunidades de negócios surgirão a partir desse movimento (HEDMAN; HENNINGSSON, 2016; OZTURK *et al.*, 2011).

Para Murugesan (2008), as práticas de TI Verde podem ser agrupadas em categorias como: Uso Verde, Descarte Verde, Design Verde, e Fabricação Verde. Essas categorias abrangem áreas de ênfase e atividades, tais como: projetos e estratégias para a sustentabilidade ambiental, incluindo projeto e localização de *data center*; computação energeticamente eficiente, incluindo gerenciamento de energia e virtualização; práticas de descarte e reciclagem que sejam responsáveis, sustentáveis e cumpram os requisitos regulatórios aplicáveis, juntamente com a prevenção da poluição; desenvolvimento de métricas verdes, bem como ferramentas de avaliação e uma metodologia (ISO 14001) para uso, e prática eficazes.

Murugesan (2008) define três abordagens para adotar práticas de TI Verde nas organizações. Elas podem variar de uma perspectiva mais incremental até a mais radical. O autor define três categorias de análise para identificar potenciais práticas a serem implementadas na hora de buscar incorporar a sustentabilidade ambiental na área de TI. São elas: a abordagem incremental, a abordagem estratégica e a abordagem radical para o verde. A Abordagem Incremental está relacionada à preservação da infraestrutura atual de TI, incorporando políticas e medidas simples para atingir objetivos pequenos. Essas medidas geralmente são de fácil implantação e sem muito custo. O retorno é quase imediato e pode ser observado analisando-se a redução no consumo de energia elétrica, por exemplo.

Já a Abordagem Estratégica tem foco na realização de uma auditoria na infraestrutura de TI, onde todos os equipamentos são analisados de forma individual ou em grupos, de acordo com a tipologia de equipamentos e/ou por categoria de aplicação. Nessa abordagem, compara-se a tecnologia atual com as novas tecnologias, gerando uma base de comparação para auxiliar na decisão, que pode ser remanejar recursos, reutilizar equipamentos através de *upgrades*, descartar esses equipamentos ou até substituí-los por novas tecnologias. Observa-se que embora o motivo principal ainda seja a relação custo-benefício, a redução na geração de CO<sup>2</sup> também é considerada. Por fim, a Abordagem Radical busca agregar as medidas da abordagem estratégica ao desenvolvimento de práticas mais institucionais como, por exemplo, a implementação de uma política de compensação de carbono para neutralizar a emissão de gases

que geram o efeito estufa, incluindo o plantio de árvores, a compra de créditos de carbono, a geração de energia limpa, a reutilização de recursos naturais como água das chuvas por meio de cisternas e a criação de programas de incentivo para que os funcionários e comunidade comprem essas ideias e as tornem parte do seu dia a dia na medida do possível.

Percebe-se cada vez mais que a TI Verde tem tratado e assumido um papel estratégico na incorporação de práticas ambientalmente corretas nas organizações, induzindo a um processo de incorporação da sustentabilidade de maneira transversal, uma vez que trata de questões como: projeto de equipamentos energeticamente eficientes (chips, unidades de disco); substituição de computadores pessoais por *thin clients* energeticamente eficientes; uso de software de virtualização para executar vários sistemas operacionais em um mesmo servidor; redução do consumo de energia dos *data centers*; utilização de fontes de energia renováveis para alimentar centros de dados; redução do lixo eletrônico gerado por equipamentos de computação obsoletos; promoção do teletrabalho e administração remota de computadores para reduzir as emissões de CO<sup>2</sup> derivado do transporte (OZTURK *et al.*, 2011; HEDMAN; HENNINGSSON, 2016; MOLLA, 2008).

Harmon e Auseklis (2009) destacam também que as práticas de TI Verde podem estar relacionadas à integração de práticas de computação mais verdes, como gerenciamento de energia, virtualização, aprimoramento da tecnologia de resfriamento, reciclagem, descarte de lixo eletrônico e otimização da infraestrutura de TI para atender aos requisitos de sustentabilidade. Iniciativas específicas servem de base para a criação de uma cultura organizacional voltada para a conscientização e gestão ambiental, aumentando a proporção de fornecimento de energia verde/limpa para operações intensivas de TI; utilizando papel, bem como demais equipamentos de escritório que sejam reciclados; aumentando as taxas de reciclagem; reduzindo as taxas de consumo e desperdício de insumos e, conseqüentemente, de geração de resíduos (OLSON, 2008).

Apesar do benefício dessas práticas ser presumido e válido, para Olson (2008), essas iniciativas referem-se a práticas verdes que incluem as estratégias de “nível corporativo” e argumenta que tal estratégia tem um potencial impacto positivo no meio ambiente. No entanto, em termos de sustentabilidade, a estratégia precisa considerar o aspecto comercial (econômico) e ecológico (ambiental) para permitir a identificação de benefícios em prol da receita e/ou custo de uma empresa, viabilizando a implantação dessas estratégias no âmbito institucional.

Espera-se, também, que a TI desempenhe um papel de liderança no suporte às iniciativas de sustentabilidade de uma empresa. Exemplos de tais iniciativas incluem o desenvolvimento

de ferramentas analíticas e sistemas de informação que suportam o roteamento dinâmico de veículos para reduzir o consumo de energia, a implementação de sistemas de gerenciamento de emissões e a suplantação de práticas comerciais emissoras de carbono por videoconferência e outras instalações de colaboração online (MOLLA, 2008).

Molla (2008) aponta tecnologias e iniciativas de TI Verde como: reciclagem de equipamentos, consolidação de servidores e virtualização, otimização da eficiência energética do *data center*, otimização de impressão, gerenciamento do fluxo de dados do *data center*, redimensionamento dos equipamentos de TI, considerações ecológicas no provisionamento (combinação de tecnologias e metodologias para gestão da TI) e em RFPs (*Request For Proposal*), alocação de orçamento para projetos de TI Verde, resfriamento líquido para equipamentos de TI, equipamentos de TI com alimentação CC (Corrente Contínua) e compensação de carbono.

São também exemplos de TI Verde, a prática de compras de equipamentos eletroeletrônicos, bem como a seleção e contratação de fornecedores que atendam aos pré-requisitos ambientais/ecologicamente corretos, isto é, dar preferência a equipamentos/empresas considerados “verdes”. Isso envolve a adoção de práticas de terceirização, como análise do *footprint* ambiental de uma cadeia de suprimentos de *hardware*, avaliação do histórico de fornecedores de *software* e serviços de TI, incorporando questões verdes (como design e embalagens recicláveis) na avaliação de fornecedores e inclusão de preocupações sociais (como o uso de trabalho infantil e presença de materiais nocivos na cadeia de suprimentos de TI) nas decisões de aquisição (SALLES; LUNARDI; THOMPSON, 2022; MOLLA; COOPER, 2014; LOESER, 2013; MARIANI; IMAM, 2012; CHOU; CHOU, 2012; HARMON; AUSEKLIS, 2009). Abrange, também, uma avaliação do desempenho ambiental de produtos como a adoção da ferramenta de Avaliação Ambiental de Produto Eletrônico, além do desenvolvimento de uma política ambiental clara para orientar a compra de TI Verde (MOLLA; COOPER, 2014; LOESER, 2013; OZTURK *et al.*, 2011; HARMON; AUSEKLIS, 2009).

Soma-se a isto a adoção de ferramentas analíticas para gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, gerenciamento ambiental e análise de pegadas de carbono. Inclui as TIC baseadas em soluções de negócios de baixo carbono, como videoconferência, *thin clients* e serviços de negócios baseados na web, colaboração virtual e telefonia IP (OZTURK *et al.*, 2011; OLSON, 2008; NUNN, 2007). A adoção de sistemas de TI Verde que integram informações de tecnologias de fornecimento e operação para a tomada de decisões gerenciais também é outra dimensão (MINES, 2008). Além disso, a virtualização de desktops e políticas

e práticas para gerenciamento de energia de PCs corporativos, o uso de PCs e regimes de otimização de impressão, programas de compensação de carbono (OZTURK, 2011), dimensionando do sistema de infraestrutura física crítica de rede (NCPI – *network-critical physical infrastructure*) para carga de TI, atualização para servidores com eficiência energética, retirada de sistemas antigos, uso de dispositivos NCPI eficientes e projeto de sistemas com eficiência energética entram nesse grupo de práticas verdes aplicadas à área de TI das organizações (RASMUSSEN, 2006).

É preciso destacar quanto ao efeito rebote da incorporação de práticas de TI Verde associadas à reutilização, reciclagem e descarte de *hardware* nas organizações, haja vista que devido ao crescimento e à rápida mudança das TICs, os dispositivos eletrônicos representam uma maior taxa de crescimento em termos percentuais no que tange ao quantitativo de resíduos e velocidade de geração destes resíduos (OZTURK *et al.*, 2011; MARIANI; IMAM, 2012). Paradoxalmente, as iniciativas de TI Verde implantadas para substituir equipamentos de TI antigos por equipamentos mais eficientes, em termos de energia, pode gerar um surto de desperdício eletrônico que consumiria recursos adicionais se o equipamento for substituído antes do final de sua vida útil (OZTURK *et al.*, 2011; MARIANI; IMAM, 2012; HARMON; AUSEKLIS, 2009; MURUGESAN, 2009).

Face o exposto, pode-se extrair da literatura categorias de práticas de TI Verde mais comuns no contexto organizacional como, por exemplo: Computação Energeticamente Eficiente (*Hardware e Software*); Gerenciamento de energia; Projetos de Equipamentos Verdes; Descarte e Reciclagem pautados na responsabilidade ambiental; Rotulagem Verde e Aquisição de produtos verdes; e Desenvolvimento de Políticas Corporativas de TI Verde que levem em consideração a estratégia ambiental da organização de forma global (MOLLA; COOPER, 2014; LOESER, 2013; MOLLA; ABARESHI, 2012; MARIANI; IMAM, 2012; CHOU; CHOU, 2012; HARMON; AUSEKLIS, 2009; RASMUSSEN, 2006), bem como outras práticas verdes associadas aos objetivos de ecoeficiência, ecoequidade e ecoefetividade (WATSON *et al.*, 2010).

Nesse sentido, as organizações ainda podem adotar outras iniciativas e práticas de sustentabilidade relacionadas à geração de energia limpa por meio da instalação de placas solares, planos de racionalização de energia, substituição da iluminação de mercúrio por lâmpadas de sódio que são mais eficientes, substituição de monitores convencionais CRT/LCD pelos de LED, substituição de computadores obsoletos por outros mais modernos e energeticamente mais eficientes, redução da utilização e redimensionamento de

condicionadores de ar, consolidação de impressoras e de *data centers*, virtualização e digitalização de documentos com foco na celeridade para executar processos, uma vez que esta certificação se refere à informatização de documentos e rotinas administrativas que antes demandavam alto consumo de papel e de outros recursos, como combustíveis para locomoção de processos, energia e espaço físico (LUNARDI; SIMÕES; FRIO, 2014; SALLES *et al.*, 2016; DOLCI *et al.*, 2015; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014).

### 2.3 TI VERDE E COMPETITIVIDADE ORGANIZACIONAL: GESTÃO ORIENTADA PARA A SUSTENTABILIDADE E NOVOS MERCADOS

Atualmente, a TI Verde tem sido considerada um investimento eficaz nas organizações, uma vez que promove uma gestão orientada para a sustentabilidade e é capaz de aumentar o valor comercial das organizações (ANTHONY; MAJID, 2016; AININ; NAQSHBANDI; DEZDAR, 2016). Face às demandas ambientais globais, as empresas estão buscando se tornar cada vez mais verdes e olhando mais profundamente para as operações de TI, de modo a reduzirem o consumo de energia corporativa e tornarem-se mais ambientalmente responsáveis (ANTHONY; MAJID, 2016; AININ; NAQSHBANDI; DEZDAR, 2016).

Nesse sentido, a TI corporativa das organizações está sentindo cada vez mais pressão dos *stakeholders* e encontrando oportunidades crescentes de melhorar suas práticas de sustentabilidade (MOLLA; COOPER, 2014; LOESER, 2013; MOLLA; ABARESHI, 2012; MURUGESAN, 2010; OSCH; AVITAL, 2010; HARMON; AUSEKLIS, 2009; OLSON, 2008; MOLLA, 2008; MINES, 2008). Muitas empresas vêm reagindo a essas pressões através de iniciativas, e estratégias para construir capacidades dinâmicas e formar alianças corporativas para inovar. Elas têm alocado estrategicamente seus recursos para se posicionarem no mercado *green* e, conseqüentemente, capturar os benefícios de fazer parte do rol de empresas que implementam e compartilham iniciativas de TI Verde (MINES, 2008).

Um novo mercado está se desenvolvendo para atender essas demandas ambientais e, desta maneira, profissionais, produtos e serviços precisam estar à disposição das organizações para que elas possam lidar com essas questões de forma competitiva, buscando resultados financeiros positivos e resultados corporativos orientados por uma postura baseada na sustentabilidade (AININ; NAQSHBANDI; DEZDAR, 2016).

Nesse contexto, um novo mercado de tecnologia é criado para empresas, sobretudo empresas que oferecem soluções na forma de produtos e serviços de TI Verde. Este mercado

pode ser definido basicamente como serviços de consultoria que contribuem para que a área de TI das organizações, assim como as empresas terceirizadas de TI, possam reduzir o impacto ambiental de suas atividades organizacionais, avaliando, planejando e implementando iniciativas que tornem a aquisição, a operação e o descarte de ativos de TI mais responsáveis ambientalmente (ANTHONY; MAJID, 2016; AININ; NAQSHBANDI; DEZDAR, 2016; MOLLA; COOPER, 2014).

Diversas empresas têm dado início a esse movimento, buscando estratégias para participar desse mercado nascente, o qual compreende desde as empresas que são provedoras de serviços de TI, especialistas em *data centers*, como HP e Intel, até consultores de estratégia corporativa, como Accenture e Deloitte (MINES, 2008). Isto mostra que há um movimento positivo na direção da consolidação desse novo mercado.

Desde a assinatura do protocolo de Kyoto, as organizações estão mais motivadas a reduzir suas emissões de carbono. As pressões regulatórias de governos e acordos globais sobre as mudanças climáticas também incentivam o desenvolvimento de uma economia baseada em melhores práticas corporativas pautadas na sustentabilidade. Dessa maneira, considera-se que o desenvolvimento e a implementação de sistemas de informação verdes e práticas de TI Verde serão inevitáveis no futuro (SALLES, LUNARDI; THOMPSON, 2022; MOLLA; COOPER, 2014; LOESER, 2013). Nota-se que é importante distinguir o que se entende por TI Verde e SI Verde. A TI Verde está focada principalmente na eficiência energética e utilização de equipamentos, enquanto o SI Verde se refere à concepção e implementação de sistemas de informação que contribuem para processos de negócios sustentáveis (OSCH; AVITAL, 2010; WATSON *et al.*, 2008).

Posto isto, gerenciar a infraestrutura de TI em relação à TI Verde exige um forte compromisso dos altos escalões corporativos, isto é, as lideranças organizacionais e os gestores sêniores de TI (SALLES *et al.*, 2016; MINES, 2008). Isto se deve ao fato de que empresas que quiserem tornar sua TI mais verde devem considerar e analisar suas limitações/restrições internas e externas, como custo, requisitos do cliente e regulamentações governamentais. Após a determinação da aplicação da TI Verde, tais empresas devem desenvolver uma política clara de TI verde, delineando metas, objetivos, planos de ação e cronogramas para efetivamente implementar estratégias de TI Verde para suas organizações (MURUGESAN, 2008).

Dessa forma, as organizações poderiam utilizar as práticas de TI Verde como fonte de vantagem competitiva, uma vez que ao fazerem escolhas certas orientadas para a sustentabilidade, também chamados de eco-investimentos, líderes, gestores e CEOs podem

transformar a organização, especialmente quando as estratégias de TI Verde estão alinhadas com as estratégias ambientais gerais das organizações nas quais elas são implementadas (ORSATO, 2006).

Com o foco em economizar dinheiro e reduzir os custos de energia, a TI Verde poderia ser vista como apenas uma maneira de reduzir as emissões mundiais de gases de efeito estufa (GEE) (LOESER, 2013). Talvez até mais importante do que isso, a TI poderia reverter essa tendência de forma significativa, permitindo práticas como a telecomputação (em que funcionários trabalham de forma remota sem necessidade de deslocamento físico) e o uso produtivo (sem desperdício) de energia (BROOKS; WANG; SARKER, 2010), transformando essencialmente o *modus operandi* das organizações em fazer negócios e gerar valor.

## 2.4 MODELOS DE MATURIDADE EM SUSTENTABILIDADE E TI

Diversos estudos presentes na literatura abordam questões relacionadas à pressão de instituições governamentais e institucionais que influenciam a difusão de práticas verdes nas organizações. Uma quantidade significativa de estudos também se preocupa com a necessidade de sugerir modelos ou estruturas que possam ajudar os profissionais a tomar decisões e fornecer suporte sobre como implementar tais práticas (ANTHONY JR; PA, 2016; BOKOLO; NORAINI, 2015; JENKIN *et al.*, 2011; WATSON *et al.*, 2010;).

Alemayehu e Ahmad (2012) pesquisaram os fatores que influenciam a adoção de tecnologias verdes nas empresas. Eles investigaram empiricamente a influência das motivações de sustentabilidade na adoção da TI Verde, mostrando que os motivos de ecoeficiência e ecoeficácia influenciam a adoção de tecnologias que melhoram a eficiência energética da infraestrutura de TI e subsequente redução da poluição. Eles também explicam as diferenças na aceitação de estratégias e práticas que visam aprimorar a ética do produto no ciclo de vida de TI, da fase de fornecimento à eliminação. Os autores ainda propuseram uma estrutura de pesquisa que compreende o motivo de ecoeficiência, o motivo de ecoeficácia, o motivo de responsividade ecológica e o motivo de legitimidade ecológica como variáveis independentes e a adoção da TI Verde como variável dependente. As variáveis de controle foram o tamanho da empresa e o tipo de setor.

Chen *et al.* (2011) analisaram a perspectiva institucional da adoção da TI/SI Verde. Os pesquisadores buscaram entender como as pressões institucionais afetam a implementação de SI/TI Verde em uma empresa, ao analisarem práticas de SI/TI ecológicas com ênfase estratégica na prevenção da poluição, na administração de produtos e no desenvolvimento sustentável.

Cada perspectiva de análise da pesquisa desenvolvida incorpora os diferentes papéis desempenhados pelas TIC (como um problema) e pelos SI (como uma solução). Os autores apresentaram um modelo de pesquisa que compreende diferentes tipos de pressões (miméticas, mimética-coercitiva e coercitiva) como variáveis independentes e a adoção de SI/TI Verde como variável dependente. Como variáveis de controle, foram utilizadas o tipo de setor industrial e a faixa de receita da organização.

Sulaiman *et al.* (2015) trabalharam sobre o impacto das práticas de TI Verde no desempenho organizacional e examinaram os fatores que afetam a intensidade de adoção das práticas de TI Verde e sua influência subsequente no desempenho da empresa, no contexto de um país em desenvolvimento. Os pesquisadores recomendaram um modelo de pesquisa que compreende as pressões institucionais, a consideração de consequências atuais e futuras como variáveis independentes e a adoção de práticas de TI Verde como variável dependente, o tipo e o tamanho do setor da empresa foram utilizados como variáveis de controle. Também foram incluídas como variáveis dependentes do modelo de pesquisa o desempenho econômico, o desempenho ambiental e a satisfação do cliente.

Stefan *et al.* (2010) exploraram os facilitadores e barreiras à adoção organizacional de práticas de negócios sustentáveis. Eles acreditavam que havia a necessidade de investigar como as práticas sustentáveis podem ser adotadas dentro de uma empresa para permitir, apoiar ou alcançar a sustentabilidade a longo prazo. Sua ideia conceitual compreende a definição estratégica, o suporte organizacional, a motivação e a rastreabilidade por meio de sistemas de informação como variáveis independentes e a adoção bem-sucedida de práticas sustentáveis como variável dependente.

Stan *et al.* (2010) desenvolveram uma estrutura conceitual baseada em um estudo de caso exploratório em *data centers* verdes. Os pesquisadores contribuíram identificando os antecedentes da adoção de tecnologias e técnicas, incluindo aquelas que são comumente aceitas para produzir resultados bem-sucedidos, como as melhores práticas nos *data centers* verdes. A estrutura conceitual desenvolvida visa mostrar as variáveis que influenciam a adoção das melhores práticas nos *data centers* verdes nas empresas, incluindo as forças institucionais, motivação, habilidade e expectativa como variáveis independentes e adoção das melhores práticas de *data center* verde como variável dependente.

Dolci *et al.* (2015) também forneceram experiências empíricas e características de organizações que adotaram práticas de TI Verde. O quadro teórico adotado enfatizou o papel das equipes de TI na institucionalização da dimensão ambiental da sustentabilidade nas

organizações. O *framework* tinha como objetivo inter-relacionar propriedades institucionais de tecnologia, pessoas e organizações. Os autores mostraram que a adoção de tecnologias verdes mais flexíveis depende da aceitação dos usuários para se tornarem institucionalizadas. Outras considerações acerca da racionalização da equipe de gestão sobre a importância da adoção e a percepção da efetividade dos resultados obtidos com a implementação das práticas de TI Verde também foram levantadas pelos pesquisadores como um aspecto antecedente da adoção de TI Verde.

Percebe-se que muitos modelos, estruturas e ferramentas para avaliar o impacto ambiental da TI Verde foram lançados nos últimos anos, tanto de pesquisas quanto de práticas (GARTNER, 2013; CURRY *et al.*, 2013; UK HM GOVERNMENT, 2013; DEMONSABERT; ODEH; MESZAROS, 2012; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011; DONNELLAN; SHERIDAN; CURRY, 2011). Além disso, existem ferramentas gerais de avaliação de impacto que também podem ser aplicadas à TI, como análises do ciclo de vida ou auditorias de gases de efeito estufa (ELLIOT, 2007). A maioria dos modelos e ferramentas concentra-se na eficiência energética e na redução dos impactos negativos da TI. Outros estudos como os desenvolvidos por Gartner (2013), Molla (2008) e Molla *et al.* (2011) capturam a TI em uma perspectiva mais ampla, mas ainda se limitam aos impactos diretos no escopo ou são considerados muito abstratos.

Complementarmente, há também muitos estudos focados em fornecer modelos de maturidade relacionados à sustentabilidade, nos quais levam em consideração os processos e/ou operações, bem como a gestão da organização (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; THABIT; AISSA; JASIM, 2021; SINGH, SAHU, 2020; NUBER; VELTE; HÖRISCH, 2020; AJMAL *et al.*, 2018; DE HAES *et al.*, 2016; VERRIER; ROSE; CAILLAUD, 2016; PIGOSSO; McALOONE, 2016; SILVIUS; SCHIPPER, 2015; MACHADO *et al.*, 2015; HANKEL *et al.*, 2014; MASALSKYTE *et al.*, 2014; HYNDS *et al.*, 2014; INTRONA *et al.*, 2014; POLI *et al.*, 2014; REEFKE; AHMED; SUNDARAM, 2014; ROMERO; MOLINA, 2014; CURRY *et al.*, 2013; SRAI; ALINAGHIAN; KIRKWOOD, 2013; NGAI *et al.*, 2013). No entanto, para desenvolver uma estrutura de gerenciamento para TI Verde é desejável que se tenham modelos de maturidade específicos e que permitam guiar e realizar atividades relacionadas ao gerenciamento de TI Verde de forma gradual e sistemática (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020; ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; TEIXEIRA FILHO, 2015; MIYASHIRO *et al.*, 2011).

Um modelo de maturidade, de forma geral, tem o propósito de ser utilizado como base para avaliar diferentes organizações, analisar padrões de desenvolvimento de práticas, projetos e resultados, bem como estabelecer comparações (PRADO, 2016; TEIXEIRA FILHO, 2015). Dessa maneira, um modelo de maturidade é uma coleção estruturada de elementos que descrevem certos aspectos da maturidade de uma organização. A partir do seu nível de maturidade é possível prever seu futuro desempenho em uma dada área ou conjunto de disciplinas. Os resultados oriundos da análise sob a perspectiva de um modelo de maturidade servem como um ponto de partida, um *framework* para priorizar ações e a definição de estratégias organizacionais para alcançar melhorias mais significativas ou níveis de maturidade mais altos para uma determinada organização (PRADO, 2016; TEIXEIRA FILHO, 2015).

De modo geral, os modelos de maturidade procuram unificar uma mesma visão, tratando a evolução da maturidade como estágios de crescimento nos quais as organizações vão evoluindo e conquistando um maior grau de maturidade a cada etapa (PRADO, 2016; TEIXEIRA FILHO, 2015). Nesse sentido, as organizações modernas, independentemente do porte, podem utilizar conceitos e modelos de maturidade para acelerar o seu desenvolvimento, no que diz respeito às práticas, processos e aumento do nível de maturidade em áreas consideradas estratégicas. Estima-se que as organizações consideradas maduras podem ter projetos e resultados executados com maior previsibilidade, o que reduz o risco, os custos e os prazos de execução. Assim, conforme as organizações avançam nas escalas de maturidade, aumenta-se em 1/3 a previsibilidade da execução dos projetos e reduz-se em 20% o tempo necessário para executar os processos com êxito (PRADO, 2016; TEIXEIRA FILHO, 2015).

Teixeira Filho (2015) destaca que as organizações diferem drasticamente em seus níveis de maturidade, mesmo aquelas pertencentes ao mesmo ramo de atividade. O autor destaca também que existem benefícios associados à avaliação da maturidade de uma organização em relação à TI como, por exemplo, a maturidade em gerenciamento de projetos está diretamente ligada à melhoria na performance. Da mesma forma, destaca-se que mesmo empresas com níveis de maturidade altos ainda podem evoluir.

Para Crawford (2007), o nível adequado de maturidade que uma organização deve obter é definido por uma avaliação detalhada realizada por profissionais. Uma consultoria especializada poderá indicar quando a organização estiver de acordo com as exigências/requisitos e normas/padrões de eficácia definidos pelo modelo de maturidade escolhido para analisar o caso. Dessa forma, alcançar a maturidade é um processo gradual, durante o qual organizações observam melhorias nas suas diferentes fases de

crescimento/desenvolvimento. Assim, quando as organizações seguem as propostas sugeridas pelos modelos de maturidade e alcançam níveis mais altos podem obter resultados e benefícios significativos de desempenho em seus projetos, sobretudo na satisfação do cliente (TEIXEIRA FILHO, 2015).

De forma geral, entre os resultados/benefícios associados aos níveis de maturidade organizacional mais altos, destacam-se: prazos de conclusão mais curtos, melhor controle de custos, melhor gestão estratégica para tomada de decisão, crescimento sustentável e rentabilidade a longo prazo, maior nível de maturidade na gestão de projetos, melhor desempenho em todos os domínios da organização, aumento da maturidade global da organização diretamente responsável pela melhoria na gestão de riscos, seguido por gestão de contratos e gestão de custos (CRAWFORD, 2007).

Face ao exposto, percebe-se a importância de se estabelecerem modelos de maturidade que possibilitem uma visão mais abrangente da maturidade das organizações em áreas consideradas estratégicas. Existem diversos modelos que focam seus esforços de teorização e medição em disciplinas distintas, de acordo com o tipo de organização ou conjunto de processos em questão. No caso da presente pesquisa, o que se percebe na literatura é uma quantidade limitada de modelos de maturidade para avaliar TI Verde (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; SINGH, SAHU, 2020; ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; TEIXEIRA FILHO, 2015; MANGALARAJ; SINGH; TANEJA, 2014; BOCCO; LEMUS; VELTHUIS, 2014; UK HM GOVERNMENT, 2013; DEBRECENY; GRAY, 2013; ISACA, 2012; MIYASHIRO *et al.*, 2011; JARMOSZKO *et al.*, 2011; PHILIPSON, 2010; BUDGEN *et al.*, 2008 STANDING; JACKSON, 2007) e que uma grande parcela destes estudos são, muitas vezes, proposições conceituais que carecem de validação empírica através de experimentos e estudos de caso mais aprofundados. Portanto, qualquer iniciativa de desenvolvimento de um modelo de maturidade de TI Verde deve ser acompanhado de sua validação correspondente, de modo que permita que ele seja estabelecido como um modelo correto, completo e aplicável nas organizações.

Dessa maneira, a existência de um número pequeno de estudos relacionados aos modelos de maturidade da TI Verde demonstra uma demanda latente e recente, fazendo surgir um novo campo de estudo, cuja necessidade reside em desenvolver estruturas de TI Verde comuns e atualizadas, bem como modelos de maturidade para essas estruturas, que permitam estabelecer, avaliar e melhorar as aplicações realizadas nesta área.

Patón-Romero e Piattini (2017) realizaram um mapeamento sistemático na área de modelos de maturidade de TI Verde, obtendo uma visão geral e conhecimento atualizado sobre essa área. O estudo teve como objetivo examinar o estado da arte das publicações no campo dos modelos de maturidade em sustentabilidade e, em particular, a TI Verde, a fim de identificar as características mais importantes e as deficiências existentes nos modelos disponíveis, e propor novas áreas de pesquisa. O estudo buscou investigar quais eram as propostas existentes nos modelos de maturidade da sustentabilidade, que evidências empíricas existem nos modelos de maturidade da sustentabilidade e, por fim, quais os padrões, estruturas ou modelos são seguidos para medir a maturidade/evolução da TI Verde nas organizações.

Os resultados do estudo de Patón-Romero e Piattini (2017) mostraram que os modelos de maturidade em sustentabilidade tendem a se concentrar nas áreas de processos/operações e gerenciamento de organizações. Além disso, destacaram atenção para um grande número de modelos de maturidade (em sustentabilidade e em TI Verde) que apresentam inconsistências e ausência de validação científica. Os pesquisadores apontaram também que o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) é o modelo mais usado no desenvolvimento de modelos de maturidade na área de TI Verde, uma vez que é um modelo que se mostra bem completo.

Os resultados e observações de Patón-Romero e Piattini (2017) também representam grande relevância e oportunidade para os pesquisadores e gestores de organizações nas áreas de sustentabilidade e TI Verde. Isso porque evidenciam um novo campo de trabalho, no qual pesquisadores da área de tecnologia e gestão podem desenvolver e testar novos modelos de maturidade de TI Verde, ajudando a avançar e consolidar esse campo de estudo. Da mesma forma, diversas organizações poderão implementar boas práticas de TI Verde, amparadas por um instrumento de mensuração de resultados nesta área, isto é, uma ferramenta que permitirá avaliar a situação dos processos e estratégias de negócios para melhorar gradualmente e sistematicamente em termos de ações de sustentabilidade aplicadas à área tecnológica.

Os modelos de maturidade na área de TI funcionam como mecanismos para auxiliar os gestores no gerenciamento das atividades técnicas, na padronização e manutenção da qualidade das informações geradas e armazenadas nos sistemas das organizações. Os modelos também possuem importância estratégica, uma vez que funcionam como uma ferramenta para a Governança da TI (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MERHOUT; O'TOOLE, 2015).

A padronização dos processos desenvolvidos nessa área tende a melhorar a confiabilidade, a previsibilidade, o aumento da flexibilidade e a agilidade no desenvolvimento

de *softwares* e/ou sistemas computacionais, do mesmo modo que a gestão dos recursos de tecnologia aliados à estratégia corporativa encontra apoio nos modelos de maturidade que surgiram da necessidade de incorporar a TI na governança corporativa (MERHOUT; O'TOOLE, 2015). Entre os padrões, estruturas ou modelos de maturidade de TI Verde encontrados na literatura, boa parte se baseia no CMM (*Capability Maturity Model*) e no CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), cujo conceito de maturidade dos processos de software foi inspirado nas técnicas da Gestão da Qualidade Total (TQM) (PATÓN-ROMERO *et al.*, 2021; ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; BOCCO; LEMUS; VELTHUIS, 2014 UK HM GOVERNMENT, 2013; ISACA, 2012; JARMOSZKO *et al.*, 2011; PHILIPSON, 2010; BUDGEN *et al.*, 2008) ou utiliza a metodologia COBIT da Governança de TI (*Control Objectives For Information and Related Technology*) como base para propor novos modelos que medem a maturidade da TI Verde nas organizações (STANDING; JACKSON, 2007) .

O CMM® foi desenvolvido pelo Instituto de Engenharia de Software (SEI) da Carnegie Mellon University, em 1995, e atualmente é administrado pelo Instituto CMMI (adquirido recentemente pela ISACA - Associação de Auditoria e Controle de Sistemas de Informação) (PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017). A partir desta metodologia, destaca-se o *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) que pode ser traduzido como Modelo de Capacidade e Maturidade Integrado, cujo foco está no desenvolvimento, aquisição e entrega de melhores produtos e serviços para o cliente. Ele é composto por um conjunto de métricas, semelhante ao ciclo PDCA, que tem como objetivo fornecer às empresas mecanismos para avaliar e melhorar os processos organizacionais para o desenvolvimento, manutenção e operação de sistemas de informação e produtos de *software*. Além disso, auxilia também os gestores a melhorar a qualidade de seus produtos, a manter o rigor nos prazos e custos pré-estabelecidos, reduz a dependência dos colaboradores e incentiva a melhoria contínua no desenvolvimento de processos, produtos e serviços (ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MERHOUT; O'TOOLE, 2015; MIYASHIRO *et al.*, 2011).

Por sua vez, o outro modelo de maturidade muito aplicado na área de TI é o COBIT. Ele foi criado no final da década de 1990 pelo *IT Governance Institute* (ITGI) e seu objetivo está relacionado ao controle das práticas de TI, ao invés de sua execução, tendo como principais aspectos: (i) prover o alinhamento estratégico da TI ao negócio, maximizando seu retorno; (ii) garantir que os recursos de TI sejam utilizados com moderação e (iii) que os riscos associados

à TI sejam mitigados. Dessa maneira, o modelo contribui para melhorar a qualidade dos produtos e serviços, adequar o uso dos recursos e investimentos realizados e o atendimento aos requisitos da governança organizacional. O COBIT apresenta três categorias de modelos que se relacionam aos processos, governança e maturidade (ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MERHOUT; O'TOOLE, 2015).

O modelo de maturidade COBIT apresenta a versão 4.1 que destaca aspectos relacionados ao controle, à gestão e à entrega dos serviços de TI por meio de 34 processos distribuídos em quatro dimensões. Uma versão mais atualizada deste modelo, o COBIT 5.0, apresenta uma abordagem um pouco mais abrangente, já que é aplicado tanto na governança quanto na gestão da TI. Nesse sentido, o COBIT 5.0 acaba por ser mais completo. Ele apresenta em sua estrutura ferramentas para a gestão da TI; indicadores de desempenho que auxiliam na identificação de falhas a serem corrigidas; pontos críticos no processo e mecanismos para mitigá-los; processos para apoiar e suportar o alinhamento estratégico de TI ao negócio da empresa ou do cliente, agregando uma visão ampla que congrega os diversos componentes de um sistema de gestão e governança de TI, buscando aderência ao negócio e o atendimento dos requisitos das partes interessadas. O fato de o COBIT 5.0 contemplar a perspectiva das partes interessadas, que afetam e que são afetadas pelo desempenho de determinada organização, faz dele um modelo de maturidade com uma perspectiva mais holística e transversal, pressuposto básico para se analisar a sustentabilidade de maneira geral nas organizações (ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MERHOUT; O'TOOLE, 2015).

O COBIT 5 define 17 objetivos genéricos, que incluem o relacionamento com as dimensões do Balanced Scorecard (BSC), os objetivos corporativos e os objetivos da Governança de TI, que suportam a realização de benefícios, otimização do risco e otimização dos recursos (ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MERHOUT; O'TOOLE, 2015). Os aspectos econômicos abordados pelo COBIT 5 referem-se à gestão de custos, otimização de recursos e controle de fornecedores e contratação de serviços, e a garantia da transparência da destinação e aplicação dos recursos às partes interessadas (ASANZA *et al.*, 2017; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MERHOUT; O'TOOLE, 2015).

No entanto, apesar de incluir as partes interessadas e apresentar objetivos e dimensões de análises aproximadas com a perspectiva holística da sustentabilidade nas organizações, o COBIT apresenta algumas limitações. Dentre elas, destaca-se a falta de ênfase na atitude da organização em relação à sustentabilidade; as políticas de TI que envolvem a origem, o uso e a

disposição dos ativos de TI que não contam com a sustentabilidade; a falta de ênfase na implementação de políticas de TI sustentável nas operações diárias dentro de uma empresa; a falta de ênfase na importância das práticas sustentáveis de TI para garantir a segurança ambiental; a falta de consideração da responsabilidade social da organização em agir de maneira sustentável; a falta de consideração a respeito de seguros contra riscos que comprometam a sustentabilidade; a falta de ênfase nas interdependências entre negócios e meio ambiente em que opera; e, por fim, a sustentabilidade não é considerada como um problema de gerenciamento corporativo (ASANZA *et al.*, 2017).

O resultado desta análise encontra amparo em pesquisa realizada por Molla *et al.* (2013), na qual foram entrevistados uma grande quantidade de profissionais da área de TI, entre executivos e gestores, objetivando identificar as percepções destas pessoas na aplicação do modelo como referência para suportar a gestão sustentável da TI, que demonstrou que os aspectos ambientais e, parcialmente, os sociais não estão cobertos pelo modelo de maturidade COBIT 5.0 (ISACA, 2017).

Para driblar essas limitações, alguns estudos sugerem a combinação de modelos para a consolidação de um modelo resultante, mais próximo da realidade e que consiga efetivamente medir os esforços e o desempenho das organizações na área de TI em relação à sustentabilidade. Para tanto, é possível maximizar os efeitos combinados do COBIT 5.0 e do CMMI (ISACA, 2017): esta proposta está sendo desenvolvida (ISACA, 2012), a fim de adaptar o modelo CMMI ao COBIT 5.0 (ISACA, 2012), identificando em quais níveis de maturidade do modelo CMMI devem ser incluídos os diferentes processos de governança e gerenciamento de TI do COBIT 5 (PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017).

Nesse sentido, percebe-se que ainda há um *gap* na literatura a ser suprido quando se trata de modelos de maturidade de TI Verde mais robustos, cientificamente válidos, capazes de fornecer informação para avaliação da maturidade, diagnóstico da situação da organização, desenvolvimento de medidas de comparação e suporte na definição de planos de longo e curto prazo para alcançar objetivos de sustentabilidade corporativa, induzidos, neste caso, pela área de TI da organização.

Conclui-se que a literatura de TI carece de pesquisas focadas em como avaliar o nível de desenvolvimento da sustentabilidade das organizações na área de TI, que se traduz, de maneira geral, pelas suas estratégias ambientais e práticas verdes. Conforme exposto anteriormente, vários estudos analisaram aspectos diversos da adoção de práticas verdes na área de TI e suas correlações, impactos e benefícios para melhorar o desempenho das organizações,

testando e demonstrando sua utilidade para estudar os determinantes, antecedentes e consequentes da adoção de TI Verde sob as diversas perspectivas do conceito. Ao se propor o Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV), esta pesquisa contribui para a teoria e prática das organizações nesse campo do conhecimento.

O modelo proposto visa auxiliar gestores e especialistas com uma ferramenta capaz de avaliar de forma global/aprofundada/sistêmica, sob várias perspectivas (organizacionais, tecnológicas, econômicas, ambientais, sociais e mercadológicas) a maturidade da TI Verde nas organizações. Dessa forma, tal modelo pode contribuir para a revisão da estratégia de sustentabilidade da organização, focando na economia de recursos financeiros, na redução da emissão de CO<sub>2</sub>, na minimização do consumo de energia de equipamentos de TI e, conseqüentemente, na elevação dos níveis de maturidade de TI Verde e aumento do valor comercial da empresa.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por finalidade apresentar de forma clara e aprofundada como a pesquisa foi desenvolvida. Para tanto, a metodologia da pesquisa está estruturada da seguinte forma: caracterização da pesquisa, definição dos objetivos alcançados, detalhamento do desenho de pesquisa, roteiro metodológico de coleta de dados (revisão sistemática de literatura, estudo de caso, e aplicação do método *Design Science Research* para desenvolvimento e validação do modelo de maturidade de TI Verde proposto – MMTIV). Cada uma das subseções deste capítulo foi desenvolvida elucidando os procedimentos metodológicos fundamentados pela respectiva literatura científica, com o intuito de justificar sua aplicação na presente pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à **abordagem**, a presente pesquisa foi desenvolvida sob uma perspectiva **qualitativa**. A abordagem qualitativa se torna relevante para permitir a percepção da individualidade e dos significados múltiplos atribuídos pelos indivíduos a uma determinada realidade (GIL, 2010). As investigações de caráter qualitativo têm como alvo situações complexas ou estritamente particulares.

Os estudos que empregam essa abordagem podem ajudar a descrever a complexidade de determinado problema, analisar a interação de certos elementos, compreender e classificar processos dinâmicos vividos por indivíduos e grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo e possibilitar, em maior nível de profundidade, o entendimento de particularidades de um determinado fenômeno ou contexto (GIL, 2010; LAKATOS; MARCONI, 2009; STEBBINS, 2001).

Para Minayo (2001), a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. Além disso, a abordagem qualitativa ainda garante a riqueza dos dados, permite observar um fenômeno em sua totalidade e facilita a exploração de possíveis contradições e paradoxos, com o intuito de oferecer descrições ricas e bem fundamentadas, bem como explanações sobre o contexto onde o fenômeno ocorre e do qual faz parte (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Quanto à realização dos **objetivos**, a pesquisa contemplou etapas **exploratórias e descritivas**. A etapa exploratória buscou explorar o problema, já que as variáveis importantes podem não ser conhecidas ou não estarem consolidadas (LAKATOS; MARCONI, 2009; COOPER; SHINDLER, 2003). Normalmente, este tipo de pesquisa é utilizado com o intuito de proporcionar maior familiaridade com o assunto, com o problema, para maior conhecimento ou para construir hipóteses, tornando-o mais explícito (GIL, 2010; LAKATOS; MARCONI, 2009). Assim, a etapa exploratória tem como principal objetivo desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias (GIL, 2010), favorecendo uma nova compreensão do problema, indicando conceitos claros, prioridades e definições operacionais (COOPER; SHINDLER, 2003; STEBBINS, 2001) que servirão de base para pesquisas complementares (LAKATOS; MARCONI, 2009; STEBBINS, 2001).

Por conseguinte, a etapa descritiva busca relatar como o fenômeno foi observado no decorrer da pesquisa, bem como descrever as características/evidências encontradas em determinada população, indivíduo, local, organização ou fenômeno ao confrontar a teoria com o contexto estudado. Nesse sentido, a etapa descritiva da pesquisa descritiva tem a finalidade de descrever com exatidão fatos e fenômenos de determinada realidade e estabelecer relações entre as variáveis estudadas (GIL, 2010; LAKATOS; MARCONI, 2009). Essa etapa compreende, literalmente, a descrição de fatos, opiniões ou comportamentos, buscando mapear a distribuição de um fenômeno na população ou no contexto estudado (GIL, 2010; LAKATOS; MARCONI, 2009). A pesquisa descritiva observa, registra, analisa e correlaciona fatos e fenômenos (variáveis) sem manipulá-los (GIL, 2010).

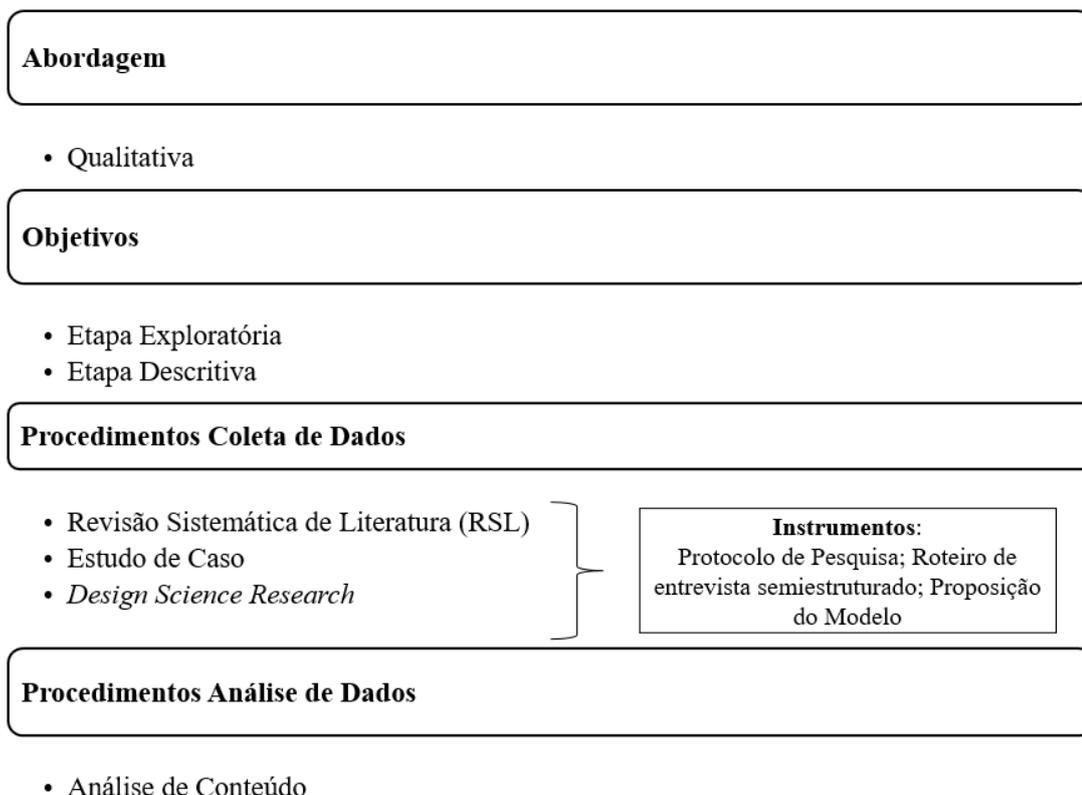
Como forma de atender aos objetivos propostos nesta pesquisa, optou-se pela utilização de uma abordagem de coleta de dados que permite a integração sistemática de diferentes métodos (predominantemente qualitativos), simultaneamente ou sequencialmente, no mesmo estudo (VENKATESH; BROWN; SULLIVAN, 2016). Essa estratégia de seleção conjunta de dados permite que se busquem informações em níveis distintos de análise para obter uma visão mais ampla e um maior entendimento do objeto de pesquisa, superando os vieses naturais que atingem estudos com abordagens singulares (PARANHOS *et al.*, 2016; VENKATESH; BROWN; SULLIVAN, 2016; SMALL, 2011).

O argumento para a seleção desta abordagem metodológica reside na combinação de vantagens extraídas das análises em um determinado desenho de pesquisa (SILVA, 2018; PARANHOS *et al.*, 2016). Dessa maneira, entende-se que a organização da pesquisa com a utilização de técnicas distintas de investigação possibilita o desdobramento de evidências,

também distintos, a respeito do fenômeno estudado, o que não aconteceria se fossem utilizados apenas uma destas técnicas individualmente (SILVA, 2018; PARANHOS *et al.*, 2016; SMALL, 2011; SCHMITTER, 2008). Small (2011) afirma que a integração de abordagens metodológicas é importante, tanto em relação às técnicas quanto aos dados, uma vez que possibilitam (1) confirmação e (2) complementariedade dos fenômenos estudados.

Como **procedimentos de coleta de dados** foram utilizados os seguintes métodos, apresentados na Figura 1, para realização da pesquisa: Revisão Sistemática da Literatura, Estudo de Caso e o método *Design Science Research*. Quanto aos **procedimentos de análise dos dados coletados**, realizou-se a análise dos dados qualitativamente mediante Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011; GBRICH, 2007; POPE *et al.*, 2006; MAYRING, 2000). A descrição, em maior profundidade, dos procedimentos de coleta e análise dos dados serão apresentadas na seção 3.4 que versa sobre o roteiro metodológico da pesquisa.

**Figura 1 – Caracterização da Pesquisa**



**Fonte: Elaboração própria**

### 3.2 OBJETIVO DA PESQUISA

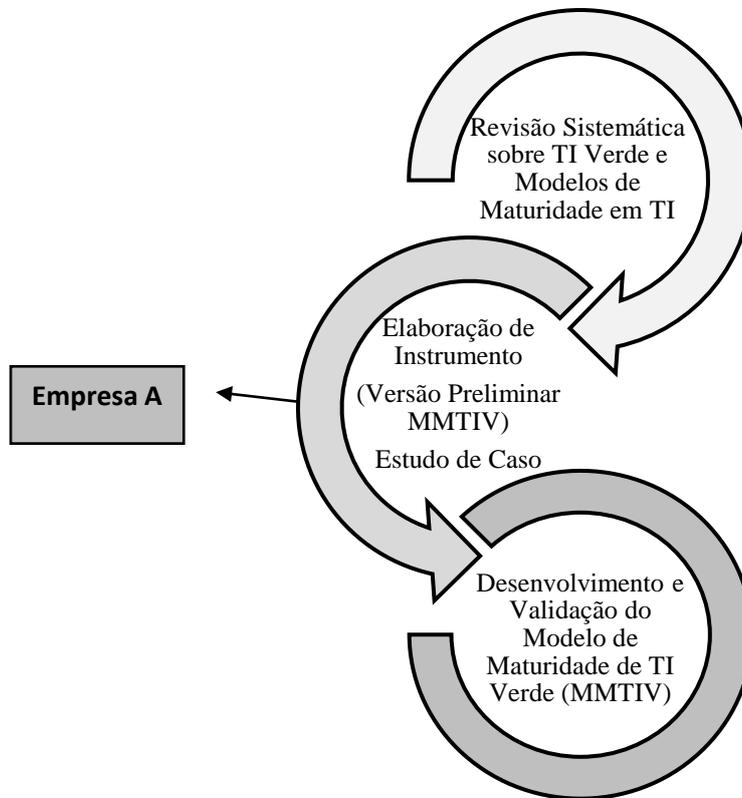
O **objetivo principal** da presente pesquisa é propor um **MODELO DE MATURIDADE DE TI VERDE (MMTIV)** específico para avaliar o grau de desenvolvimento organizacional em diferentes dimensões/perspectivas de análise em relação à sustentabilidade dos processos relacionados à TI. Tal proposta avalia as organizações através de uma perspectiva corporativa, que pressupõe uma análise mais ampla (holística) da organização (MURUGUESAN, 2008).

Em termos de **objetivos secundários**, a presente pesquisa buscou:

- Revisar de forma sistemática a literatura sobre TI Verde, elucidando o estado da arte sobre a temática, no que tange às práticas de TI Verde e os Modelos de Maturidade de TI existentes;
- Desenvolver instrumento de coleta de dados e versão preliminar do modelo de maturidade MMTIV proposto;
- Realizar estudo de caso para aplicar o MMTIV preliminar; e
- Aplicar a metodologia *Design Science Research* para desenvolvimento e validação do modelo MMTIV.

A realização do estudo caso permitiu analisar, em profundidade, como uma determinada empresa pode desenvolver de maneira contínua iniciativas de sustentabilidade na área de TI (TI Verde). Esse caso forneceu dados que foram analisados e serviram de base para, posteriormente, auxiliar no processo de construção e validação do modelo de maturidade, fortalecendo as categorias de análise definidas preliminarmente, bem como sugerindo *insights* de questões emergentes que podem não ter sido elucidadas pela revisão teórica. Para cumprir os objetivos primário e secundários propostos, optou-se por desmembrar a metodologia em três fases interdependentes que contribuiriam para o alcance do objetivo principal que foi a elaboração do Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV). Posto isto, esta pesquisa tem como objetivo apresentar três produtos finais, um em cada uma das suas três fases, conforme Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Resultados propostos pela pesquisa



Fonte: Elaboração própria

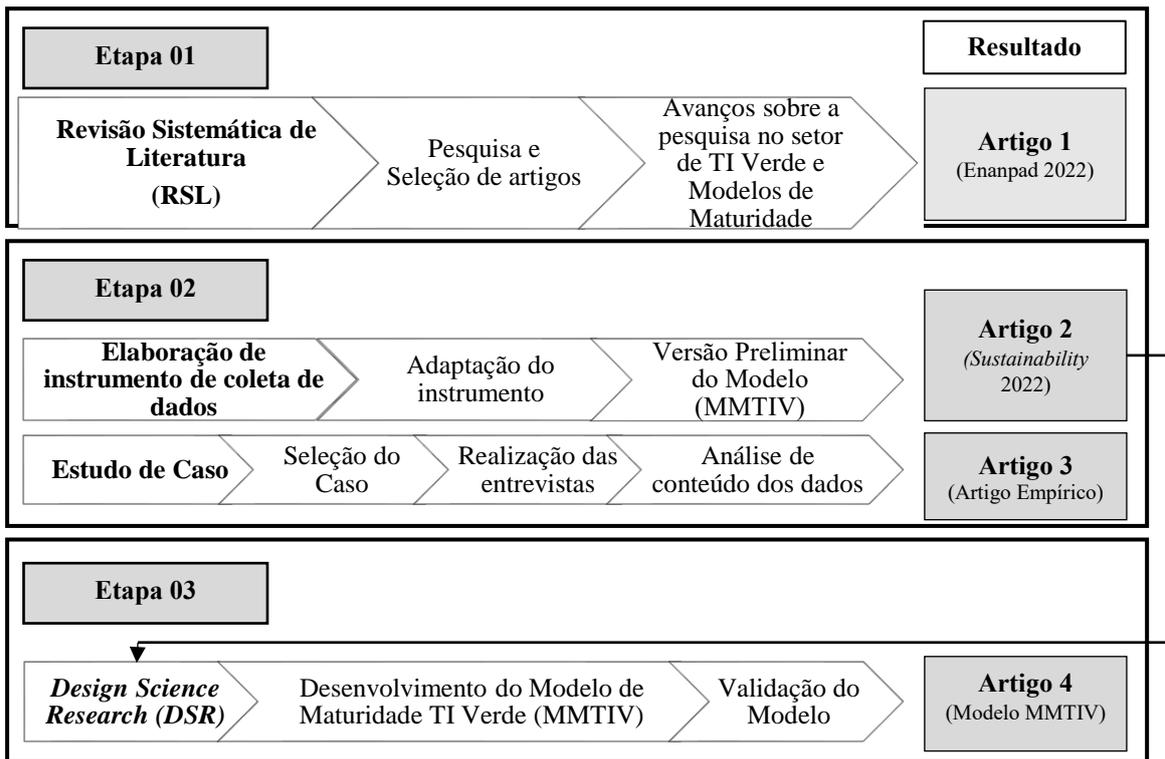
### 3.3 DESENHO DE PESQUISA

O desenho de pesquisa é caracterizado por um esquema conceitual que auxilia o pesquisador na definição de uma ordem lógica das fases para a realização da pesquisa, facilitando, assim, a sua viabilidade (LAKATOS; MARCONI, 2009). Nele são descritos os diferentes métodos e técnicas escolhidos pelo pesquisador para que o problema de **pesquisa** seja tratado de forma eficiente, guiando o alcance dos objetivos estipulados em cada fase de coleta e análise dos dados (LAKATOS; MARCONI, 2009). Nesse sentido, a integração de métodos favorece a construção de um desenho de pesquisa mais robusto (PARANHOS *et al.*, 2016).

O desenho de pesquisa deve ser feito *a priori*, isto é, antes da pesquisa em si. Ele objetiva conjugar teoria (ao falar do modelo), técnicas (ao falar dos dados) com a pretensão de se conhecer mais (ao falar da inferência) sobre o objeto de estudo (que depende de sua caracterização) (PARANHOS *et al.*, 2016). Por esta razão, é importante que esse esquema seja

bem estudado, planejado e que considere os seguintes aspectos disponíveis e envolvidos na pesquisa: recursos materiais, humanos e de tempo (LAKATOS; MARCONI, 2009). Com o objetivo de melhor descrever cada uma das etapas metodológicas e as técnicas previstas para atenderem aos objetivos estabelecidos nesse estudo, apresenta-se o desenho da pesquisa estruturado em três etapas, conforme a Figura 3.

**Figura 3 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa**



Fonte: Elaboração própria

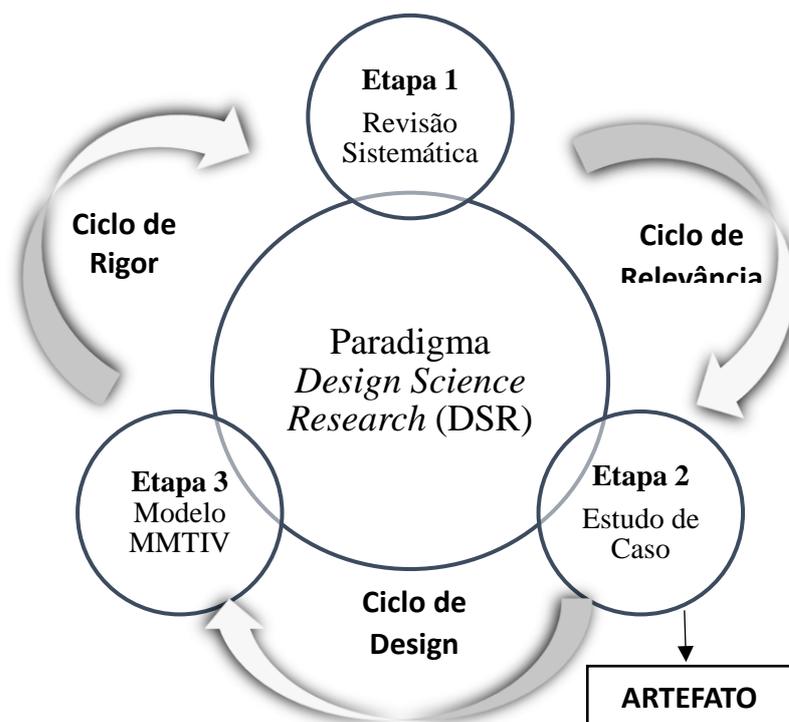
- **Etapa 01:** Revisão sistemática, a partir da qual foi possível mapear o que vem sendo abordado nas pesquisas sobre TI Verde e que tipos de práticas de TI Verde estão sendo adotadas pelas organizações para viabilizar a avaliação da maturidade da TI/TI Verde nas organizações.
- **Etapa 02:** Realização de Estudo de Caso para analisar a relação entre diversos tipos de práticas de TI Verde e o nível de adoção dessas práticas, identificando a efetividade dessas práticas e os principais obstáculos na implementação da TI Verde na organização estudada.
- **Etapa 03:** Desenvolvimento e validação de um Modelo de Maturidade de TI Verde adequado às organizações, através da realização das diretrizes previstas pelo método *Design Science Research*.

Destaca-se que para fins de cumprimento do objetivo geral desta pesquisa, *a priori*, foram realizados somente estudos de caráter qualitativo para elaboração e validação do MMTIV. Desdobramentos que se fizerem necessários para aperfeiçoamento do modelo, como ampliação da base de dados de respondentes, por exemplo, poderiam vir a demandar métodos quantitativos que seriam aplicados *a posteriori*, não estando, portanto, contemplado dentro do escopo e do prazo de conclusão desta pesquisa.

### 3.4 ROTEIRO METODÓLOGICO DA PESQUISA

Tendo em vista o alcance dos diferentes objetivos propostos por esta pesquisa, utilizou-se o *Design Science* (DS) como **paradigma epistemológico** por 48 considera-lo uma **abordagem** metodológica **pragmática** capaz de auxiliar na resolução de problemas práticos vivenciados nas organizações. Nesse sentido, o alcance dos objetivos propostos na pesquisa foi guiado, numa perspectiva global, sob a lente teórica do DSR, que combinada com a utilização de outros métodos de pesquisa qualitativa e com a aplicação das estratégias metodológicas propostas na DSR, forneceram os *insights* para a proposição do modelo de maturidade da TI Verde (Figura 4).

Figura 4 – Roteiro Metodológico à luz da DSR



Fonte: Elaboração própria

Assim, o roteiro metodológico proposto compreendeu três fases distintas de coleta e análise de dados que demandaram a utilização de propostas metodológicas diferentes, porém complementares, em cada uma dessas fases, de modo que cada etapa executada do método foi fornecedora de *inputs* para a etapa seguinte. Além disso, o roteiro metodológico, sob a perspectiva da DSR, presumiu também a interdependência entre as etapas e relação dialógica entre elas. Nesse sentido, o desenvolvimento da pesquisa sob a perspectiva paradigmática do DS garantiu a natureza orgânica, dialógica e complexa da proposição do modelo de maturidade MMTIV, objeto de análise desta tese.

A partir destas considerações, o roteiro metodológico proposto compreendeu três etapas, a saber: a etapa 01 consistiu na realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL); a etapa 02, por sua vez, configurou a realização de um estudo de caso para conceituar o modelo MMTIV e, posteriormente, aplicar a metodologia *Design Science Research* (DSR) para a proposição final do MMTIV e sua validação.

### **3.4.1 Revisão Sistemática da Literatura**

No que tange à área de SI, o ritmo de produção de conhecimento vem cada vez mais aumentando, o que resulta em um corpo de conhecimento cada vez mais fragmentado e interdisciplinar, além de ser interdependente dos avanços no campo das Ciências Sociais (TUSHI; SEDERA; RECKER, 2014).

O objetivo da revisão sistemática é fornecer *insights* coletivos por meio de síntese teórica em campos e subcampos através de uma questão de pesquisa específica que tenta identificar, selecionar, sintetizar e avaliar todas as evidências de alta qualidade relevantes para essa pergunta, de modo a respondê-la (HARRIS, 2014). Para os acadêmicos, o processo de revisão aumenta o rigor metodológico. Para profissionais/gestores, a revisão sistemática ajuda a desenvolver uma base de conhecimento confiável, acumulando conhecimento de vários estudos. Ao fazer isso, o pesquisador poderá desenvolver um conjunto de "regras tecnológicas testadas e fundamentadas em campo" (AKEN, 2001). Nesse sentido, pode-se argumentar que a revisão sistemática está no centro de uma pesquisa de gestão "pragmática", que visa atender as comunidades acadêmicas e profissionais.

Na pesquisa em gestão, o processo de revisão de literatura é uma ferramenta fundamental, usada para gerenciar a diversidade de conhecimentos para uma investigação acadêmica específica. O objetivo de realizar uma revisão de literatura é frequentemente permitir ao pesquisador mapear e avaliar o território intelectual existente e especificar uma pergunta de

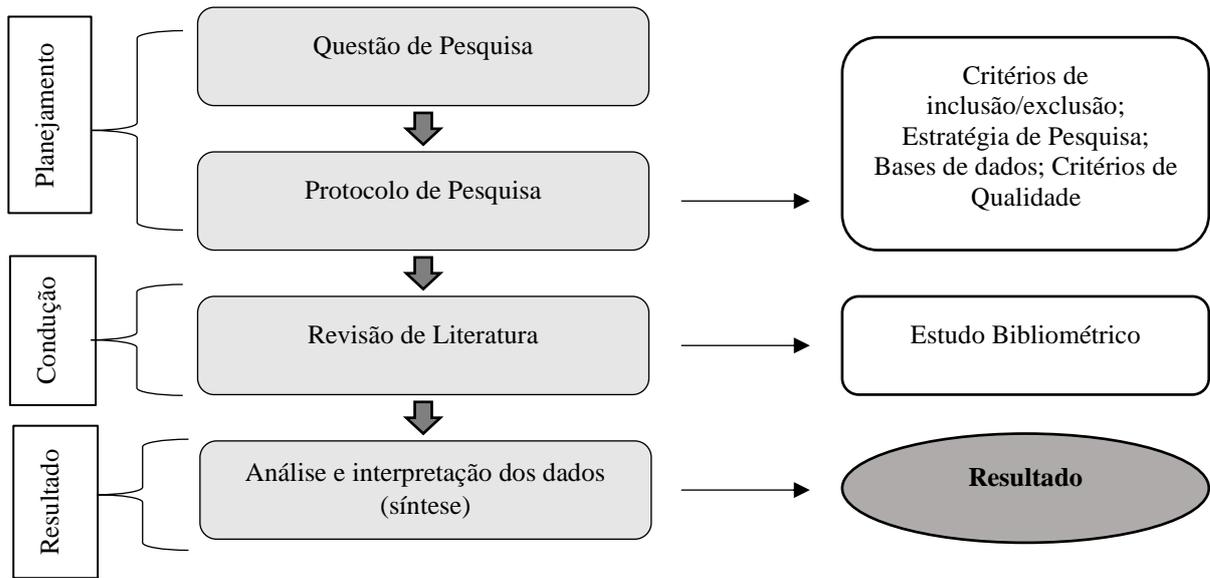
pesquisa para desenvolver ainda mais o corpo de conhecimento desenvolvido até o momento (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011).

Dessa maneira, a Revisão Sistemática de Literatura (RSL) é considerada uma ferramenta fundamental no desenvolvimento da base de evidências de pesquisas em diversas áreas do conhecimento, ao identificar as principais contribuições científicas para um campo ou pergunta (HARRIS, 2014; WRIGHT *et al.*, 2007). Nesta perspectiva, há que se considerar a vastidão de publicações científicas presente em diversas bases de dados, além da diversidade de conhecimento em uma área acadêmica específica (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011). Um grande desafio com que se defronta um pesquisador da área prende-se à extensão da literatura sobre o assunto, advinda de diversos campos do conhecimento, como Engenharia, Sociologia, Psicologia, Economia e Administração (VALLADARES; VASCONCELLOS; SERIO, 2014). Nesse sentido, aplicar os procedimentos metodológicos de uma revisão sistemática é, de fato, uma 'atividade científica fundamental'.

Cabe ressaltar que a RSL difere das revisões narrativas tradicionais, uma vez que adota um processo replicável, científico e transparente, que visa minimizar o viés do pesquisador por meio de pesquisas exaustivas na literatura sobre um determinado assunto, além de fornecer um mapa para auditoria das decisões, procedimentos utilizados pelos revisores e suas conclusões (VALLADARES; VASCONCELLOS; SERIO, 2014; TRANFIELD; DENYER, SMART, 2011; ALI *et al.*, 2010; RIDLEY, 2008; HIGGINS; WELLS, 2003; TRANFIELD *et al.*, 2003).

Neste trabalho, obedeceu-se à metodologia proposta por Tranfield, Denyer e Smart (2011) que divide os processos de revisão sistemática em três etapas – Planejamento, condução e resultado, e por Wright *et al.* (2007), que desmembra estas três etapas em: elaboração da questão de pesquisa, protocolo de pesquisa, revisão da literatura, extração dos dados, análise e interpretação dos dados. A Figura 5 mostra o processo de revisão sistemática de acordo com cada estágio.

**Figura 5 – Processo de Revisão Sistemática**



**Fonte: Traduzido de Tranfield, Denyer e Smart (2011) e de Wright *et al.*, (2007)**

No processo de condução de uma revisão sistemática, diversos procedimentos precisam ser considerados. A primeira etapa, definida como “Planejamento”, compreende, por exemplo, o desenvolvimento da questão de pesquisa (identificação do problema), a elaboração do protocolo de pesquisa, a identificação da estratégia de pesquisa e das fontes de dados a serem pesquisadas e, por fim, a identificação dos critérios de seleção dos artigos que vão auxiliar o pesquisador na inclusão ou exclusão de dados que serão obtidos.

Já a segunda etapa, denominada de “Condução”, envolve a pesquisa de estudos relevantes propriamente dita. E, por último, a terceira etapa considerada “Resultado”, envolve a extração de dados, a análise e interpretação dos dados e a elaboração da síntese. A seguir, são detalhadas cada fase da revisão sistemática, bem como a proposta executada em cada etapa de modo a cumprir os objetivos desta pesquisa.

#### 3.4.1.1 Etapa I - Planejamento

Os estágios iniciais das revisões sistemáticas podem ser um processo repetitivo de definição, esclarecimento e refinamento (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; ALI *et al.*, 2010; HIGGINS; WELLS, 2003). É necessário realizar estudos de escopo para avaliar a relevância e o tamanho da literatura, e delimitar a área ou o assunto. Tais estudos precisam considerar perspectivas interdisciplinares e formas alternativas pelas quais um tópico de pesquisa foi abordado anteriormente. O estudo de escopo também pode incluir uma breve visão

geral dos debates teóricos, práticos e metodológicos da história, em torno do campo e dos subcampos do estudo (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; ALI *et al.*, 2010; HIGGINS; WELLS, 2003).

#### 3.4.1.1.1 Desenvolvimento do protocolo

O protocolo de pesquisa especificou as questões de pesquisa, a estratégia de busca, os critérios de inclusão, exclusão e qualidade, bem como a estratégia de extração de dados e métodos de síntese. O detalhamento do protocolo é apresentado nas subseções a seguir.

#### 3.4.1.1.2 Questão de Pesquisa

Face a definição dos procedimentos metodológicos da RSL, elaborou-se a seguinte questão de pesquisa que norteia a realização deste estudo: analisar as práticas de TI Verde mais utilizadas pelas organizações.

#### 3.4.1.1.3 Critérios de inclusão e exclusão

Foram incluídos artigos publicados em português e inglês no período de tempo proposto pelo protocolo de pesquisa (2008-2018) e que tratavam da temática TI Verde e sustentabilidade nas empresas. A revisão das publicações levou em consideração a literatura a respeito de TI Verde, orientada por profissionais de TI e acadêmicos da área de TI, gestão e sustentabilidade, modelos de maturidade de SI/TI, bem como maturidade de SI Verde/TI Verde e adoção de práticas de TI Verde nas organizações.

O objetivo foi identificar as variáveis e categorias de análise necessárias e coerentes para o desenvolvimento conceitual do modelo de maturidade (MMTIV) proposto pela pesquisa. Foram excluídos artigos que não se adequaram aos sete critérios de avaliação de qualidade propostos pelo protocolo de pesquisa, artigos que não foram avaliados por pares (artigos acadêmicos *peer reviewed*) e artigos que não foram publicados em periódicos ou *journals* indexados.

#### 3.4.1.1.4 Fontes de dados e estratégia de pesquisa

Na condução da pesquisa bibliográfica, foram utilizados dois bancos de dados acadêmicos: Science Direct e SciELO. O levantamento realizado nas duas bases de dados

utilizou como requisitos de busca o campo de palavras-chave, tanto no título quanto no resumo e nas próprias palavras-chave, identificadas pelos autores como principais para se relatar a temática do artigo publicado. Foram utilizadas palavras-chave em português e em inglês como mecanismo de busca, sendo elas: *green IT*, *Green IT practices*, *Sustainable IT*, *Green Information Technology Practices*, *Green Information Technology*, *Sustainable Information Technology*, TI Verde, práticas de TI Verde, TI sustentável, Práticas de Tecnologia de Informação Verde, Tecnologia de Informação Verde, e Tecnologia de Informação Sustentável. Alguns termos selecionados, como *IT Practices* (na base *Science Direct*) e *Green Information Technology Practices*; *Green Information Technology*; *Sustainable Information Technology*; bem como sua versão em português: Práticas de Tecnologia de Informação Verde, Tecnologia de Informação Verde e Tecnologia de Informação Sustentável (na base SciELO) não obtiveram resultados em uma ou outra base de dados, uma vez que cada uma delas utiliza parâmetros e agrupamentos de áreas de conhecimento de forma distinta, sendo a base SciELO, por exemplo, muito mais generalista em relação à abrangência das áreas de conhecimento e a *Science Direct* muito mais específica, conforme apresentado no quadro 5, mais à frente, na seção 4 (Análise e Discussão dos resultados).

#### 3.4.1.1.5 Avaliação da qualidade

Foram definidos sete critérios que cobriram as três questões principais relacionadas à qualidade, que foram consideradas na avaliação dos estudos identificados na revisão. A qualidade dos dados obtidos em uma revisão sistemática deve levar em consideração o rigor, a credibilidade e a relevância.

O rigor se refere aos procedimentos metodológicos (foi aplicada uma abordagem completa e apropriada aos principais métodos de pesquisa do estudo?), a credibilidade está associada à significância das descobertas (as descobertas são bem apresentadas e significativas?) e, por fim, a relevância está relacionada à utilidade dos resultados da pesquisa (qual a utilidade das descobertas para a comunidade científica e para a pesquisa?).

Nesse sentido, para a avaliação da qualidade dos dados obtidos nas bases de dados, foram eleitos sete critérios de seleção, conforme o Quadro 1 a seguir:

**Quadro 1 - Critérios de qualidade**

Critérios	
1.	O artigo é baseado em pesquisa (ou é apenas um relatório de “lições aprendidas” com base na opinião de especialistas)?
2.	Existe uma declaração clara dos objetivos da pesquisa?
3.	Existe uma descrição adequada do contexto em que a pesquisa foi realizada?
4.	O desenho de pesquisa foi apropriado para atender aos objetivos de pesquisa?
5.	Os dados foram coletados de forma a abordar a questão de pesquisa?
6.	A análise dos dados foi suficientemente rigorosa?
7.	O estudo tem valor para a pesquisa ou a prática?

**Fonte: Elaboração própria**

#### 3.4.1.2 Etapa II - Condução da pesquisa

Uma pesquisa abrangente e imparcial é uma das diferenças fundamentais entre uma revisão narrativa tradicional e uma revisão sistemática. Embora às vezes leve um tempo considerável e quase sempre exija perseverança e atenção aos detalhes, a revisão sistemática tem sido discutida para fornecer o método mais eficiente e de alta qualidade para identificar e avaliar extensas literaturas (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; HIGGINS; WELLS, 2003). Uma revisão sistemática começa com a identificação de palavras-chave e termos de pesquisa, que são construídos a partir do estudo de escopo, da literatura e das discussões da equipe de revisão. O revisor deve então decidir sobre as sequências de pesquisa mais apropriadas para o estudo. A estratégia de pesquisa deve ser relatada em detalhes o suficiente para garantir que a pesquisa possa ser replicada.

Apenas estudos que atendam a todos os critérios de inclusão especificados no protocolo de revisão e que não manifestem nenhum dos critérios de exclusão foram incorporados à revisão. Os critérios estritos usados na revisão sistemática estão ligados ao desejo de basear as revisões nas evidências com maior nível de qualidade (rigor, utilidade e relevância) (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; ALI *et al.*, 2010; HIGGINS; WELLS, 2003).

O processo de seleção dos estudos em uma revisão sistemática envolve várias etapas. O revisor conduzirá inicialmente uma revisão de todas as citações potencialmente relevantes identificadas na pesquisa. Fontes relevantes serão recuperadas para uma avaliação mais detalhada do texto completo e, dentre elas, algumas serão escolhidas para a revisão sistemática. O número de fontes incluídas e excluídas em cada estágio da revisão está documentado com os motivos das exclusões. A avaliação da qualidade refere-se à avaliação da validade interna de um estudo e ao grau em que seu *design*, conduta e análise minimizaram vieses ou erros (HARRIS *et al.*, 2014; WRIGHT *et al.*, 2007).

A fase de condução das revisões sistemáticas expõe os estudos a uma análise metodológica rigorosa, avaliando a qualidade dos artigos de pesquisa e o ajuste entre a metodologia da pesquisa e as questões de pesquisa. Na busca para reduzir erros e preconceitos humanos, as revisões sistemáticas utilizam os protocolos de pesquisa, definidos na etapa de planejamento, que conduzirão a extração de dados. Eles geralmente contêm informações gerais (título, autores, periódico, detalhes da publicação, entre outros), recursos de estudo e informações específicas (detalhes, descrição dos métodos, avaliação da qualidade metodológica, características da população, contexto do estudo, entre outros), *links* para outros conceitos, identificação de temas emergentes, resultados principais e notas adicionais também precisam ser incluídos no formulário, juntamente com detalhes de síntese (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; HIGGINS; WELLS, 2003). A "síntese de pesquisa" ou a meta-análise também são apropriadas para resumir, integrar e, sempre que possível, acumular as descobertas de diferentes estudos sobre um tópico ou questão de pesquisa (HARRIS *et al.*, 2014; TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; WRIGHT *et al.*, 2007; HIGGINS; WELLS, 2003).

No presente estudo, a etapa de condução utilizou como estratégia de pesquisa a metodologia "bola de neve" (RIDLEY, 2012). Nessa metodologia, as referências bibliográficas dos artigos selecionados pelo protocolo de pesquisa também foram analisadas. Assim, os artigos considerados relevantes para responder à questão de pesquisa foram recuperados até alcançar um ponto de saturação teórica, isto é, quando novas referências não adicionam mais informações relevantes ao fator estudado (HARRIS *et al.*, 2014; RIDLEY, 2012).

#### 3.4.1.3 Etapa III - Resultado da Pesquisa

Uma boa revisão sistemática deve facilitar o entendimento do pesquisador pela síntese de artigos de pesquisa primários extensos dos quais foi derivado. Dessa maneira, pode-se produzir um relatório em duas etapas. A primeira forneceria uma "análise descritiva" completa (detalhada) do campo, com exemplos específicos e uma trilha de auditoria, justificando suas conclusões. Os pesquisadores também precisam relatar os resultados de uma 'análise temática', independentemente de os resultados terem sido obtidos por meio de uma abordagem agregativa ou interpretativa, descrevendo o que já é conhecido e estabelecido a partir de formas de extração de dados das principais contribuições, e nas quais o consenso é compartilhado pelo campo

estudado (HARRIS *et al.*, 2014; TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; WRIGHT *et al.*, 2007; HIGGINS; WELLS, 2003).

Eles também podem querer identificar temas-chave emergentes e questões de pesquisa. Quaisquer que sejam as categorias abrangentes escolhidas para a tabulação, os pesquisadores devem novamente fornecer as contribuições principais para justificar e fundamentar suas conclusões (HARRIS *et al.*, 2014; TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011). No entanto, é recomendável que os pesquisadores (tomadores de decisão) também utilizem a sua experiência pessoal e as habilidades de resolução de problemas, em vez de confiar apenas nos resultados de revisões sistemáticas; isto se deve ao fato de que o reconhecimento de evidências sistematicamente é, muitas vezes, insuficiente e incompleto, se considerarmos apenas a informação restrita a um universo que limita as opções disponíveis a partir de critérios preestabelecidos (TRANFIELD; DENYER; SMART, 2011; DYBÅ; DINGSØYR, 2008; HIGGINS; WELLS, 2003).

### 3.4.2 ESTUDO DE CASO

Um caso é um fenômeno ou um evento selecionado, conceitualizado e analisado de forma empírica que representa a manifestação de uma classe mais ampla de fenômenos ou eventos (WIESNER, 2014). Nesse sentido, um estudo de caso é uma estratégia de pesquisa baseada na investigação empírica em profundidade de um ou de um pequeno número de fenômenos, de forma a explorar a configuração de cada caso e a elucidar características de uma classe maior de fenômenos (similares), através do desenvolvimento e da avaliação de explicações teóricas (WIESNER, 2014; ZAMPIER; STÉFANO, 2013).

Os dados podem ser coletados de várias formas, tanto quantitativas quanto qualitativas. Os instrumentos para a constituição do caso podem ser os mais diversos e estão relacionados apenas ao levantamento de informações para a estruturação do caso em si. Esta caracterização de um caso propõe ao pesquisador uma elaboração bastante precisa e, ainda assim, ampla de situações nas quais o trabalho científico pode ser considerado um estudo de caso (YIN, 2015; WIESNER, 2014; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013; ZAMPIER; STÉFANO, 2013;). Disto, decorre a discussão sobre qual a situação em que se deve optar por realizar uma pesquisa deste tipo.

A abordagem metodológica na categoria de **estudo de caso** é frequentemente adotada no Brasil (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). É muito comum utilizar o estudo de caso

em etapas exploratórias da pesquisa, cujos fenômenos são pouco investigados, ou ainda utilizar esta abordagem para desenvolver estudos-piloto e orientar o *design* de estudos de casos múltiplos (YIN, 2015; WIESNER, 2014; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013). Uma investigação pode ser caracterizada como um estudo de caso quando ela pretende, por exemplo, compreender fenômenos sociais complexos, retendo as características significativas de um dado fenômeno contextualizado na vida real, fornecendo *insights* referentes a processos individuais ou sociais (YIN, 2015). Encontra-se nesta abordagem metodológica a vantagem das múltiplas fontes de evidência para solucionar problemas de pesquisa que ressaltam o como e o porquê (YIN, 2015).

A literatura destaca diferentes propósitos para adotar a metodologia de estudo de caso como, por exemplo, desenvolver e avaliar teorias, formular hipóteses e explicar fenômenos a partir da identificação de categorias de análise comuns. Ao buscar desenvolver e avaliar teorias, o uso de um caso é bastante evidente: uma determinada previsão teórica pode ser avaliada frente a determinado episódio, permitindo assim a avaliação da teoria. Porém, diferentemente do que por vezes se afirma, estudos de caso também servem para desenvolver teorias (YIN, 2015; WIESNER, 2014; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013; ZAMPIER; STÉFANO, 2013).

Na mesma perspectiva, existem diversas situações em que o conhecimento sobre determinado fenômeno ainda é exíguo; pouco se conhece sobre ele. Em contextos assim, um estudo de caso ilumina elementos presentes no fenômeno de interesse, o que possibilita a elaboração de hipóteses a serem investigadas posteriormente. Por fim, adotar esta metodologia pode ser interessante para explicar fenômenos particulares usando teorias e mecanismos causais. A observação em profundidade de determinado caso também possibilita a identificação de mecanismos ou de processos que ao se encadearem levarão a determinado resultado (WIESNER, 2014; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Diante disso, o estudo de caso permite a criação de um novo vocabulário analítico e teórico que pode ser apropriado por outros trabalhos. A análise empírica aplicada contribui com a definição de hipóteses, de elementos práticos relevantes, de tipos ideais e de uma tipologia (YIN, 2015). Sob uma abordagem construtivista, também se pode identificar a construção de teorias com estudos de caso (YIN, 2015).

Convém ressaltar que a condução de um estudo de caso, apesar dos benefícios apresentados (tais como a possibilidade do desenvolvimento de novas teorias e do aumento do entendimento sobre eventos reais e contemporâneos), está sujeito à crítica em função das limitações metodológicas na escolha do caso, coleta e análise dos dados, uma vez que leva em

consideração vieses do pesquisador a tendenciar pesquisas a partir do seu histórico pessoal, crenças e experiências (YIN, 2015; WIESNER, 2014; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013; ZAMPIER; STÉFANO, 2013). Para superar essas limitações, acredita-se que o caso deva ser justificado e selecionado mediante aprovação de requisitos claros e objetivos adequados à investigação (YIN, 2015)

Nesse sentido, a presente pesquisa realizou um estudo em profundidade com uma empresa brasileira de grande porte, localizada no estado do Rio Grande do Sul, tendo sido selecionada com base nos requisitos apresentados pelos critérios de seleção, conforme apresentado no Quadro 2, a seguir. São eles: tamanho da empresa (porte e representatividade), tamanho do parque de máquinas (TI), nível de informatização dos processos e operações (SI), presença de um setor de TI próprio ou terceirizado, existência de um gestor de TI; presença de diferentes práticas de TI Verde e, por fim, aderência a programas de qualidade e/ou políticas de boas práticas em termos de sustentabilidade.

**Quadro 2 – Critérios para Seleção dos Casos**

<b>Critérios</b>
1. Tamanho da empresa (porte e representatividade);
2. Tamanho do parque de máquinas (TI);
3. Nível de informatização dos processos e operações (SI);
4. Presença de um setor de TI próprio ou terceirizado;
5. Existência de um gestor de TI;
6. Adoção de práticas de TI Verde;
7. Aderência/participação em programas de qualidade e/ou políticas de boas práticas em termos de sustentabilidade

**Fonte: Elaboração própria**

O nível de análise do estudo é organizacional, uma vez que se concentra nos aspectos da empresa selecionada (YIN, 2015; GIL, 2010). Desta maneira, entende-se que o caso selecionado cumpre os requisitos de adequação à proposta da pesquisa. Posto isto, foi selecionado um caso de empresa considerada representativa em seu setor de atuação, que estava implementando há algum tempo mudanças na área de TI e/ou que estava desenvolvendo iniciativas em relação à sustentabilidade corporativa e à adoção de práticas verdes na área de TI.

O primeiro contato com a empresa selecionada foi realizado por e-mail. Foi enviado um convite para participação na pesquisa e, caso fosse aceito, seria necessário a realização de entrevistas com os **gestores das áreas de tecnologia e de sustentabilidade/ meio ambiente**. Juntamente com o convite, foi enviada uma carta de apresentação explicando o projeto de pesquisa e seus objetivos/focos de análise, bem como a apresentação da equipe responsável por

ele (pesquisadores e respectivas universidades filiadas). Após o retorno dos e-mails enviados, foram realizados os agendamentos prévios com os respondentes selecionados para a pesquisa (gestores de TI, analistas de meio ambiente da Empresa A e especialistas) para posterior apresentação do instrumento de coleta de dados, análise da versão preliminar do modelo proposto (MMTIV) e validação do modelo proposto.

Cabe ressaltar que o Estudo de Caso foi conduzido com os Gestores de TI 1 e 2 e com os Analistas de Meio Ambiente (SMS) 1 e 2. A etapa de validação do modelo proposto contou com a apreciação dos gestores de TI durante a realização do estudo de caso e com entrevistas (online e individuais) com os especialistas 1 e 2 em momentos distintos. O Quadro 3, a seguir, apresenta uma síntese do perfil de cada entrevistado que participou da pesquisa.

**Quadro 3 – Perfil dos entrevistados**

<b>ENTREVISTADOS</b>	<b>QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL</b>
<b>Gestor de TI 1</b>	Gerente de Sistemas na empresa A. Possui graduação em Ciência da Computação, especialização em Gestão Empresarial e MBA em Administração e Negócios. Possui 20 anos de experiência na área de TI, nas funções de analista, supervisor, coordenador e gerente de projetos de TI. Atualmente, é responsável pela área de TI da empresa A, atuando na área de Processos e Qualidade, certificações ISO, coordenação de projetos de infraestrutura de TI, gestão de equipes (analistas de sistema e DBAs), Implantação de infraestrutura de TI em terminais portuários de grande porte, planejamento e gestão orçamentária anual da infraestrutura de TI.
<b>Gestor de TI 2</b>	Coordenador de TI na empresa A. Possui graduação em Análise de Sistemas, MBA em Gestão Empresarial e MBA em Gerenciamento de Projetos. Possui 18 anos de experiência na área de TI, atuando como analista de sistemas e coordenador de TI, responsável por coordenar assuntos relacionadas à infraestrutura, desenvolvimento, projetos, propostas, implementação de soluções, liderança na implementação de projetos de TI de grande complexidade em terminais portuários, aplicações e suporte a usuários, tanto de sistemas próprios como de terceiros.
<b>Analista de meio ambiente 1 (Saúde, Meio Ambiente e Segurança - SMS)</b>	Analista de Meio Ambiente na Empresa A. É graduada em engenharia química, especialista em Gestão Ambiental em Municípios e mestre em Educação Ambiental. Possui experiência como engenheira química no setor de petróleo e gás, atuou como diretora de operações técnicas em empresa do ramo de consultoria e soluções ambientais. É responsável por gestão de projetos ambientais, de saúde e segurança do trabalho (SMS), gerenciamento de resíduos sólidos, licenciamento ambiental, auditorias ambientais e de segurança do trabalho, monitoramento de indicadores de certificações ISO 14001:2015 e 45001:2018.
<b>Analista de meio ambiente 2 (Saúde, Meio Ambiente e Segurança - SMS)</b>	Analista de Meio Ambiente na Empresa A. É graduada em Engenharia Química e mestre em Engenharia de Alimentos, pós-graduada em Gestão Ambiental, Engenharia de Qualidade e Segurança do Trabalho. Tem experiência na área de gestão de impactos ambientais, gerenciamento de resíduos sólidos, licenciamento ambiental, gestão de projetos de segurança e saúde ocupacional, monitoramento de indicadores de certificações ISO 14001:2015 e 45001:2018.
<b>Especialista 1</b>	Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação, mestre em Engenharia de Produção e Tecnólogo em Desenvolvimento de Software. É pesquisador das áreas de Engenharia de Software Experimental, desenvolvendo pesquisas na área de dívida técnica em projetos de software, engenharia de software experimental, qualidade de produtos de software, métricas e processos de software. Tem experiência na área de projeto de software, qualidade de produtos de software, gerência de projetos, abordagem <i>lean</i> , gerência e planejamento da produção, garantia e controle da qualidade.

<b>Especialista 2</b>	Mestre em Engenharia de Produção, Engenheiro de Produção com experiência em Gestão de Projetos e Gestão e Governança de Processos de Negócios, com atuação em empresas do setor privado e público. Pesquisador na área de Avaliação Social do Ciclo de Vida (ACV-Social), Avaliação de Impactos Sociais, Gestão da qualidade, Gestão de Resíduos e Logística Urbana Sustentável. Tem experiência nacional e internacional em projetos de mensuração de impactos socioeconômicos e ambientais de grandes empreendimentos, mapeamento e modelagem de sistemas de engenharia de apoio à decisão, sistemas de gestão da qualidade e de processos, avaliação de programas de gerenciamento de resíduos eletroeletrônicos e avaliação do ciclo de vida da produção.
-----------------------	---

**Fonte: Elaboração própria (2022)**

As entrevistas foram realizadas de forma mista, virtualmente e presencialmente (quando possível) entre os meses de julho e outubro de 2021, tendo em vista o contexto da pandemia do COVID-19 instaurada à época.

As entrevistas na empresa A foram realizadas na sede da empresa localizada na cidade de Rio Grande/RS, distrito industrial. Elas foram realizadas em dois momentos com os entrevistados selecionados. No primeiro momento, estavam presentes os gestores de TI 1 e 2, de um deles de forma presencial (RS) e outro via videoconferência (RJ). Primeiramente, houve um momento de apresentação dos gestores e da organização seguida de apresentação do pesquisador e dos objetivos da pesquisa em andamento. Na sequência, foi disponibilizado o instrumento de coleta de dados sobre as práticas de TI Verde (*check-list*) e conduzida a entrevista sobre os aspectos/temas que versam no roteiro semiestruturado de entrevista (Apendice A) para identificar aspectos relacionados à adoção de TI Verde nas dimensões organizacionais, tecnológicas, econômicas, ambientais, sociais e mercadológicas.

Num segundo momento, participaram da entrevista presencial juntamente com os gestores de TI 1 e 2, os analistas de meio ambiente (SMS) 1 e 2. Estes por sua vez, também foram apresentados, receberam orientações sobre o objetivo da entrevista e da pesquisa em andamento. Após isto, receberam o instrumento de coleta de dados para análise individual e preenchimento. Assim, o tempo total de entrevista foi dividido, sendo parcialmente com os gestores de TI 1 e 2 e, posteriormente, com a equipe convidada de SMS. A entrevista somente com Gestores de TI durou em média 1h30min e com os analistas de meio ambiente e gestores de TI em média 45 min. Tempo total de entrevista na empresa A foi de 2h15min.

Os registros das entrevistas com os gestores de TI e analistas de meio ambiente (SMS) da empresa A foram realizados por meio de gravação de áudio para posterior transcrição. O instrumento de coleta de dados (*check-list* de práticas de TI Verde) foi submetido antecipadamente aos gestores de TI em formato digital, por e-mail. O *check-list* também foi disponibilizado em formato físico para ser preenchido pelos analistas de meio ambiente da organização. Os instrumentos foram devolvidos para o pesquisador após a realização da entrevista e após a concordância e alinhamento da equipe de gestores de TI e analistas de meio

ambiente sobre quais as práticas de TI Verde presentes no instrumento estavam sendo adotadas na empresa. Ao final da avaliação individual sobre as práticas de TI Verde, a equipe de gestores de TI e de analistas de meio ambiente se reuniram para debater sobre as práticas e chegar em uma tabela “resultante” a partir dos entendimentos e apontamentos de cada um com suas percepções e rotinas em seus respectivos setores de atuação.

Ao final da entrevista e da discussão coletiva sobre as práticas de TI Verde adotadas na organização, também foi submetido para apreciação dos gestores de TI 1 e 2 a versão preliminar e conceitual do Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV), como estratégia parcial de validação do modelo. Essa estratégia de validação buscou identificar a aplicabilidade e viabilidade do MMTIV na prática da organização junto aos gestores de TI, analisando (i) se as categorias e elementos de análise propostas eram coerentes; (ii) se estavam alinhadas com a prática e contexto organizacional; (iii) se abrangiam a organização numa perspectiva transversal em relação à adoção da TI Verde; (iv) se abrangiam a incorporação da sustentabilidade nos processos de negócios alinhados à tecnologia; (v) se, na prática, as práticas de TI Verde perpassam todas as dimensões (organizacional, tecnológica, econômica, ambiental, social e mercadológica) que estão sendo propostas no modelo e (vi) se era possível traduzir, ainda que não existisse atualmente na organização, práticas, processos e políticas com foco em TI Verde/Sustentabilidade a partir do referencial teórico e conceitual existentes no modelo.

Na sequência, de a forma complementar a estratégia de validação do modelo, além dos gestores de TI da empresa A, a versão preliminar do MMTIV também foi submetida ao crivo de dois especialistas posteriormente. A entrevista com os especialistas foi realizada no formato online por videoconferência em virtude da disponibilidade dos entrevistados. A entrevista com cada um dos especialistas foi realizada em momentos distintos e teve duração de cerca de 1h. Os registros das entrevistas foram realizados por meio de gravação de áudio e posterior transcrição. Os especialistas foram submetidos ao instrumento de *check-list* das práticas de TI Verde e à versão preliminar do MMTIV para que pudessem elaborar suas análises quanto à coerência, pertinência, aplicabilidade, utilidade e abrangência do modelo a ser aplicado nas organizações para avaliar a maturidade da TI Verde.

Ao final de cada entrevista, os especialistas puderam fazer seus apontamentos e contribuições de melhorias com foco na evolução e desenvolvimento do modelo MMTIV. O especialista 1 fez as suas contribuições sobre cada dimensão e elemento de análise ao longo da entrevista com o pesquisador. Por sua vez, o especialista 2 optou por enviar, ao final da entrevista, um documento de texto por e-mail com as suas principais observações e avaliações

a respeito do modelo para, de forma mais estruturada, responder cada uma das dimensões propostas.

#### 3.4.2.1 Elaboração do instrumento de coleta de dados

A realização do estudo de caso e suas entrevistas demandaram a elaboração de um instrumento de coleta de dados primários que deu suporte à investigação junto aos **respondentes** da empresa selecionada como, por exemplo, roteiro de entrevista semiestruturado (Apendice A) e questionário em formato de *check-list* elaborado mediante questões que emergiram da revisão de literatura sobre sustentabilidade e TI Verde (Etapa 1 – RSL). Foram levadas em consideração essencialmente práticas de TI Verde e Sustentabilidade adotadas pelas empresas, motivação para adoção de TI Verde e os diferentes aspectos que influenciam a forma como as organizações têm abordado as questões associadas à sustentabilidade na área de TI, bem como o desempenho medido em função da adoção de tais práticas.

Dessa forma, desenvolveu-se um roteiro semiestruturado com várias questões abertas que poderiam ser utilizadas na realização das entrevistas com os gestores/colaboradores de TI, bem como de outras áreas da empresa selecionada correlacionada com o propósito da pesquisa, contendo questões sobre as características da empresa, além de perguntas que permitiram levantar dados sobre as possíveis dimensões de análise propostas, *a priori*, pelo modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV): aspectos organizacionais relacionados aos processos e estratégia, comportamento organizacional (coercitivo/mimético/normativo), aspectos tecnológicos, postura em relação à inovação, pré-disposição ao consumo *green*, preocupação/ sensibilização com questões ambientais, adoção de práticas de TI Verde difundidas no mercado, questões sobre adoção de inovações que contribuem para a redução de impactos socioambientais, questões sobre a dimensão econômica, disponibilidade de recursos para investir em TI Verde, nível de exposição ao risco de investimentos em sustentabilidade e, por fim, questões relacionadas com os aspectos mercadológicos que remetem à competitividade como, por exemplo, estratégias colaborativas para inovações verdes, networking para o desenvolvimento de parceiros de negócios *green*, esverdeamento da cadeia de suprimentos, reputação da empresa, entre outros.

Os quadros 4, é uma representação preliminar das categorias de análise e seus respectivos elementos propostos no MMTIV. Ele foi submetido para apreciação dos gestores de TI e Especialistas como estratégia de validação. Este quadro resultante da literatura sobre

TI, TI Verde e Sustentabilidade. As categorias de análise versão preliminar MMTIV presentes no quadro 4 resulta da revisão sistemática de literatura e da análise de conteúdo das práticas de TI Verde presentes no *check-list*, instrumento que foi utilizado na coleta de dados durante as entrevistas.

**Quadro 4 - Categorias de Análise versão preliminar MMTIV**

<b>Categoria de Análise</b>	<b>Dimensões de Análise</b>	<b>Elementos de Análise</b>	<b>Autores Referência</b>	
<b>Organizacionais</b>	<b>Processo</b>	Desenvolvimento de competências técnicas sustentáveis do futuro	COOPER; MOLLA, 2014; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; BOSE; LUO, 2012; OZTURK <i>et al.</i> 2011; BARBIERI, 2007; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; MOLLA; ABARESHI, 2012	
		Integração de processos com foco na sustentabilidade (perspectiva transversal)	MURUGESAN, 2008; MELVILLE, 2010; BARBIERI, 2007; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; LOESER <i>et al.</i> , 2017	
		Suporte Gerencial/Apoio da equipe de executivos na operacionalização dos projetos green	LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; SALLES <i>et al.</i> , 2016; MELVILLE, 2010; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; LUNARDI; SIMÕES; FRIO, 2014; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; LOESER <i>et al.</i> , 2017	
		Postura reativa ou proativa para inovar interna ou externamente;	SALLES <i>et al.</i> , 2016; ZHU; SARKIS, 2007; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011	
	<b>Estratégia</b>	Comportamento organizacional (coercitivo/mimético/ normativo);	CAI; CHEN; BOSE, 2012; MURUGESAN; GANGADHARAN, 2012; SALLES <i>et al.</i> , 2016; ZHU; SARKIS, 2007	
		Desenvolvimento de modelos de negócios mais verdes/ sustentáveis	LOESER <i>et al.</i> 2017; BARBIERI, 2007; DAO; LANGELLA; CARBO, 2011;	
		Estratégias de TI Verde/ Sustentabilidade aplicada aos negócios	MURUGESAN, 2008; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; KO; CLARK; KO, 2011; DICK; BURNS, 2011; OZTURK <i>et al.</i> , 2011; BARBIERI, 2007; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008; LOESER <i>et al.</i> , 2017; DAO; LANGELLA; CARBO, 2011;	
	<b>Governança de TI</b>	Políticas de Sustentabilidade, Aderência a programas de GQT e/ou Política Nacional de Resíduos Sólidos e lixo eletrônico ( <i>e-waste</i> )	Gestão da Informação	BOSE; LUO, 2012; DOLCI <i>et al.</i> , 2013; BROOKS; WANG; SARKER, 2010; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; BARBIERI, 2007; LOESER <i>et al.</i> , 2017; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011; CLARO; CLARO; AMÂNCIO, 2008
		Aplicação de boas práticas de sustentabilidade aos processos de negócios;		
		Competências comportamentais e contextuais	COOPER; MOLLA, 2014; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; BOSE; LUO, 2012; OZTURK <i>et al.</i> 2011; HARMON; AUSEKLIS, 2009; COPPER; MOLLA, 2014	

<b>Tecnológicas</b>	Tecnologia	Aquisição, uso e gerenciamento de resíduos; Tecnologias Limpas; Sistemas de informação e Infraestrutura de TI	NATHALIA <i>et al.</i> 2011; GONZALEZ, 2005; MOLLA, 2008; RAO, 2004; MITCHEL, 2008; JOHNSTON; LINTON, 2000; PIGOSSO; McALOONE, 2016
		Nível/Grau de informatização dos processos	DOLCI <i>et al.</i> , 2013; LOESER <i>et al.</i> 2017; DAO; LANGELLA; CARBO, 2011; JENKIN <i>et al.</i> , 2011
		Adoção de princípios de arquitetura de TI Verde (software/hardware)	BROOKS; WANG; SARKER, 2010; PIGOSSO; McALOONE, 2016; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; MOLLA; ABARESHI, 2011
		Adoção de práticas de TI Verde difundidas no mercado;	BROOKS; WANG; SARKER, 2010; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; HANELT <i>et al.</i> 2017; MOLLA, 2008; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014; MOLLA <i>et al.</i> , 2008; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2009; MOLLA, 2009; MOLLA; ABARESHI, 2011; MOLLA; COOPER, 2014; WATSON; BOUDREAU; CHEN, 2010; LUNARDI; SIMÕES; FRIO, 2014
<b>Econômicas</b>	Capacidade Financeira	Adoção de inovações que contribuem na redução de impactos socioambientais.	LOESER <i>et al.</i> 2017; KO; CLARK; KO, 2011;
	Viabilidade Econômica	Retorno sobre o investimento (ROI) e Eco-eficiência	MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011; KIM; KO, 2010; SHULTZ; SILVA, 2012; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; KO; CLARK; KO, 2011;
	Nível de Exposição ao Risco	Eco-equidade, eco-efetividade e regulamentação	BROOKS; WANG; SARKER, 2010; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; WATSON; BODREAU; CHEN, 2010; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; CAI; CHEN; BOSE, 2012; WATSON; BOUDREAU; CHEN, 2010; KIM; KO, 2010; CHAU; HUI, 2001; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; SOUZA; BATISTA, 2017; FAUCHEUX; NICOLAÏ, 2011
<b>Ambientais</b>	Proatividade Ambiental	Pré-disposição ao consumo <i>green</i> ;	LOESER <i>et al.</i> 2017; SALLES <i>et al.</i> , 2016; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014
		Mensuração do impacto ambiental das operações organizacionais	MOLLA <i>et al.</i> , 2009; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011; MELVILLE, 2010; SCHMIDT <i>et al.</i> , 2009; HANELT <i>et al.</i> 2017; CHAU; HUI, 2001; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; LOESER <i>et al.</i> , 2017; HARMON; AUSEKLIS, 2009
		Preocupação/sensibilização com questões ambientais;	MURUGESAN, 2008; LOESER <i>et al.</i> , 2017; MOLLA; COOPER;

			PITTAYACHAWAN, 2011; HARMON; AUSEKLIS, 2009
		Preocupações ambientais e influência destas questões no suporte à decisão;	MURUGESAN, 2008; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014;
		Aplicação de visão de sustentabilidade aos processos de negócios;	BOSE; LUO, 2012; DOLCI <i>et al.</i> , 2013; BROOKS; WANG; SARKER, 2010; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; LOESER <i>et al.</i> , 2017; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014
Social	Colaboração da Comunidade	Preocupações com Responsabilidade Social e influência destas questões no suporte à decisão;	COLWELL; JOSHI, 2013; HARMON; DEMIRKAN, 2011; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013
	Compartilhamento de Valores Sustentáveis	Geração de valor a longo prazo aos clientes, <i>stakeholders</i> e sociedade	DAO; LANGELLA; CARBO, 2011; LUNARDI; FRIO; BRUM, 2011; PATÓN-ROMERO; RODRÍGUEZ; PIATTINI, 2017; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; LOESER <i>et al.</i> , 2017; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011
		Integra a perspectiva dos <i>stakeholders</i> nos negócios;	HARMON <i>et al.</i> , 2010; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; HARMON; AUSEKLIS, 2009
	Articulação com <i>stakeholders</i>	Atendimento das demandas comuns não satisfeitas com visão de sustentabilidade;	PATÓN-ROMERO; PIATTINI, 2017; HARMON; AUSEKLIS, 2009
Mercadológicas	Inovação de TI Verde	Conectividade; nível de disponibilidade de inovações no mercado versus nível de desenvolvimento de inovações; Respeito e Transparência; princípios de responsabilidade socioambiental	LOESER <i>et al.</i> , 2017; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014; CHANG, 2011; BARBIERI, 2007; CHEN <i>et al.</i> , 2006
	Cadeia de Suprimentos de TI Verde	Incorporação de TI Verde disponível no mercado; desenvolvimento conjunto de inovação; aquisição e desenvolvimento de soluções inteligentes em torno da TI Verde (software, hardware, práticas de gestão)	LOESER <i>et al.</i> 2017; PIGOSSO; McALOONE, 2016; MOLLA; ABARESHI, 2011; Faucheux; Nicolai, 2011; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014
	Nivelamento da concorrência	<i>Green IT Supply Chain Management</i> (fornecedores de produtos/serviços de TI Verde); articulação e/ou desenvolvimento de fornecedores de produtos e serviços de TI Verde; Tornar a cadeia de valor verde;	LEE <i>et al.</i> , 2013; BOUTKHOUM <i>et al.</i> , 2016; RAO; HOLT, 2005; ZHU; SARKIS, 2007
	Vantagens competitivas	Alteração da base da competição no mercado a partir da incorporação da sustentabilidade; gerar valor superior a partir da TI Verde; aumento da competitividade <i>green</i> ; vantagem competitiva; imagem corporativa positiva;	BOSE; LUO, 2012; MELVILLE, 2010; MURUGESAN, 2008; CHOU; CHOU, 2012; JENKIN <i>et al.</i> , 2011; LUNARDI; SIMÕES; FRIO, 2014; JONES; MINGAY, 2008; ELLIOT, 2011; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014; MOLLA; COOPER; PITTAYACHAWAN, 2011; MOLLA; ABARESHI, 2011; HARMON; AUSEKLIS, 2009

	Networking comercial	Possibilidade de executar estratégias cooepitivas, como forma cooperação, para construção de vantagens competitivas; parceiros de negócios <i>green</i> ; estratégias de colaboração interorganizacional;	LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014; CAI; CHEN; BOSE, 2012; WATSON; BOUDREAU; CHEN, 2010; ZHU; SARKIS, 2007; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; MOLLA; ABARESHI, 2011
	Aspectos Legais / Regulamenta ções	Garantia de que leis e regulamentações possam representar oportunidades de inovação, de forma colaborativa/proativa ou não; análise do contexto ambiental e do ambiente regulatório como fatores críticos na criação de um ambiente propício e permissivo para incentivar o uso de algumas tecnologias de TI verde.	WATSON; BOUDREAU; CHEN, 2010; CAI; CHEN; BOSE, 2012; ZHU; SARKIS, 2007; GHOLAMI <i>et al.</i> , 2013; LUNARDI; ALVES; SALLES, 2014 MOLLA; ABARESHI, 2011; COOPER; MOLLA, 2014

**Fonte: Elaboração própria**

Face à limitação para coleta de dados, imposta pela pandemia do COVID-19, não foi possível realizar visita técnica no local da empresa para coleta de dados secundários. Porém, destaca-se que, caso fosse possível, seria de grande valia para a pesquisa a aplicação de métodos secundários de coleta de dados, que consistiriam em observação do ambiente da empresa para conhecimento das instalações, rotinas operacionais e administrativas, departamento de tecnologia/TI, setor de meio ambiente/sustentabilidade, visita ao centro de dados/centro de tecnologia, conhecimento dos equipamentos, entre outros.

Apesar disso, a coleta de dados secundários baseou-se na consulta ao *site* eletrônico da empresa e à análise de documentos complementares, disponibilizados eletronicamente pelos após a realização das entrevistas para complementar as informações que foram coletadas primariamente (Ex. manuais de campanhas de conscientização, políticas de SMS (gestão da qualidade, saúde ocupacional, meio ambiente e segurança do trabalho), de Responsabilidade Social e de Governança Corporativa e projetos de eficiência energética).

Nesse contexto, a utilização de dados secundários se mostra relevante no processo de coleta de dados de uma pesquisa, uma vez que fornece informações auxiliares para complementar a resolução do problema que está sendo investigado (YIN, 2015; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013; ZAMPIER; STÉFANO, 2013). Os dados secundários também podem ser uma fonte de novas ideias a serem exploradas na pesquisa primária, auxiliando na definição do problema e na identificação de variáveis-chave, funcionando também como um pré-requisito para a coleta dos dados primários, além de servir de referência para a comparação da veracidade dos dados primários coletados pelo pesquisador (YIN, 2015; SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013; ZAMPIER; STÉFANO, 2013).

### 3.4.2.2 Procedimentos de análise dos dados

Para tratamento e análise dos dados, em ambas as abordagens metodológicas utilizadas, foi aplicada a técnica de análise de conteúdo. A análise de conteúdo é um termo geral para várias estratégias diferentes usadas para analisar texto. É uma abordagem sistemática de codificação e categorização usada para explorar grandes quantidades de informações textuais de maneira discreta para determinar tendências e padrões de palavras usadas, sua frequência, seus relacionamentos e as estruturas e discursos da comunicação (BARDIN, 2011; GBRICH, 2007; POPE *et al.*, 2006). O objetivo da análise de conteúdo é descrever as características do conteúdo do documento, examinando quem diz o quê, para quem e com que efeito (GBRICH, 2007).

A análise de conteúdo é um conjunto de técnicas de estudo de comunicações que visa obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção-recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (processo interpretativo) (BARDIN, 2011).

Esta técnica consiste em fazer uma organização dos dados, realizar um desmembramento, através de diferentes núcleos de sentido e, posteriormente, reagrupar essas partes em categorias analíticas, isto é, classes que reúnem elementos comuns, permitindo que se façam inferências sobre os dados obtidos (BARDIN, 2011). Dessa maneira, entende-se que a partir da análise dos dados coletados é possível reconstruir significados que apresentem uma compreensão mais aprofundada do que está sendo investigado (GODOY, 1995).

O processo de análise dos dados por meio desta técnica compreende três etapas: Organização, Desmembramento e Reorganização (BARDIN, 2011). A primeira etapa (organização), como o próprio nome já diz, consiste na fase de organizar o material que será analisado com o objetivo de torná-lo operacional, sistematizando as ideias iniciais. Essa etapa é realizada por meio de quatro atividades: (a) leitura flutuante, que é o estabelecimento de contato com os documentos da coleta de dados, momento em que se começa a conhecer o texto; (b) escolha dos documentos, que consiste na demarcação do que será analisado; (c) formulação das hipóteses e dos objetivos; (d) elaboração de indicadores, que envolve determinar indicadores por meio de recortes de texto nos documentos que serão analisados; assim, os temas que mais se repetem podem constituir os índices que serão referenciados e testados pelo pesquisador nas etapas seguintes (BARDIN, 2011).

A segunda etapa (desmembramento) constitui uma fase de examinar o material, com a definição de categorias analíticas (categorias de codificação) e a identificação das unidades de significação a codificar (corresponde ao segmento de conteúdo que será considerado como unidade base, visando à categorização e à contagem de frequência) e das unidades de contexto nos documentos (unidade de compreensão para codificar (significar) cada unidade de registro). Nesse sentido, o desmembramento consiste em uma etapa importante do processo de análise dos dados, uma vez que ele vai possibilitar ou não a riqueza das interpretações e inferências. Esta é uma fase da descrição analítica, na qual qualquer material textual coletado será submetido a um estudo aprofundado, orientado pelos referenciais teóricos utilizados na pesquisa. Dessa forma, o processo de codificação, classificação e categorização são essenciais para a conclusão desta etapa (BARDIN, 2011).

Na terceira etapa (reorganização) ocorre a condensação e o destaque das informações para análise, facilitando as interpretações e as inferências. É o momento em que o pesquisador faz uso da sua intuição, analisando o conteúdo de forma reflexiva e crítica (BADIN, 2011). Nessa fase, o pesquisador precisa retornar ao referencial teórico, procurando embasar as análises, dando sentido à interpretação, uma vez que as interpretações pautadas em inferências buscam o que se esconde por trás dos significados das palavras para apresentarem, em profundidade, o discurso dos enunciados (BADIN, 2011). Nesse sentido, a terceira etapa forneceu importantes subsídios para a construção e validação do Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV) proposto nesta pesquisa.

A metodologia para a construção da versão preliminar e conceitual do modelo MMTIV (etapa 2) foi baseada na Análise de Conteúdo (BARDIN, 2011) aplicada durante o processo da revisão sistemática de literatura proposta na etapa 1. Além disso, técnica de análise de conteúdo permitiu analisar os dados coletados nas entrevistas com os respondentes (gestores de TI e analistas de meio ambiente), verificando a compatibilidade das práticas/categorias de práticas de TI Verde, dos discursos dos gestores e analistas a respeito da adoção de TI Verde e da sustentabilidade no contexto da organização. Assim foi possível compatibilizar os achados na etapa 1 (RLS) com a etapa 2 (Estudo de Caso) resultando na versão preliminar do MMTIV com as categorias e elementos de análise que foram propostos para avaliar o grau de maturidade das organizações.

Assim, a combinação da metodologia de **Estudo de Caso** (YIN, 2015) com a **Análise de Conteúdo** (BARDIN, 2011) foi útil para identificar a força e importância das práticas de TI Verde adotadas pela organização e confirmar categorias/dimensões de análise. Também serviu

como parte da estratégia de validação (análise dos Gestores de TI sobre o MMTIV) de cada uma das categorias/dimensões de análise propostas pelo modelo. Adicionalmente, o modelo foi submetido à avaliação e validação do seu uso/aplicação por dois especialistas, compreendendo profissionais vinculados à pesquisa e à prática (pesquisadores/profissionais da área técnica) nas áreas de gestão, tecnologia e sustentabilidade que confirmaram e propuseram adaptações à versão preliminar do modelo.

### 3.4.3 *Design Science Research*

Esta seção da metodologia apresenta a fundamentação teórica da Ciência do Design, que embasa os procedimentos metodológicos de construção do modelo MMTIV (etapa 3) da presente pesquisa, conforme a metodologia *Design Science Research*. Seguindo dessa apresentação, a subseção destaca o uso da DSR no campo de SI/TI e, por fim, apresenta a forma de sua operacionalização para a construção do modelo proposto.

#### 3.4.3.1 Bases epistemológicas em Ciência da Informação

Dois paradigmas caracterizam grande parte da pesquisa em Sistemas de Informação: a **ciência comportamental** e a **ciência do design**. O paradigma da ciência comportamental busca desenvolver e verificar teorias que explicam ou predizem o comportamento humano ou organizacional. Já o paradigma da ciência do design procura estender as fronteiras humanas e capacidades organizacionais, criando artefatos novos e inovadores (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; KUECHLER; VAISHNAVI, 2008; HEVNER, 2007; PEFFERS *et al.*, 2007; HEVNER *et al.*, 2004).

Assim, no paradigma da ciência do design, conhecimento e compreensão de domínio de um problema, bem como sua solução, são alcançados com a construção e aplicação do artefato projetado (HAVNER *et al.*, 2004). Nesse contexto, considera-se que ambos os paradigmas são fundamentais para a pesquisa em SI, uma vez que estão posicionados no ponto de encontro (convergência) entre pessoas, organizações e tecnologia (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

O paradigma da **ciência comportamental** tem suas raízes nos métodos de pesquisa em ciências naturais. Esse paradigma contribui com a investigação científica que visa desenvolver e justificar teorias (isto é, princípios e leis) que explicam ou preveem fenômenos organizacionais e humanos que surgem da análise, design, implementação, gerenciamento e uso de sistemas de informação. Tais teorias sinalizam para pesquisadores e praticantes as interações

entre pessoas, tecnologia e organizações que devem ser gerenciadas (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004).

Assim, se um sistema de informação conseguir atingir o objetivo para o qual foi definido, levando em consideração essas dimensões, notadamente irá melhorar a eficiência, eficácia e efetividade de uma organização. Constantemente, essas teorias impactam e são impactadas pelo *design* das decisões tomadas com relação ao desenvolvimento de um sistema de informação, já que este dialoga com várias interfaces e recursos da organização (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004).

Já o paradigma da **ciência do design** tem suas raízes na engenharia e na inteligência artificial. É fundamentalmente um paradigma de resolução de problemas, por meio da criação de artefatos que se traduzem em inovações, desenvolvimento de ideias, definição de práticas, capacidade técnica e desenvolvimento de produtos, através dos quais a análise, design, implementação, gerenciamento e uso de sistemas de informação podem ser realizados de maneira eficiente e eficaz.

No entanto, tais artefatos não estão isentos de leis naturais ou teorias comportamentais. Pelo contrário, a criação destes artefatos depende de processos de interação constante existentes entre as teorias que são aplicadas, testadas, modificadas e aperfeiçoadas através da experiência, criatividade, intuição e capacidade de resolver problemas do pesquisador (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018; HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Os artefatos, sejam na área de TI ou em outros campos do conhecimento, são amplamente definidos como construtos (vocabulário e símbolos), modelos (abstrações e representações), métodos (algoritmos e práticas) e instanciações (sistemas implementados e protótipos). Essas são prescrições concretas que permitem que pesquisadores e profissionais de TI compreendam e resolvam os problemas inerentes ao desenvolvimento e implementação bem-sucedida de sistemas de informação dentro das organizações (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; PEFFERS *et al.*, 2007).

Um artefato de TI, na perspectiva de um contexto organizacional, geralmente é o objeto de estudo das ciências comportamentais de SI (GROPPER, 2017; VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE; FEDS, 2016; DIMOV, 2016; ARNOTT; PERVIAN, 2016; HEVNER, 2007). As teorias buscam prever ou explicar fenômenos que ocorrem com relação ao uso de artefatos (intenção de uso), utilidade percebida e impacto em indivíduos e organizações (benefícios de

networking/rede), que dependem do sistema, do serviço e da qualidade da informação (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004).

Diante disso, grande parte da pesquisa comportamental em SI tem se concentrado em uma classe de artefato, a instanciação (sistema), embora outros esforços de pesquisa também tenham incidido sobre a avaliação de constructos e métodos (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; KUECHLER; VAISHNAVI, 2008; PEFFERS *et al.*, 2007). Relativamente, pouca pesquisa comportamental se concentrou na avaliação de modelos, um dos principais focos de pesquisa na literatura sobre ciências da administração (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015)

#### 3.4.3.2 O uso da Design Science Research (DSR) na pesquisa em TI/SI

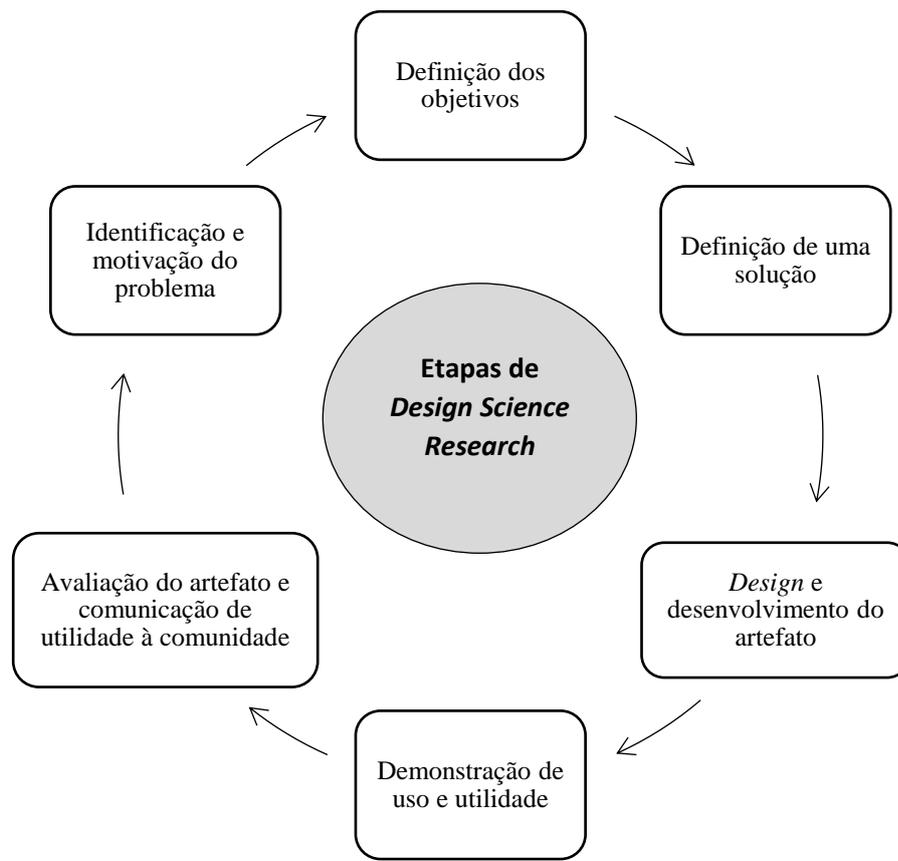
A relevância da pesquisa na área de Sistemas de Informação está diretamente relacionada à sua aplicabilidade no *design*. Isto quer dizer que as implicações da pesquisa empírica em SI devem ser "implementáveis", devem sintetizar um corpo de pesquisa existente ou ainda estimular o pensamento crítico entre os profissionais e gestores de SI (HAVNER *et al.*, 2004). À medida que o conhecimento técnico cresce, a TI passa a ter novas áreas de aplicação que antes não eram passíveis de suporte de TI (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; GOES, 2014; GREGOR; HEVNER, 2013).

Portanto, os artefatos produzidos pela ciência do *design* ampliam os limites de resolução de problemas humanos e dos recursos organizacionais, fornecendo ferramentas intelectuais e computacionais. Por sua vez, as teorias sobre a aplicação e impacto destes artefatos nas organizações serão desenvolvidas ao longo do seu desenvolvimento e nível de utilização (GROPPER, 2017; BAX, 2017; VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE; FEDS, 2016).

Já a metodologia *Design Science Research* (DSR) incorpora princípios, práticas e procedimentos necessários para realizar uma pesquisa atendendo três objetivos: é consistente com a literatura anterior, fornece um modelo de processo nominal para a pesquisa em DS, e fornece um modelo mental para apresentar e avaliar a pesquisa de DS em SI

A Figura 6, a seguir, exemplifica o processo de pesquisa em *Design Science* que inclui seis etapas: identificação e motivação do problema, definição dos objetivos, definição de uma solução, design e desenvolvimento, demonstração, avaliação e comunicação (PEFFERS *et al.*, 2007).

**Figura 6 - Etapas da pesquisa em Design Science Research**



**Fonte: Traduzido de Peffers et al., (2007)**

Hevner (2004) argumenta que a utilização complementar destes dois paradigmas é uma oportunidade para tratar de problemas fundamentais enfrentados na aplicação produtiva da Tecnologia da Informação e oferecer contribuições significativas para a pesquisa em SI. Isto se deve ao fato de que a tecnologia e o comportamento humano não são dicotômicos em um sistema de informação; pelo contrário, eles são inseparáveis (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018).

Posto isto, é de se esperar que na pesquisa em SI, eles sejam igualmente inseparáveis. O pragmatismo da pesquisa em SI reside na observação de que a verdade (teoria justificada) e a utilidade (artefatos eficazes) são dois lados de uma mesma moeda, uma vez que a pesquisa científica deve ser avaliada à luz de suas implicações práticas (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018). Diversos estudos destacam os benefícios e contribuições de pesquisas desenvolvidas sob a perspectiva do *design* (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018; GROPPER, 2017; VAN AKEN; CHANDRASEKARAN; HALMAN, 2016; HEVNER, 2013). A aplicação da metodologia proposta pela Ciência do *Design* em pesquisas na área de gestão permite a construção de um campo de estudo capaz de produzir resultados não apenas de alta

qualidade acadêmica, mas que também é prático/aplicado e sensível ao contexto (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018; GROPPER, 2017; BAX, 2017).

Assim, a missão da Ciência do *Design* é desenvolver conhecimento válido e confiável sob a forma de ‘regras tecnológicas testadas e fundamentadas em campo’ para serem usadas em projeto, configuração e implementação de soluções para problemas específicos. Nesse sentido, os ricos fenômenos que emergem da interação entre pessoas, organizações e tecnologia podem precisar ser qualitativamente avaliados para produzir proposições adequadas ao desenvolvimento da teoria ou solução de problemas (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018; GROPPER, 2017; VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE; FEDS, 2016).

Portanto, uma vez que tanto as organizações quanto os sistemas de informação que dão suporte a elas, são complexos, artificiais, propositalmente projetados, compostos de pessoas, estruturas, tecnologias e sistemas de trabalho, grande parte do escopo de trabalho realizado por profissionais de SI, e gerentes em geral, trata do *design*. O *design* é a organização proposital dos recursos para alcançar um determinado objetivo. Ele permite o alinhamento entre estratégias de negócios e estratégias de TI, assim como o alinhamento entre a infraestrutura da organização e a infraestrutura dos sistemas de informação (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015).

Assim, a implementação da estratégia de negócios permite o design das atividades organizacionais que vão resultar no *design* organizacional geral. Da mesma forma, a implementação da estratégia de TI irá desencadear o *design* das atividades de SI, desenvolvendo então a infraestrutura e os sistemas de TI adequados (alinhados com o *design* organizacional) para dar um suporte à realização eficiente e eficaz das atividades da organização (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; HEVNER, 2013).

#### 3.4.3.3 Operacionalizando a *Design Science Research* (DSR) na pesquisa em TI/SI

A pesquisa científica em *design* consiste em três ciclos de atividade intimamente relacionados. Para Hevner (2007), fazer pesquisa científica de alta qualidade em SI demanda a adoção de metodologias que se apropriam de pressupostos de *Design*. Posto isto, a pesquisa em SI demanda processos de construção e reconstrução de conhecimento válido, aplicável, útil, compreensível pelos públicos (usuários, gestores, desenvolvedores, entre outros) e capaz de expandir a fronteira do conhecimento através de processos de *redesign* (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). O ciclo de Relevância consiste na etapa de pesquisa que é motivada pelo

desejo de melhorar o ambiente atual pela introdução de artefatos novos e inovadores, e pelos processos de construção desses artefatos. Uma pesquisa nesse ciclo justifica sua relevância com foco na eficiência e eficácia dos processos e resultados organizacionais, e pode ser motivada antes mesmo de eventuais problemas demandarem uma solução. Consiste, por exemplo, no desenvolvimento de sistemas organizacionais e técnicos que interagem para trabalhar em prol de um objetivo. Neste ciclo, a pesquisa começa com a identificação e representação de oportunidades e problemas em um contexto real existente ou tecnologia atualmente em uso (HEVNER, 2007).

Nesta etapa, definem-se ainda as variáveis do meio ambiente, os critérios de medição, aceitação e desempenho que podem estar relacionados com os resultados da pesquisa. As variáveis do ambiente consistem em: pessoas (papéis, capacidades técnicas, características), aspectos organizacionais (estratégias, estrutura, cultura e processos), tecnologia (infraestrutura técnica, aplicações, arquitetura de comunicação, desenvolvimento de capacidades e recursos) e demandas (problemas, oportunidades, necessidades do negócio).

O estudo de campo do artefato pode ser executado por meio de métodos apropriados de transferência de tecnologia como pesquisa-ação. Os resultados do teste de campo determinarão se iterações adicionais do ciclo de relevância serão necessárias, uma vez que o novo artefato pode ter deficiências de funcionalidade ou em qualidades inerentes como, por exemplo, desempenho e usabilidade, que podem limitar sua utilidade na prática (HEVNER, 2007).

Os resultados dos testes de campo podem fornecer evidências de que o artefato está incompleto ou incorreto, que satisfaz alguns requisitos definidos, mas não está adequado ou balanceado de acordo com o problema/opportunidade que se pretende solucionar/aproveitar. Dessa forma, novas interações no ciclo de relevância irão ocorrer a partir dos feedbacks do ambiente em relação ao artefato desenvolvido após sua utilização no mundo real, reafirmando e redescobrimo os requisitos de pesquisa anteriormente definidos (HEVNER, 2007).

O ciclo de Rigor consiste na utilização da vasta base de conhecimento científico já desenvolvida no campo de aplicação da pesquisa. Esta base de conhecimento pode ser o que se chama de Estado da Arte do conhecimento em determinado domínio de pesquisa, bem como os artefatos e processos já existentes no campo. A base do conhecimento pode garantir a inovação no desenvolvimento de artefatos, uma vez que permite refinar completamente a base de conhecimentos existente para garantir que os resultados de pesquisa produzidos sejam de fato contribuições novas de pesquisa, isto é, não rotineiros (HEVNER, 2007).

As adições à base de conhecimento, como os resultados da pesquisa, irão incluir todas as extensões às teorias e métodos originais utilizados durante a pesquisa, os novos meta-artefatos (produtos e processos de *design*), bem como todas as experiências adquiridas ao realizar a pesquisa e o teste do artefato em campo, isto é, no seu ambiente de aplicação (GREGOR; HEVNER, 2013).

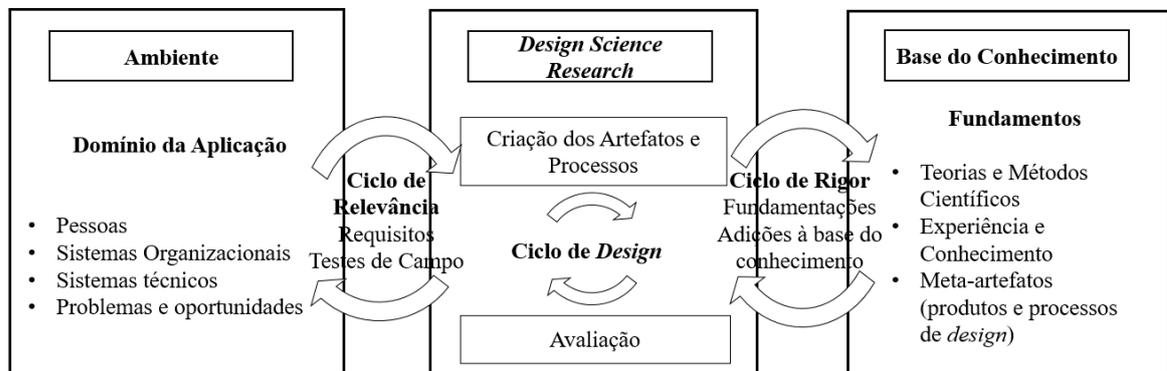
Dessa maneira, as contribuições da pesquisa para expandir a base de conhecimento serão o ponto-chave para ‘vender’ a pesquisa ao público acadêmico, assim como as contribuições úteis e resultados inovadores que melhoram o desempenho de questões ambientais (contextuais/organizacionais) serão os principais pontos-chave para a ‘venda’ para o público praticante (usuários/gestores organizacionais) (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; HEVNER, 2007).

Por fim, o Ciclo de *Design* é o ciclo interno e central da pesquisa. Ele é considerado o coração de qualquer projeto de pesquisa em ciência do design. Esse ciclo de atividades de pesquisa interage de forma mais intensa e dialógica com os outros ciclos, já que está relacionado com a construção do artefato, sua avaliação e o feedback subsequente para refinar ainda mais o design do próprio artefato.

Hevner (2007) aponta que o ciclo de *Design* é gerador de alternativas de projeto (*brainstorming*) e formas de avaliação das alternativas em relação aos requisitos definidos até que um projeto possa ser considerado satisfatório. Conforme discutido acima, os requisitos são definidos no ciclo de Relevância e no ciclo de Rigor (base de conhecimento/domínio do campo, construção e avaliação de teorias e métodos) (HEVNER, 2007).

O reconhecimento desses três ciclos em um projeto de pesquisa posiciona claramente e diferencia a *Design Science Research* de outros paradigmas de pesquisa (HEVNER, 2007). A Figura 7, a seguir, apresenta o esquema conceitual dos ciclos de pesquisa em ciência do *design* propostos por Hevner (2007).

Figura 7 – Ciclos do Design Science Research



Fonte: Traduzido de Hevner (2007)

Hevner (2007) destaca ainda que os resultados e contribuições de pesquisa em SI serão insuficientes se a avaliação do artefato em campo não for satisfatória para atender o problema/oportunidade identificado. Dessa maneira, não basta ter um forte argumento bem fundamentado cientificamente para a construção do artefato, se a avaliação subsequente for fraca. Para Hevner (2007), a essência dos Sistemas de Informação como *Design Science* reside na avaliação científica de artefatos; por isso, é tão importante realizar a validação empírica do modelo desenvolvido nesta pesquisa, o qual fundamentou-se principalmente em estudos desenvolvidos anteriormente sobre o tema pesquisado. A seguir, apresentam-se os resultados do estudo.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados e discutidos os resultados alcançados pela presente pesquisa, tendo em vista o cumprimento do objetivo geral que foi a proposição de um modelo para avaliar a maturidade da TI Verde em organizações (MMTIV), juntamente com seus respectivos objetivos específicos.

Para tanto, a análise e discussão dos resultados foi organizada em três subseções, a saber: Etapa 1, que apresenta os resultados obtidos a partir da revisão sistemática da literatura (RSL) sobre o tema pesquisado; Etapa 2, que apresenta o caso selecionado para o estudo, as ferramentas desenvolvidas e utilizadas para aprimoramento da versão preliminar do modelo a partir da realização do estudo de caso, destacando a aplicação do modelo no contexto prático das organizações, bem como considerações práticas oriundas do campo para o desenvolvimento/encadeamento teórico na temática de TI Verde; e, por fim, a Etapa 3, que compreende a apresentação do modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV) desenvolvido, considerando os resultados das pesquisas obtidos nas etapas anteriores, bem como a avaliação de uso/utilidade realizada por especialistas (pesquisadores e profissionais técnicos da área).

### 4.1 ETAPA 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para cumprir os objetivos propostos na etapa 1 do presente estudo, foi realizado um levantamento de 3.127 artigos nas duas bases de dados analisadas: *Science Direct* (1.962) e SciELO (1.165). Este montante compreendeu o estudo bibliométrico realizado a partir dos mecanismos de busca de cada uma das bases de dados, seguindo as orientações do protocolo de pesquisa pré-estabelecido. O levantamento quantitativo de artigos levou em consideração diversas áreas do conhecimento que têm ou que pudessem ter relação com a questão de pesquisa proposta como, por exemplo, Ciências Sociais Aplicadas, Engenharias, Ciências Ambientais, Ciência da Computação, Ciências da Decisão (campo interdisciplinar que se baseia na economia, aprendizado de máquina, teoria da decisão estatística, pesquisa operacional, previsão, teoria da decisão comportamental e psicologia cognitiva), Economia, Econometria e Finanças, Energia, Negócios, e Gestão e Contabilidade.

Todas as palavras-chave definidas pela metodologia de pesquisa foram analisadas como ferramenta de busca para filtrar a base de dados à procura de artigos científicos relacionados à questão de pesquisa, de modo que fosse possível abordar a maior quantidade possível da produção científica existente sobre o tema nas áreas de conhecimento predeterminadas. Foram

selecionados artigos de revisão e artigos de pesquisas, citáveis, indexados, publicados em todos os periódicos revisados por pares, em todos os países, em português e inglês, no período de 10 anos, que compreendeu os anos de 2008 a 2018. O Quadro 5 resume os parâmetros seguidos na pesquisa.

**Quadro 5 - Síntese da Revisão de Literatura – Base de dados *Science Direct* e SciELO**

<b>Base de dados</b>	<b>Science Direct e SciELO</b>
<b>Palavras-Chave</b> (Título, Resumo, Palavra-Chave)	<i>Green IT</i> <i>Green IT Practices</i> <i>IT Practices</i> <i>Sustainable IT</i> <i>Green Information Technology Practices</i> <i>Green Information Technology</i> <i>Sustainable Information Technology</i> TI Verde Práticas de TI Verde TI Sustentável Práticas de Tecnologia de Informação Verde Tecnologia de Informação Verde Tecnologia de Informação Sustentável
<b>Critérios de Pesquisa</b>	Artigos (artigos de revisão/artigos de pesquisa) Citáveis/indexados Todos os países Todos os periódicos Revisado por pares
<b>Período</b>	2008 a 2018 (10 anos)
<b>Idioma</b>	Inglês Português
<b>Áreas de Conhecimento</b>	Ciências Ambientais – Science Direct Ciência da Computação – Science Direct Ciências da Decisão – Science Direct Ciências Sociais – Science Direct Ciências Sociais Aplicadas – SciELO Engenharias – Science Direct/SciELO Economia, econometria e finanças – Science Direct Energia – Science Direct Multidisciplinar - SciELO Negócios, Gestão e Contabilidade – Science Direct

**Fonte: Elaboração própria.**

Após aplicação dos parâmetros predeterminados da pesquisa na base de dados *Science Direct*, obteve-se um levantamento total de 1.962 artigos relacionados com a temática, a partir da aplicação das palavras-chave nas diversas áreas do conhecimento. Deste total, os termos TI Verde, *Green IT* e *Green Information Technology* apareceram com o maior número de pesquisas relacionadas, tendo 768, 277 e 244 artigos, respectivamente.

Os termos específicos pesquisados que se relacionam com a questão de pesquisa deste estudo, *Green IT Practices*, *Green Information Technology Practices*, Práticas de TI Verde e

Práticas de Tecnologia de Informação Verde aparecem em um total de 174, 163, 9 e 24 artigos, respectivamente. A Tabela 1 evidencia o quantitativo levantado por palavra-chave pesquisada na base de dados *Science Direct*.

**Tabela 1 – Resultados encontrados na Base de Dados *Science Direct***

Palavras-Chave	Nº de Artigos (2008 a 2018)
<i>Green IT</i>	277
<i>Green IT Practices</i>	174
<i>IT Practices</i>	0
<i>Sustainable IT</i>	207
<i>Green Information Technology Practices</i>	163
<i>Green Information Technology</i>	244
<i>Sustainable Information Technology</i>	24
TI Verde	768
Práticas de TI Verde	9
TI Sustentável	11
Práticas de Tecnologia de Informação Verde	24
Tecnologia de Informação Verde	34
Tecnologia de Informação Sustentável	27
<b>TOTAL</b>	<b>1.962</b>

Fonte: Elaboração própria.

Já a aplicação dos parâmetros de pesquisa na base de dados SciELO permitiu identificar um total de 1.165 artigos relacionados à temática, a partir da aplicação das palavras-chave nas diversas áreas do conhecimento. Deste total, os termos TI Verde, *Sustainable IT* e TI sustentável apareceram com o maior número de pesquisas relacionadas, contendo 540, 247 e 188 artigos, respectivamente.

Os termos específicos pesquisados que se relacionam com a questão de pesquisa deste estudo, *Green IT*, *Green IT Practices*, e Práticas de TI Verde apareceram em 79 artigos, nos dois primeiros termos, e em 32 artigos, no terceiro termo. A Tabela 2, a seguir, destaca o quantitativo levantado por palavra-chave pesquisada na base de dados SciELO.

**Tabela 2 – Resultados encontrados na Base de Dados *SciELO***

Palavras-Chave	Nº de Artigos (2008 a 2018)
Green IT	79
Green IT Practices	79
Sustainable IT	247
<i>Green Information Technology Practices</i>	0
<i>Green Information Technology</i>	0
<i>Sustainable Information Technology</i>	0
TI Verde	540
Práticas de TI Verde	32
TI Sustentável	188
Práticas de Tecnologia de Informação Verde	0
Tecnologia de Informação Verde	0
Tecnologia de Informação Sustentável	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.165</b>

Fonte: Elaboração própria.

Do total de artigos levantados nas duas bases de dados (3.127), 1.226 artigos (representando 39,21%) foram descartados por abordarem Tecnologia de Informação (Verde ou não) em seu conteúdo, mas não estarem relacionados ao tema da presente pesquisa. Foram descartados, ainda, por não adequação ao tema da pesquisa ou por motivos de duplicação, 848 artigos, representando 27,12% do portfólio de artigos inicialmente identificados. Foram analisados 586 artigos (18,74%) que, embora não respondessem diretamente à questão de pesquisa em si, permitiam uma análise do campo de pesquisa e da temática estudada, contribuindo para levantamentos teóricos e práticos, aprofundando o saber sobre o estado da arte do tema pesquisado.

Um total de 396 artigos, que representam 12,66% do portfólio inicial, abordaram o tema Práticas de TI Verde, sendo que destes, 71 artigos foram analisados sob a lente da pesquisa, representando 2,27% do total de artigos selecionados.

A Tabela 3 sintetiza a seleção dos artigos extraídos das duas bases de dados a partir da aplicação do protocolo de pesquisa e mecanismos de busca utilizados, resultando na análise de 71 artigos que respondem à questão de pesquisa proposta no estudo.

**Tabela 3 - Análise Bibliométrica dos Artigos Identificados**

Total de artigos	<i>Science Direct</i>		SciELO		Total	
	N	%	N	%	N	%
Não relacionados ao tema	791	40,3%	435	37,3%	1.226	39,21%
Descartado por não relevância ou duplicação	583	29,7%	265	22,7%	848	27,12%
Contribuições teóricas sobre a área	367	18,7%	219	18,8%	586	18,74%
Abordam o tema especificamente	182	9,3%	214	18,4%	396	12,66%
Respondem à questão de pesquisa	39	2,0%	32	2,7%	71	2,27%
<b>Total</b>	<b>1.962</b>	<b>100,0%</b>	<b>1.165</b>	<b>100,0%</b>	<b>3.127</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: Elaboração própria.

A análise e interpretação dos dados consistiu na identificação de diversas práticas de TI Verde levantadas pela literatura, mesmo que algumas possam ser consideradas ainda incipientes nas organizações. Considera-se importante realizar o estudo e o mapeamento das práticas de TI porque a produção e o uso intensivo de TI desencadeia e intensifica alguns problemas que comprometem sistemicamente dinâmicas socioambientais como, por exemplo, o aumento da pegada de carbono, o efeito estufa, o aumento dos níveis de poluição e contaminação do solo, água e ar, dentre outros danos ambientais e sociais - diretos e indiretos - relacionados com a produção, uso e descarte da TI (SINGH; SAHU, 2020; LUNARDI *et al*, 2017; SALLES *et al.*, 2016).

É sabido que os computadores e outras infraestruturas de TI consomem uma quantidade significativa de eletricidade, colocando uma carga pesada nas redes elétricas e contribuindo com as emissões de gases do efeito estufa. Além disso, o *hardware* dos computadores e seus acessórios apresentam graves problemas ambientais, tanto durante a sua produção como na sua eliminação (ASADI *et al.*, 2019; ANTHONY JR, 2019; SINGH; SAHU, 2020). Tais problemas e consequências, oriundas do uso da TI, apontam para a necessidade de repensar a forma como os dispositivos eletroeletrônicos são produzidos, consumidos e eliminados (MURUGESAN, 2010).

A "síntese de pesquisa" ou a meta-análise deste estudo foi considerada apropriada, uma vez que resume, integra e, dentro do possível, acumula as descobertas de diferentes estudos sobre a questão de pesquisa em discussão - a análise das práticas de TI Verde mais utilizadas pelas organizações que contribuem para a redução dos impactos ambientais e socioeconômicos da TI.

A seguir, no quadro 6, apresentam-se os resultados compilados das práticas de TI Verde utilizadas pelas organizações, considerando o período de 2008 a 2018, divulgadas pela comunidade científica das áreas de gestão, ciência da computação, ciências ambientais, e demais áreas correlatas, considerando as duas bases de dados analisadas.

#### **Quadro 6 - Práticas de TI Verde utilizadas nas organizações**

Práticas de TI Verde	Autores
Prevenção da poluição, gestão de produtos e desenvolvimento sustentável na gestão de TI	Molla e Abareshi (2012)
Reciclagem de lixo eletrônico; uso ecoeficiente de sistemas de computadores e centros de dados operacionais; sistemas de TI Verde que integram informações de tecnologias de fornecimento e operação de TI Verde para a tomada de decisões gerenciais	Mines (2008)
Uso da TI com base em princípios Green, descarte de TI de forma sustentável, Design e Fabricação Verde; Práticas de descarte e reciclagem que cumpram os requisitos regulatórios, prevenção da poluição; Métricas Verdes, ferramentas de avaliação e metodologia (ISO 14001) para uso e prática eficiente e eficaz; Projetos e estratégias para a sustentabilidade ambiental, incluindo projeto e localização de <i>data center</i> ; Computação eficiente em energia, incluindo gerenciamento de energia e virtualização ( <i>Cloud Computing</i> , <i>Grid Computacional</i> e <i>SaaS</i> ); auditoria de TI	Murugesan (2008); Murugesan (2009); Murugesan (2010); Bordoloi; Fitzsimmons; Fitzsimmons (2018)
Responsabilidade Corporativa; Estratégia Ambiental Corporativa; Políticas de Específicas de TI Verde	Orsato (2006)
Produtos e serviços de TI ( <i>Hardware</i> e <i>Software</i> ) com foco na sustentabilidade ambiental; Consultorias de TI Verde; Métricas de TI Verde; Abordagens e Metodologias para incorporação de TI Verde nas organizações; política de compensação de carbono; compra de créditos de carbono, geração de energia limpa	Ozturk <i>et al.</i> (2011); Hedman e Henningsson (2016); Murugesan (2009); Sharma e Sharma (2016); Thomas e Oliveira (2015)
Integração de práticas de computação verde, gerenciamento de energia, virtualização, aprimoramento da tecnologia de resfriamento, reciclagem, descarte de lixo eletrônico e otimização da infraestrutura de TI para atender aos requisitos de sustentabilidade	Harmon e Auseklis (2009)
Projeto de chips e unidades de disco energeticamente eficientes; Substituição de computadores pessoais por <i>Thin Clients</i> ; Uso de <i>software</i> de virtualização para executar vários sistemas operacionais em um servidor; Reduzir o consumo de energia dos <i>data centers</i> ; Utilizar fontes de energia renováveis para alimentar centros de dados; Reduzir o lixo eletrônico de equipamentos obsoletos; Promover o teletrabalho e a administração remota de computadores para reduzir as emissões de transporte	Ozturk <i>et al.</i> (2011); Molla (2008); Bai e Sarkis (2013)
Criação de uma cultura organizacional voltada para a conscientização e gestão ambiental; fornecimento de energia verde/limpa para operações intensivas de TI, papel e demais insumos de escritório reciclados, aumento das taxas de reciclagem, redução das taxas de consumo e desperdício de insumos e de geração de resíduos; Políticas de TI Verde Institucionais	Olson (2008)
Reciclagem de equipamentos, consolidação de servidores e virtualização, otimização da eficiência energética do <i>data center</i> , otimização de impressão, gerenciamento do fluxo de dados do <i>data center</i> , redimensionamento dos equipamentos de TI, considerações ecológicas no aprovisionamento e <i>Request For Proposal</i> (RFP); alocação de orçamento para projetos de TI Verde, resfriamento líquido para equipamentos de TI, equipamentos de TI com alimentação corrente contínua (CC), compensação de carbono	Molla (2008); Molla (2009); Molla; Abareshi; Cooper (2014)
Compras de TI ambientalmente preferíveis; práticas de terceirização, como análise do <i>footprint</i> ambiental de uma cadeia de suprimentos de hardware de TI, avaliação do histórico de fornecedores de <i>software</i> e serviços de TI, incorporando questões verdes (como design e embalagem recicláveis) na avaliação de fornecedores e inclusão de preocupações sociais (uso de trabalho infantil e presença de materiais nocivos na cadeia de suprimentos de TI) nas decisões de aquisição de TI; avaliação do desempenho ambiental de produtos, Avaliação Ambiental de Produto Eletrônico	Ozturk <i>et al.</i> (2011); Molla; Abareshi; Cooper (2014); Loeser <i>et al.</i> , (2017); Shokouhyar; Noorbakhsh e Aalirezai (2017); Aariani e Imam (2012); Chou e Chou (2012); Harmon e Auseklis (2009)
Ferramentas analíticas para gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, gerenciamento ambiental e análise de pegadas de carbono; TICs baseadas em soluções de negócios de baixo carbono, como videoconferência, <i>Thin Client</i> e serviços de negócios baseados na web, colaboração virtual e telefonia IP	Olson (2008); Ozturk <i>et al.</i> (2011)
Virtualização de <i>desktops</i> e políticas e práticas para gerenciamento de energia de PCs corporativos, uso de PCs e regimes de otimização de impressão, programas de compensação de carbono	Ozturk <i>et al.</i> (2011)
Dimensionando do sistema de infraestrutura física crítica de rede (NCPI) para carga de TI, atualização para servidores com eficiência energética,	Rasmussen (2006)

retirada de sistemas antigos, uso de dispositivos NCPI eficientes e projeto de sistemas com eficiência energética	
Virtualização; Utilização de monitores LCD; Digitalização de documentos; MSN corporativo; Ecofonte; Proteção de tela; Redução de impressão; VoIP; Centro de ligações; Reutilização de papel; Ferramentas de controle de consumo; <i>Thin Clients</i> ; Reutilização de papel; Reciclagem de cartuchos; Controle de impressões; Doações de equipamentos; Coleta seletiva; Certificação Verde de Equipamentos de TI; Recuperação de peças; Terceirização de impressoras; Terceirização de servidores; Notas eletrônicas	Salles <i>et al.</i> (2016); Lunardi, Simões e Frio (2014); Dolci <i>et al.</i> (2015); Lunardi, Alves e Salles (2014)

**Fonte: Elaboração própria.**

Face à síntese dos resultados apresentados, percebe-se que as organizações passaram a incorporar ações organizacionais mais sustentáveis que tangem não somente à comercialização de bens e serviços mais verdes, mas também em termos de processos de negócios, o que inclui os processos e sua tecnologia - dentre eles, a Tecnologia de Informação Verde (ou TI Verde, como vem sendo chamada), a qual adquire uma importância estratégica tanto na prática quanto nas políticas organizacionais (ASADI *et al.*, 2019; PATÓN-ROMERO *et al.*, 2018; LOESER *et al.*, 2017).

A TI Verde pode ser considerada uma perspectiva de análise para gerar estratégias organizacionais que visem tanto a produção de *hardwares* e *softwares* de alta tecnologia - associadas às potencialidades de tornar a tecnologia mais sustentável, tendo em vista a redução das pegadas de carbono e minimização dos impactos ambientais diretos - bem como contribuir para questões relacionadas ao aquecimento global (SINGH; SAHU, 2020; PATÓN-ROMERO *et al.*, 2018; LOESER *et al.*, 2017).

A análise de conteúdo realizada permitiu extrair do levantamento de dados e dos resultados apresentados, categorias das práticas de TI Verde mais comuns no contexto organizacional que levam em consideração, por exemplo: Computação Energeticamente Eficiente (*Hardware e Software*); Gerenciamento de energia; Fontes alternativas de energia/energia renovável; Projetos de Equipamentos Verdes; Descarte e Reciclagem pautados na responsabilidade ambiental; Rotulagem Verde e Aquisição de produtos verdes e; Desenvolvimento de Políticas Corporativas de TI Verde e de práticas de conscientização que levem em consideração a estratégia socioambiental da organização de forma global (MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014; LUNARDI, SIMÕES E FRIO 2014).

Adicionalmente às práticas de TI Verde mais difundidas nas organizações, as quais foram extraídas da revisão sistemática da literatura e apresentadas no quadro 6, a aplicação da análise de conteúdo (BARDIN, 2006) também permitiu extrair uma categorização dos resultados encontrados, aplicando-se as técnicas de desmembramento e identificação de temas

ou núcleos de sentido e, posteriormente, realizando um novo agrupamento ou categorização por meio dos processos de codificação. Assim, foram identificadas categorias de práticas de TI Verde mais comuns, sob a perspectiva: organizacional, tecnológica, econômica, ambiental, social e mercadológica. Este novo agrupamento de práticas de TI Verde visou a identificação de núcleos de sentido comuns entre as práticas levantadas, tornando a presença da TI Verde mais evidente nas organizações.

A **dimensão organizacional** está relacionada ao alinhamento estratégico de objetivos de negócios focados na sustentabilidade com os objetivos tradicionais de negócios; alinhamento dos objetivos de TI com os objetivos estratégicos de sustentabilidade do negócio; nível de desenvolvimento, adoção, uso e difusão de TI Verde; gestão e governança de TI Verde; integração de processos sustentáveis na estrutura organizacional; desenvolvimento de competências sustentáveis; programas, políticas e boas práticas de sustentabilidade; engajamento no processo de adoção e uso de novas tecnologias; perspectiva multidimensional e transversal da TI Verde; comportamento organizacional, ações que estimulam/inibem a adoção de TI Verde e/ou outras iniciativas com foco na sustentabilidade.

A **dimensão tecnológica** da TI Verde compreende a infraestrutura técnica de TI com foco na sustentabilidade, TI Verde na arquitetura de *software/hardware*, nível de informatização dos processos que demandam infraestrutura de TI/SI Verde; aquisição, adoção, uso e gerenciamento de tecnologias novas/aperfeiçoadas com ênfase nos objetivos estratégicos de sustentabilidade corporativa, adoção de diferentes práticas inter-relacionadas que podem ser realizadas pela organização para que a TI existente se torne sustentável.

A **dimensão ambiental** está relacionada ao uso e gerenciamento de tecnologias novas ou aperfeiçoadas com ênfase na sustentabilidade, adoção de práticas para tornar a TI existente mais sustentável, produtos/serviços de TI vinculando os problemas e demandas ambientais na estratégia dos negócios. Está associada à prevenção/redução da poluição, à gestão do ciclo de vida do produto para minimizar a pegada ambiental, ao uso de tecnologias limpas que não utilizam materiais poluentes, ao desenvolvimento de competências técnicas orientadas para a sustentabilidade e à utilização de recursos de informática de maneira eficiente.

A **dimensão econômica** consiste na transformação e geração de oportunidades de negócio a partir da adoção de TI Verde, presume um certo nível de exposição ao risco e disponibilidade de investimentos para implementar iniciativas de TI Verde voltadas à redução de custos no médio e longo prazo. Está associada à capacidade financeira da organização e sua possibilidade de investir no processo de esverdear a TI e expansão dos resultados financeiros

(lucro, ROI, valorização de mercado), maximizando as vantagens econômicas da TI Verde associadas à redução de custos e diferenciação. A estratégia econômica da adoção de TI Verde objetiva reduzir o uso de energia e os custos relevantes da produção, auxiliando na gestão dos requisitos de desempenho relacionados à TI Verde.

A **dimensão social** se refere aos objetivos de equidade que enfocam o direito igual das pessoas aos recursos ambientais, bem como à responsabilidade social de uma empresa pelas gerações futuras. Esta dimensão analisa o alcance dos objetivos de responsabilidade social corporativa e articulação com as partes interessadas e das comunidades locais/globais interessadas no esverdeamento dos negócios e como as organizações incluem a TI Verde para contribuir com o desenvolvimento sustentável, minimizando impactos e gerando valor para a sociedade.

A **dimensão mercadológica** está associada ao ambiente externo das organizações que incluem dimensões políticas, econômicas, sociais e ambientais. Relaciona-se com as ações de organizações que precisam executar estratégias de nivelamento, impulsionando o desenvolvimento e adoção de TI Verde, ações dos concorrentes, relacionamentos interorganizacionais e incentivos de mercado para adoção de TI Verde, dinâmica da oferta e demanda que faz surgir novos fornecedores de TI Verde, profissionais de consultoria e ramos da engenharia focados nos objetivos de sustentabilidade associados à TI e nível de absorção dos produtos/serviços de TI Verde pelo mercado. Contempla também a atuação de órgãos fiscalizadores/regulatórios que fomentam um mercado de TI Verde, *networking* para desenvolver inovações e vantagens competitivas, e o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos verde.

O Quadro 7, a seguir, apresenta uma síntese das práticas levantadas e agrupadas em cada uma das seis categorias identificadas por meio da análise qualitativa realizada.

**Quadro 7 - Categorias de práticas de TI Verde mais difundidas nas organizações**

<b>Práticas de TI Verde</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Práticas</b>
<b>Organizacional</b>	Gestão de produtos e desenvolvimento sustentável na gestão de TI; sistemas de TI que integram informações de tecnologias de fornecimento e operação de TI Verde para a tomada de decisões gerenciais; ferramentas de avaliação e uma metodologia (ISO 14001) para uso e prática eficientes e eficazes; Projetos e estratégias para a sustentabilidade ambiental na área de TI; Estratégia Ambiental Corporativa; Políticas de Específicas de TI Verde; Auditoria Interna de TI; Abordagens e Metodologias para incorporação de TI Verde na organização; Criação de uma cultura organizacional voltada para a conscientização e gestão ambiental; Políticas de TI Verde Institucionais; avaliação do desempenho ambiental de produtos como a adoção da ferramenta de Avaliação Ambiental de Produto Eletrônico; Ferramentas analíticas para gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, gerenciamento ambiental e análise de pegadas de carbono.

<b>Tecnológica</b>	Produtos e serviços de TI (Hardware e Software) com foco na sustentabilidade ambiental; ecoeficiência de sistemas de computadores e centros de dados operacionais; sistemas de TI Verde que integram informações de tecnologias de fornecimento e operação de TI Verde para a tomada de decisões gerenciais; Design Verde e Fabricação Verde; Projetos e estratégias para a sustentabilidade ambiental, incluindo projeto e localização de data center; Computação eficiente em energia, incluindo gerenciamento de energia e virtualização ( <i>Cloud computing</i> , Grid Computacional e SaaS); Métricas de TI Verde; gerenciamento de energia, virtualização, aprimoramento da tecnologia de resfriamento, otimização da infraestrutura de TI face aos requisitos de sustentabilidade; Projeto de <i>chips</i> e unidades de disco energeticamente eficientes; Substituição de computadores pessoais por <i>Thin Clients</i> energeticamente eficientes; Uso de software de virtualização para executar vários sistemas operacionais em um servidor; Reduzir o consumo de energia dos data centers; consolidação de servidores e virtualização, otimização da eficiência energética do data center, otimização de impressão, gerenciamento do fluxo de dados do data center, redimensionamento dos equipamentos de TI, considerações ecológicas no aprovisionamento e <i>Request For Proposal</i> (RFP); resfriamento líquido para equipamentos de TI; equipamentos de TI com alimentação corrente contínua (CC); TICs baseadas em soluções de negócios de baixo carbono, como videoconferência, <i>Thin Clients</i> e serviços de negócios baseados na web, colaboração virtual e telefonia IP; Virtualização de desktops e políticas e práticas para gerenciamento de energia de PCs corporativos, uso de PCs e regimes de otimização de impressão.
<b>Econômica</b>	Política de compensação de carbono; compra de créditos de carbono, redução de custos com a adoção/geração de energia limpa; redução de custos com o uso de equipamentos energeticamente eficientes; Economia de custos em escala com a integração de práticas de computação verde, como gerenciamento de energia, virtualização, aprimoramento da tecnologia de resfriamento, reciclagem, descarte de lixo eletrônico e otimização da infraestrutura de TI para atender aos requisitos de sustentabilidade; economia/redução de perdas financeiras com a reciclagem de equipamentos; alocação de orçamento para projetos de TI Verde; compensação de carbono; melhoria no desempenho organizacional com a retirada de sistemas antigos e projeto de sistemas com eficiência energética.
<b>Ambiental</b>	Prevenção da poluição; Reciclagem de lixo eletrônico; Uso da TI com base em princípios Green; descarte de TI de forma sustentável/ecologicamente correta; Práticas de descarte e reciclagem que sejam responsáveis, sustentáveis e cumpram os requisitos regulatórios aplicáveis; Métricas Verdes; Métricas de TI Verde; Computação eficiente em energia; Abordagens e Metodologias para incorporação de TI Verde na organização; Utilização de fontes de energia renováveis para alimentar centros de dados; Utilização de fontes de energia alternativas; Reduzir o lixo eletrônico de equipamentos de computação obsoletos; Promover o tele trabalho e a administração remota de computadores para reduzir as emissões de transporte; fornecimento de energia verde/limpa para operações intensivas de TI, utilizando papel bem como demais equipamentos de escritório que sejam reciclados, aumentando as taxas de reciclagem, reduzindo as taxas de consumo e desperdício de insumos e, conseqüentemente, de geração de resíduos; redução do impacto ambiental com a adoção de práticas que contribuem para a redução da geração de resíduos e redução do consumo de recursos naturais como Virtualização; Utilização de monitores LCD; Digitalização de documentos; MSN corporativo; Eco fonte; Proteção de tela; Redução de impressão; VoIP; Centro de ligações; Reutilização de papel; Ferramentas de controle de consumo; <i>Thin Clients</i> ; Terceirização de impressões; Reutilização de papel; Reciclagem de cartuchos; Controle de impressões; Doações de equipamentos; Coleta seletiva; Recuperação de peças; Terceirização de impressoras; Terceirização de servidores; Notas eletrônicas.
<b>Social</b>	Responsabilidade Corporativa; análise do <i>footprint</i> ambiental de uma cadeia de suprimentos de hardware de TI, avaliação do histórico de fornecedores de software e serviços de TI, incorporando questões verdes (como design e embalagem recicláveis) na avaliação de fornecedores e inclusão de preocupações sociais (como uso de trabalho infantil e presença de materiais nocivos na cadeia de suprimentos de TI) nas decisões de aquisição de TI; retirada de sistemas antigos, uso de dispositivos NCPI eficientes e projeto de sistemas com eficiência energética.

<b>Mercadológica</b>	Consultorias de TI Verde; Auditoria de TI; Compras de TI ambientalmente preferíveis; práticas de terceirização; análise do <i>footprint</i> ambiental de uma cadeia de suprimentos de hardware de TI, avaliação do histórico de fornecedores de software e serviços de TI, incorporando questões verdes (como design e embalagem recicláveis) na avaliação de fornecedores; Ferramentas analíticas para gerenciamento da cadeia de suprimentos verde, gerenciamento ambiental e análise de pegadas de carbono; TICs baseadas em soluções de negócios de baixo carbono, como videoconferência, <i>Thin Client</i> e serviços de negócios baseados na web.
----------------------	--

Fonte: Elaboração própria.

A identificação destas categorias de análise evidencia como a TI Verde está presente nas organizações como um todo, o que facilita a identificação, adoção e uso de tais práticas, tornando mais tangível o processo de incorporação da sustentabilidade nas organizações, bem como facilitando a identificação de áreas-foco para aplicação de estratégias de desenvolvimento e inclusão de práticas de TI Verde de forma mais transversal, sinérgica e holística, maximizando esforços de diversas áreas organizacionais em prol da sustentabilidade.

## 4.2 ETAPA 2 – ESTUDO DE CASO

### 4.2.1 O caso

Localizada a 320 km da cidade de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul (RS), a empresa A é um terminal de contêineres de grande porte que atende as principais linhas marítimas que conectam o Brasil a mercados internacionais importantes. A Empresa A faz parte do complexo portuário denominado Superporto do Rio Grande, que, num raio de 500 milhas marítimas (de Buenos Aires a Paranaguá), é o ponto geográfico central que oferece a maior profundidade para os navios operarem, 47 pés e é o porto de mar mais meridional do Brasil, localizado à margem oeste do canal do Rio Grande, sendo este escoadouro natural de toda a bacia hidrográfica da Lagoa dos Patos. Esses fatores credenciam a Empresa A a se tornar o terminal de contêineres mais eficiente do Mercosul.

O terminal emprega cerca de 1.000 funcionários diretos, possui 735.000 m<sup>2</sup> de área total, 900 m de cais linear (com três berços), e calado de 12,8 m (42 pés). São 2.800 tomadas para contêineres refrigerados, 20.000 m<sup>2</sup> de armazém, e 1,4 milhão na movimentação anual de TEU (*Twenty Foot Equivalent Unit*), unidade padrão deste tipo de transporte equivalente a um contêiner de 20 pés. Os equipamentos são de última geração, incluindo nove guindastes de cais STS (*Ship-to-Shore*), 22 guindastes de pátio RTG (*Rubber-Tyred Gantry*), bem como o sistema operacional Navis N4, líder global em gestão de terminais portuários.

No tocante à certificação de suas operações, a empresa A é certificada pelas normas ISO (*International Organization for Standardization*) 45001:2018, ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015. A ISO 45001:2018 certifica a empresa pela excelência em Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional, a ISO 9001:2015 determina a padronização dos processos operacionais do terminal, e a ISO 14001:2015 especifica os requisitos de um Sistema de Gestão Ambiental para que a organização seja capaz de gerenciar os seus impactos ambientais imediatos e de longo prazo.

Além destas certificações, a Empresa A também possui uma Política de Gestão da Qualidade, Saúde Ocupacional, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho que busca garantir o aprimoramento técnico, a integridade e a saúde de todos cujas atividades ou locais de trabalho estejam sob seu controle, atendendo a legislação e demais requisitos de saúde, segurança e meio ambiente. Além disso, possui uma política corporativa de responsabilidade social que pauta a condução dos negócios na busca pela redução de impactos ambientais, equidade social e eficiência econômica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e apoiando a comunidade local.

No que tange à TI, a organização possui procedimentos operacionais que funcionam com demanda intensiva de tecnologia, operando 24h/7 dias por semana, contando com um grande parque de máquinas, isto é, há muitos equipamentos de infraestrutura de TI e ferramentas complexas, como tratores, guindastes, entre outros, em operação, simultaneamente. Estas operações intensivas demandam alto uso de tecnologia, elevado nível de informatização dos processos e excessivo consumo de energia para viabilizar as operações. A seguir, apresenta-se o diagnóstico da TI Verde na empresa estudada.

#### **4.2.2 Diagnóstico da TI Verde na organização**

Face os resultados apresentados na etapa 1 da pesquisa – Revisão Sistemática da Literatura (RSL), foi possível desenvolver a partir dos temas que emergiram do estudo uma ferramenta de coleta de dados para aplicação nas organizações que utilizam ou pretendem utilizar TI Verde.

Esta ferramenta, em formato de *check-list*, foi desenvolvida a partir das práticas mais disseminadas entre as organizações (vide etapa referente à RSL), levando em consideração diversos aspectos - organizacionais, tecnológicos, econômicos, ambientais, sociais e mercadológicos - que influenciam positiva ou negativamente a adoção e uso da TI Verde por parte das organizações.

A aplicação desta ferramenta na empresa foi realizada com gestores das áreas de tecnologia e sustentabilidade/meio ambiente para identificar se a empresa adota ou não determinada prática e se os gestores/gestores de TI tem ou não conhecimento sobre ela independente de adotar ou não. A utilização desta ferramenta nesta etapa da coleta de dados permitiu realizar um diagnóstico da situação atual da empresa em relação à adoção da TI Verde em seus espaços.

Os resultados da aplicação da ferramenta contribuíram para o desenvolvimento teórico das categorias de análise do MMTIV, uma vez que permitiram uma comparação entre o estágio de desenvolvimento organizacional (maturidade) em relação à TI Verde com os achados teóricos de estudos empíricos sobre o tema.

O Quadro 8, a seguir, apresenta a ferramenta de diagnóstico que foi desenvolvida a partir da RSL (etapa 1) e aplicada na organização pesquisada. Ao todo, uma lista contendo 60 práticas de TI Verde foi apresentada aos entrevistados, os quais deveriam informar as práticas que conheciam e aquelas que a organização possuía.

**Quadro 8 – Check-list de Diagnóstico das práticas de TI Verde na organização**

PRÁTICA		TEM CONHECIMENTO?		ADOTA?	
1	Gerenciamento ambiental e análise de pegadas de carbono (em negócios baseados na web)	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
2	Recuperação de equipamentos eletrônicos (obsoletos/fora de uso)	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
3	Prevenção/Controle da Poluição	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
4	Gestão de produtos/serviços de tecnologias verdes/sustentáveis	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
5	Princípios de Desenvolvimento Sustentável na gestão de TI	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
6	Reciclagem de lixo eletrônico	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
7	Uso ecoeficiente de sistemas de computadores e centros de dados operacionais	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
8	Uso da TI com base em princípios <i>Green</i>	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
9	Descarte de TI de forma sustentável/ecologicamente correta	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
10	Métricas Verdes	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
11	Ferramentas de avaliação/metodologia (ISO 14001) para uso de práticas eficientes e eficazes de sustentabilidade	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
12	Projetos e estratégias para a sustentabilidade ambiental, incluindo projeto e localização de data center	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
13	Computação eficiente em energia com gerenciamento de energia e virtualização (Cloud computing; Grid Computacional e SaaS)	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO

14	Responsabilidade Social Corporativa	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
15	Estratégia Ambiental Corporativa	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
16	Políticas Específicas de TI Verde	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
17	Adoção de Produtos e serviços de TI (Hardware e Software) com foco na sustentabilidade ambiental	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
18	Consultorias de TI Verde	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
19	Política de compensação de carbono	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
20	Compra de créditos de carbono	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
21	Geração de energia limpa	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
22	Integração de práticas de computação verde, para atender aos requisitos de sustentabilidade	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
23	Aprimoramento da tecnologia de resfriamento	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
24	Substituição de computadores pessoais por thin clients energeticamente eficientes	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
25	Uso de software de virtualização para executar vários sistemas operacionais em um servidor	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
26	Utilizar fontes de energia renováveis para alimentar centros de dados	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
27	Promover o teletrabalho e a administração remota de computadores para reduzir as emissões de transporte	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
28	Criação de uma cultura organizacional voltada para a conscientização e gestão ambiental	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
29	Utilização de papel bem como demais equipamentos de escritório que sejam reciclados, reduzindo as taxas de consumo, desperdício de insumos e geração de resíduos	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
30	Políticas de TI Verde Institucionais	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
31	Gerenciamento do fluxo de dados do data center	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
32	Consolidação de servidores	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
33	Otimização da eficiência energética do data center	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
34	Considerações ecológicas no provisionamento e RFPs	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
35	Alocação de orçamento para projetos de TI Verde	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
36	Resfriamento líquido para equipamentos de TI	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
37	Compras de TI ambientalmente preferíveis	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
38	Análise do footprint ambiental de uma cadeia de suprimentos de hardware de TI	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
39	Avaliação do histórico de fornecedores, incorporando questões verdes e inclusão de preocupações sociais nas decisões de aquisição de TI	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
40	Práticas de terceirização de servidores	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
41	Práticas de terceirização de impressão	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
42	Virtualização de desktops	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
43	Políticas e práticas para gerenciamento de energia de PCs corporativos	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
44	Dimensionando do sistema de infraestrutura física crítica de rede (NCPI) para carga de TI	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
45	Uso de dispositivos NCPI eficientes	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
46	Atualização para servidores com eficiência energética	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
47	Projeto/aquisição/uso de sistemas com eficiência energética	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO

48	Utilização de monitores LCD/LED	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
49	Digitalização de documentos	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
50	Aplicativos de mensagens instantâneas em nível corporativo	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
51	Eco fonte	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
52	Utilização de Proteção de Tela para redução do consumo energético	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
53	Redução de impressão	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
54	VoIP	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
55	Central automática de ligações	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
56	Reutilização de papel	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
57	Ferramentas de controle de impressões	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
58	Reciclagem de cartuchos/tonners	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
59	Doações de equipamentos	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO
60	Reutilização de peças	( ) SIM	( ) NÃO	( ) SIM	( ) NÃO

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.2.1 Diagnóstico das práticas de TI Verde no caso estudado

Durante a realização da entrevista na empresa A, submeteu-se o *check-list* das práticas de TI Verde para apreciação e resposta dos gestores de TI e técnicos da área ambiental da empresa que, em conjunto, analisaram o conteúdo e responderam sobre o nível de conhecimento, adoção e maturidade de cada prática de TI Verde adotada pela organização. Os quadros, a seguir, apresentam a síntese dos resultados, demonstrando o total de práticas adotadas pela empresa (incluindo as práticas consideradas maduras, em desenvolvimento, em nível moderado, básicas ou incipientes). Ao final, apresenta-se o quadro com as práticas que a empresa não tinha conhecimento e não adota.

**Quadro 9 - Práticas de TI Verde que a empresa tem conhecimento e adota**

PRÁTICAS DE TI VERDE (n = 41)	
1	Gerenciamento ambiental e análise de pegadas de carbono (em negócios baseados na web)
2	Recuperação de equipamentos eletrônicos (obsoletos/fora de uso)
3	Prevenção/Controle da Poluição
4	Gestão de produtos/serviços de tecnologias verdes/sustentáveis
6	Reciclagem de lixo eletrônico
7	Uso ecoeficiente de sistemas de computadores e centros de dados operacionais
8	Uso da TI com base em princípios <i>Green</i>
9	Descarte de TI de forma sustentável/ecologicamente correta
10	Métricas Verdes
11	Ferramentas de avaliação/metodologia (ISO 14001) para uso de práticas eficientes e eficazes de sustentabilidade
13	Computação eficiente em energia com gerenciamento de energia e virtualização (Cloud computing; Grid Computacional e SaaS)

14	Responsabilidade Social Corporativa
15	Estratégia Ambiental Corporativa
22	Integração de práticas de computação verde, para atender aos requisitos de sustentabilidade
25	Uso de software de virtualização para executar vários sistemas operacionais em um servidor
26	Utilizar fontes de energia renováveis para alimentar centros de dados
27	Promover o teletrabalho e a administração remota de computadores para reduzir as emissões de transporte
28	Criação de uma cultura organizacional voltada para a conscientização e gestão ambiental
29	Utilização de papel bem como demais equipamentos de escritório que sejam reciclados, reduzindo as taxas de consumo, desperdício de insumos e geração de resíduos
30	Políticas de TI Verde Institucionais
31	Gerenciamento do fluxo de dados do data center
32	Consolidação de servidores
33	Otimização da eficiência energética do data center
40	Práticas de terceirização de servidores
41	Práticas de terceirização de impressão
43	Políticas e práticas para gerenciamento de energia de PCs corporativos
44	Dimensionando do sistema de infraestrutura física crítica de rede (NCPI) para carga de TI
45	Uso de dispositivos NCPI eficientes
46	Atualização para servidores com eficiência energética
47	Projeto/aquisição/uso de sistemas com eficiência energética
48	Utilização de monitores LCD/LED
49	Digitalização de documentos
50	Aplicativos de mensagens instantâneas em nível corporativo
52	Utilização de Proteção de Tela para redução do consumo energético
53	Redução de impressão
54	VoIP
56	Reutilização de papel
57	Ferramentas de controle de impressões
58	Reciclagem de cartuchos/tonners
59	Doações de equipamentos
60	Reutilização de peças

Fonte: elaboração própria (2022)

No quadro 10 a seguir, apresenta-se uma síntese das práticas de TI Verde que a empresa A não tem conhecimento e, por este motivo, não utiliza nas suas rotinas operacionais e administrativas. Apesar disso, a equipe de entrevistados na empresa A afirmou que pode surgir demanda para alguma prática de TI Verde até então desconhecidas. Isso reforça a importância da comunicação do mercado fornecedor com o mercado consumidor para desenvolvimento e maturidade das práticas de TI verde nas empresas.

**Quadro 10: Práticas de TI Verde que a empresa não tem conhecimento e não adota**

<b>PRÁTICAS DE TI VERDE - NÃO CONHECE/NÃO ADOTA</b>	
5	Princípios de Desenvolvimento Sustentável na gestão de TI
12	Projetos e estratégias para a sustentabilidade ambiental, incluindo projeto e localização de data center
16	Políticas Específicas de TI Verde
17	Adoção de Produtos e serviços de TI (Hardware e Software) com foco na sustentabilidade ambiental
18	Consultorias de TI Verde
19	Política de compensação de carbono
20	Compra de créditos de carbono
21	Geração de energia limpa
23	Aprimoramento da tecnologia de resfriamento
24	Substituição de computadores pessoais por thin clients energeticamente eficientes
34	Considerações ecológicas no provisionamento e RFPs
35	Alocação de orçamento para projetos de TI Verde
37	Compras de TI ambientalmente preferíveis
38	Análise do footprint ambiental de uma cadeia de suprimentos de hardware de TI
39	Avaliação do histórico de fornecedores, incorporando questões verdes e inclusão de preocupações sociais nas decisões de aquisição de TI
42	Virtualização de desktops
51	Eco fonte
55	Central automática de ligações

**Fonte: elaboração própria (2022)**

Realizado este diagnóstico, é possível perceber que a empresa possui um total de 68% (41 práticas) de adesão a práticas de TI Verde, um total de 30% (18 práticas) de práticas que foram consideradas desconhecidas pelos entrevistados e, portanto, não foram identificadas como aplicadas na organização, isto é, a empresa não tem conhecimento e não adota. Por fim, a empresa A apresentou um total de 2% (1 prática) que tem conhecimento, mas não adota. Esta prática de TI Verde é a nº 36 do *check-list* “Resfriamento líquido para equipamentos de TI”. A tabela 4, a seguir, apresenta os quantitativos avaliados no diagnóstico, a partir da entrevista realizada na empresa.

**Tabela 4 - Resultado do diagnóstico das Práticas de TI Verde**

<b>Práticas de TI Verde</b>	<b>Qtd.</b>	<b>%</b>
Tem conhecimento e adota	41	68%
Tem conhecimento e não adota	1	2%
Não tem conhecimento e não adota	18	30%
<b>Total de práticas mapeadas</b>	<b>60</b>	<b>100%</b>

**Fonte: elaboração própria (2022)**

### 4.2.3 Análise das Entrevistas

Para a análise e interpretação dos dados, a condução das entrevistas semiestruturadas teve como objetivo captar, essencialmente, os aspectos organizacionais que facilitam ou inibem a adoção de tecnologias verdes e/ou práticas de sustentabilidade, motivos de adoção, práticas implantadas, benefícios alcançados, impactos das atividades operacionais (econômicos, ambientais e sociais) e dificuldades enfrentadas na relação com os stakeholders/mercado. A análise desses aspectos permitiu compreender como diferentes componentes influenciam a forma como as organizações têm abordado a sustentabilidade na área de TI.

A seguir, apresenta-se um fluxograma em formato de árvore de decisão que foi utilizado como suporte para a condução da entrevista, a partir das questões apresentadas no roteiro semiestruturado de entrevista (Apendice A). Considera-se o roteiro de entrevista semiestruturada do Apendice A um instrumento de coleta de dados robusto, pertinente para serem utilizados em processos de coletas de dados cujo período de tempo de coleta seja mais longo como por exemplo, dias, semanas ou meses. Assim, o pesquisador/profissional que busca um diagnóstico mais profundo em torno das dimensões que abrangem a TI Verde na organização podem se utilizar dessa ferramenta de coleta de dados e das questões que estão presentes ali. Cabe ressaltar que este roteiro semiestruturado de coleta de dados foi oriundo da revisão de literatura, da tradução da versão preliminar do modelo de maturidade de TI Verde e de questionamentos que podem emergir a partir da aplicação/adoção de algumas práticas de TI Verde nas dimensões organizacionais, tecnológicas, econômicas, ambientais, sociais e mercadológicas.

Portanto, em virtude da limitação de tempo para a realização da coleta de dados desta pesquisa, foi elaborado um fluxograma de questões mais suscinto para cada dimensão abordada na versão preliminar do MMTIV. Cada um destes fluxogramas será apresentado com seus respectivos dados ao longo desta seção de análise e discussão das entrevistas.

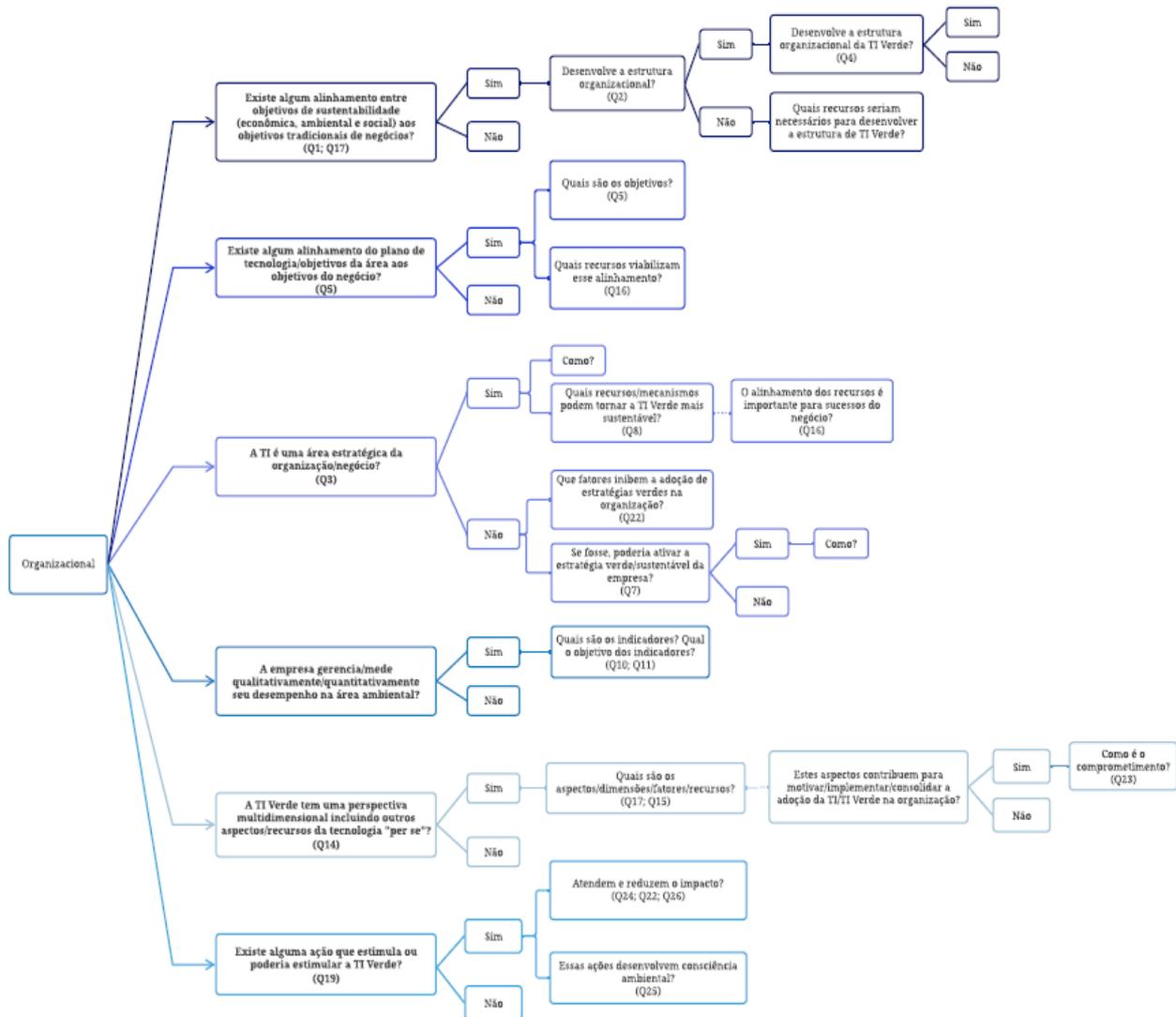
Na sequência, apresenta-se a discussão sobre as categorias de análise abordadas nas entrevistas realizadas com gestores de TI e analistas de meio ambiente da empresa A, bem como a análise e discussão dos resultados obtidos na etapa de coleta de dados (entrevista), contendo trechos das respostas dos gestores/analistas a título de ilustração.

As questões que orientaram a coleta de dados na entrevista na dimensão **organizacional** (Figura 8) versavam a existência de alinhamento entre as questões de sustentabilidade e os objetivos tradicionais do negócio em termos de processo, estratégia e governança de TI. Quanto ao eixo 'processo', buscou-se analisar o nível de desenvolvimento de competências técnicas

que favorecem a garantia/manutenção da sustentabilidade das operações organizacionais no presente e no futuro; buscou-se, ainda, analisar a integração de processos com foco na sustentabilidade, sob uma perspectiva transversal. A perspectiva transversal presume uma análise das práticas de TI Verde de cima para baixo e de baixo para cima da organização (NANATH; PILLAI, 2017; VYKOUKAL; WOLF; BECK, 2009), em termos organizacionais. Essa proposta conceitual de modelo de maturidade (MMTIV) foi especialmente relevante, pois embora haja uma expectativa de que a TI Verde reduza os custos organizacionais e o impacto da empresa no meio ambiente, pouca atenção tem se dado para compreender os benefícios estratégicos dos serviços de TI em uma perspectiva mais ampla e que atenda objetivos de sustentabilidade, incluindo, além dos aspectos ambientais, a incorporação de, por exemplo, variáveis de análise em termos de criação de valor para o cliente, valor de mercado e valor social (HARMON; AUSEKLIS, 2009).

Quanto ao eixo 'estratégia', buscou-se analisar o comportamento organizacional (coercitivo/mimético/normativo); a existência de iniciativas de desenvolvimento de modelos de negócios mais verdes/sustentáveis; e a existência de estratégias de TI Verde/Sustentabilidade aplicada aos negócios. Quanto ao eixo 'Governança de TI', buscou-se analisar a existência de Políticas de Sustentabilidade; o nível de aderência aos programas de GTQ e/ou Política Nacional de Resíduos Sólidos e lixo eletrônico (e-waste); o processo de Gestão da Informação; a Aplicação de boas práticas de sustentabilidade aos processos de negócios; e a existência ou desenvolvimento de competências organizacionais em termos comportamentais e contextuais para lidar com a sustentabilidade.

Figura 8 – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Organizacional)



Fonte: Elaboração própria

O resultado das entrevistas se mostrou bastante sólido em relação às práticas de TI Verde levantadas pelo estudo e apresentadas aos gestores. Embora algumas práticas não sejam de seu conhecimento e por isso não foram apontadas como aplicadas na empresa, pode-se considerar que um número expressivo de práticas está em implementação. Embora estas práticas tenham objetivos e níveis de maturidade distintos, isto mostra que a Empresa A está preocupada com a sustentabilidade de seus processos e, mesmo que indiretamente, acaba contribuindo com a sustentabilidade na área de TI.

Os gestores comentaram que o desenvolvimento de determinadas práticas como: políticas de sustentabilidade global, desenvolvimento de uma cultura organizacional focada em aspectos *green* demandam certo tempo de maturação e estas iniciativas, por mais que possam

ser fomentadas pelas unidades de negócio, derivam de cima, da cúpula da organização que “puxa” os processos a partir desses marcos regulatórios internos/externos.

“Temos buscado continuamente incorporar a sustentabilidade de forma mais presente e efetiva nas nossas operações, por meio de práticas com foco na preservação do meio ambiente e também no desenvolvimento de serviços e processos que não sejam tão danosos à natureza... isso melhora os requisitos de qualidade e entrega para o nosso cliente. Trabalhamos com clientes internacionais que prezam pelo atendimento a normas de gestão de impacto ambiental, também precisamos atender os requisitos da ISO que somos certificados.... Então, é uma busca constante de aprimoramento em várias frentes, desde a gestão, aquisição e manutenção do nosso parque de máquinas até o momento que temos que descartar algum eletrônico” (Gestor de TI 2 Empresa A)

Questionados sobre a existência de alguma política global ou institucional que verse sobre questões de sustentabilidade na área de TI e se a TI Verde ajuda a consolidar esta política, o gestor 2 comentou que:

“Nós somos certificados pelas normas ISO (International Organization for Standardization) 45001:2018, ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015. A ISO 45001:2018 certifica a empresa pela excelência em Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional, a ISO 9001:2015 determina padronização dos processos operacionais do terminal, e a ISO 14001:2015 especifica os requisitos de um Sistema de Gestão Ambiental para que a organização seja capaz de gerenciar os seus impactos ambientais imediatos e de longo prazo. A gente tem políticas baseadas na ISO 14001 e essa política define a melhoria contínua nos aspectos técnicos e ambientais, então a gente fala sobre as partes de resíduos, energia. Talvez não diretamente na TI, mas no geral sim, para todos os setores do terminal.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Os gestores comentaram que em outro momento desta mesma pesquisa, quando iniciaram a adoção de práticas de TI Verde na área de TI da empresa, nem sabiam que aquelas práticas representavam um movimento maior.

“Quando se tem um conhecimento limitado sobre as questões acerca da sustentabilidade é difícil, às vezes, imaginar que estamos fazendo algo “verde”, quando na verdade estávamos pensando em melhorar nossa capacidade de atendimento de suporte (técnico) e em melhorar nosso padrão de desempenho, mas saber que consequentemente estamos contribuindo, estimula a continuidade dessas práticas, até que o mercado lance novas tecnologias mais apropriadas ou quem sabe mais verdes”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Todo processo de mudança é complicado, sempre que precisamos adotar um novo processo de trabalho passamos por resistência, mesmo que seja mínima e talvez não proposital. Isto porque as pessoas precisam aprender sobre aquilo, entender das normas, políticas, fazer treinamentos e até que se torne um hábito, leva um tempo”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Ainda, conforme o entrevistado, durante o processo de adoção de novas tecnologias, processos ou políticas de sustentabilidade dentro da empresa, foi possível perceber que quando a situação é influenciada por uma questão legal (normas e padrões internacionais que regem a

atividade) ou estimulada pelas chefias, as iniciativas de TI Verde são efetivadas mais rapidamente.

“Sobre políticas de gestão de qualidade total, temos a incorporação de princípios de sustentabilidade na gestão de impacto ambiental e social. A nossa política, a ISO 14000, que é a única da empresa que envolve tanto qualidade, quanto segurança e meio ambiente... então, é uma política só que envolve todas essas áreas. Também temos uma Política de Gestão da Qualidade, que busca garantir o aprimoramento técnico e garantir os padrões de qualidade exigidos pela norma e internacionalmente pelos nossos clientes. Muitas vezes, ser certificado com as operações é o que nos permite competir em determinados mercados/países.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Já que estamos falando de maturidade, é importante porque às vezes algumas práticas levam mais tempo para “maturar” do que outras, que podem ser mais simples. Apesar disso, eu acredito que o contexto da pandemia de COVID-19 forçou drasticamente as pessoas a se adaptarem mais rápido. Usamos hoje com muita eficiência práticas de TI Verde (como teletrabalho, VOIP, informatização de quase todos os processos, conferências e reuniões online, entre outros) que já existiam, mas que foram intensificados com a pandemia e deu certo”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Quando a perspectiva de atuação é *top-down* ou sofre pressão intensa do ambiente externo, como foi o caso da pandemia de COVID-19, a adoção tende a ter mais eficácia, considerando que atuam em grupo e não isoladamente em unidades de negócios. Em relação às barreiras, foram apontadas: a inexistência ou dificuldade na elaboração de um planejamento de TI específico para TI Verde, dificuldade de avaliar e mensurar os resultados e impactos de algumas iniciativas, de políticas ou campanhas de sustentabilidade em nível organizacional; inexistência de critérios *green* para seleção de fornecedores e compra de equipamentos, já que estes são baseados em custo e desempenho.

Porém, os gestores apontaram que apesar dos critérios não serem “sustentáveis”, estas máquinas e equipamentos que pautam na eficiência energética tendem “naturalmente” a serem mais sustentáveis, sendo projetadas para consumir menos energia, o que acaba contribuindo indiretamente para a sustentabilidade.

Os gestores também comentaram que para ocorrer a aplicação, adoção, incorporação ou aquisição de algum tipo de inovação focado em sustentabilidade em TI nas aquisições/compras de equipamentos de TI, teria que haver algum programa nacional na [empresa] sobre isso para viabilizar o início desse tipo de prática. Por enquanto, é inexistente.

Ao iniciar o processo de adoção de algumas práticas de TI Verde, a empresa teve dificuldades relacionadas especialmente à cultura organizacional e ao tempo de resposta/adaptação dos usuários, necessidades de treinamento e tempo de aprendizagem inerente a qualquer processo de mudança ou inserção de novas tecnologias.

“Os funcionários foram externamente forçados pelas variáveis contextuais (pandemia de COVID-19) a se adaptar em uma velocidade maior do que a tradicional para conseguir atender prazos, clientes e metas de resultados esperados pela empresa. Consequentemente, teve-se um ganho no aumento do desempenho, aceleração da aprendizagem e *redesign* de processos de trabalho que agora são novos hábitos”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Sobre estratégia ambiental corporativa, podemos dizer que sim, temos. Considero isto bem maduro. Inclusive neste momento, estamos em auditoria ambiental da nossa licença ambiental que é uma demanda do corporativo da [empresa]. Já tivemos políticas institucionais com foco em sustentabilidade aplicada na área de TI (Políticas de TI Verde institucionais). Tivemos uma campanha um tempo atrás de “desligue o seu computador”, campanha “[empresa] sem papel”, que é uma iniciativa grande para redução de papel no grupo inteiro, entre outras mais elementares”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Sobre política de gerenciamento da TI, (...) a gente tem conhecimento, tentaram fazer isso, um desligamento na hora do almoço, mas é bem incipiente. Não vi resultados comunicados sobre o esforço da campanha, talvez não seja tão expressivo assim ou mais difícil de mensurar”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Uma coisa que foi implementada é a utilização de processos através do *fluig*, que foi o pessoal da TI que fez. Um dos objetivos era reduzir a quantidade de papel gerado no terminal. Então, alguns processos foram automatizados e colocados dentro do *fluig* para, por exemplo, autorizar a saída pela portaria que era necessário imprimir um papel assinado para aprovação. *Fluig* é uma plataforma de sistemas para workflow, para fluxo de aprovação e ele roda também em dispositivos como smartphones, tablets, na web... então é algo acessível, desde que se tenha acesso à internet. Quem desenvolve é a área de Sistemas, não é nem a área de TI. E para agilizar, a gente paga uma consultoria que fica restrita ao *core business* e a gente usa a mão de obra especializada para fazer o desenvolvimento rápido e *deploy* rápido disso”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Os gestores de TI e os analistas de SMS também comentaram que existem programas de sustentabilidade, prêmios internos com foco em meio ambiente, desempenho e custo que motivam os funcionários no desenvolvimento de soluções para os problemas das unidades de negócio ou demandas específicas de seus clientes. Também destacaram que são uma empresa brasileira à frente do mercado nestas questões de sustentabilidade, já que são certificados por muitas normas internacionais e estimulados por prêmios institucionais de sustentabilidade, com exigência de padrões de qualidade muito altos para inovar e competir melhor para atender seus clientes internacionais.

“Essas questões que a gente fica falando de sustentabilidade são bem comuns na empresa e algumas usam até como marketing verde, como a possibilidade de expandir para o cliente e stakeholders, já que está gerando valor a partir daquilo que é uma demanda global. A companhia tem a prática, o costume de reportar e notificar essas práticas. Depois do selo 14000, a gente torna isso público nas nossas páginas de internet. Mas o que tá crescendo mesmo é a questão da parte do carbono, por conta do nosso transporte multimodal.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Nosso modal logístico impacta em menos caminhão andando nas estradas, poluindo o ar e consumindo combustível fóssil. Então, isso tem um impacto bem considerável na economia de carbono e ambiental. E isso gera uma publicidade bem grande, pois tem clientes que inclusive escolhem esse modal por conta dessa modalidade mais *ecofriendly*.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

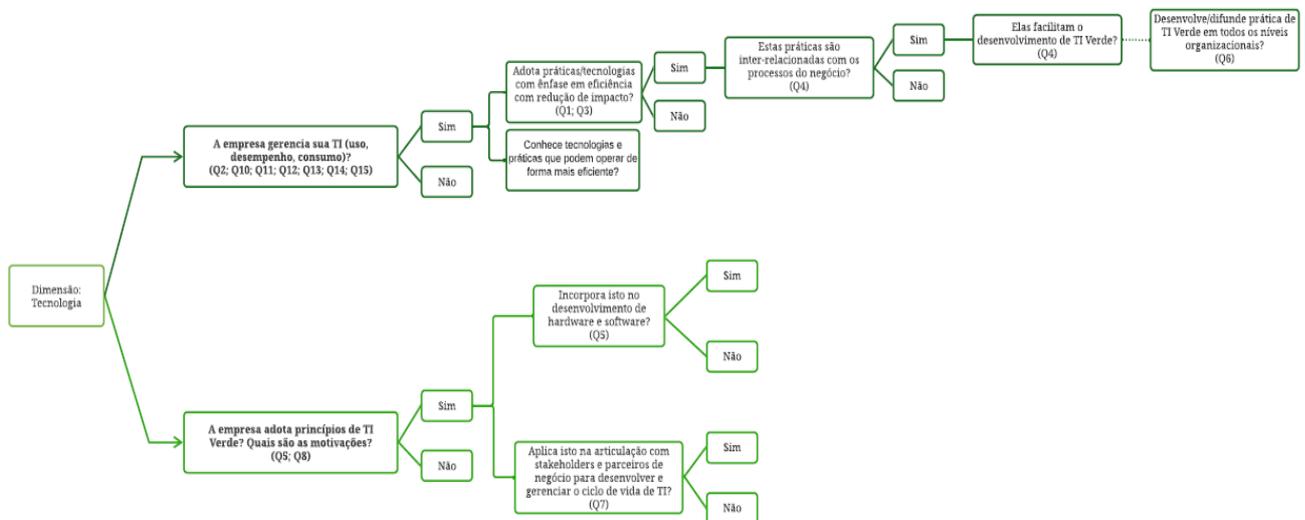
“Antes de um cliente nos homologar como fornecedor, nos enviam um questionário para respondermos com todas as nossas práticas ambientais e de segurança do trabalho, para então decidir se nós nos adequamos ao perfil esperado e só depois nos homologam como cliente. Vem tanto dos nossos clientes como de nós para os nossos fornecedores.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Não tem nenhuma demanda do corporativo específico para trabalhar sustentabilidade na área de TI, mas de outras áreas operacionais, temos. Como, por exemplo, o “Selo Ouro”. Essa quantificação é uma coisa que parte do corporativo para gente. O programa retrofit das lâmpadas também. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Além disso, todos os anos têm campanhas de sustentabilidade focadas no colaborador e na geração de consciência sobre essas questões. É importante conhecer e entender os princípios para poder aplicar isso no nosso trabalho. Nem sempre tivemos a oportunidade de tratar esses conceitos mais de perto. A empresa se preocupa com isso. Já tivemos reconhecimento junto ao presidente, ganhamos um certificado por automatizar todos os processos dos caminhões, com autoatendimento, totem. E isso era um programa que premiava os melhores projetos nacionais da [empresa]. Esse programa parou com a pandemia, mas ele existia até 2019. E aí tu aplicavas o teu projeto na unidade de negócio. [...] tinha também um programa que chamava Prêmio de Sustentabilidade [nome da empresa]. A equipe proponente tinha que apresentar o projeto e mostrar onde o projeto contribuía com a sustentabilidade. O viés não era só ambiental, eram três pilares: ambiental, custo e operacional. Esse prêmio a gente ganhou por custo e operação.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Com relação à dimensão **tecnológica** (Figura 9), buscou-se analisar eixos como aquisição, uso e gerenciamento de Tecnologias Limpas; gestão de resíduos de TI (lixo eletrônico) e avaliação do ciclo de vida (ACV) de equipamentos de TI; como operam os Sistemas de Informação e Infraestrutura de TI; qual o nível/grau de informatização dos processos da empresa; se existe a adoção de princípios de arquitetura de TI Verde no desenvolvimento de tecnologias (software/hardware); e se havia ou não a predisposição para a adoção de práticas de TI Verde difundidas no mercado.

**Figura 9 – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Tecnológica)**



**Fonte: Elaboração própria**

Quando questionados sobre a gestão da tecnologia ou o uso de tecnologias de informação que dão suporte na gestão, o gestor de TI 2 abordou aspectos relacionados à demanda de tecnologia para gestão da performance, destacando a gestão operacional do parque de máquinas, com a sinalização e antecipação de problemas e demandas de manutenções programadas.

“Hoje temos uma demanda muito grande de tecnologia, que é a gestão diária da performance do parque de máquinas que é feita com o apoio da TI. Já se tem diversas ferramentas hoje em dia para auxiliar nessa demanda como, por exemplo, sensores da Internet das Coisas que são integrados à nuvem. Eles enviam dados contínuos para o gestor sobre a performance dos equipamentos. Isso facilita a gestão operacional dos processos da empresa, indica eventuais demandas de troca de peças de alguns equipamentos, auxilia no monitoramento de manutenções periódicas/programadas e também auxilia na sinalização/ antecipação de eventuais problemas” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

No que tange à TI, a organização possui procedimentos operacionais que funcionam com demanda intensiva de tecnologia, operando 24h/7 dias por semana. Tais operações são viabilizadas através de um alto consumo de energia e demandam amplo espaço físico. Além disso, contam com um grande parque de máquinas, isto é, a quantidade de equipamentos que a empresa possui, incluindo equipamentos da infraestrutura de TI, como os dispositivos de rede, e até mesmo ferramentas complexas, como tratores, guindastes, entre outros. A adoção de algumas práticas de sustentabilidade associadas à TI, apontadas pelo gestor de TI 1 na sua fala evidencia exemplos dos benefícios percebidos com a TI Verde:

"Os resultados que a gente percebeu com a adoção de práticas de TI Verde e aumento no nosso nível de informatização dos processos foram principalmente a redução dos gastos e quantidade de recursos que se consumia no escritório, como: papel, toner e energia, por exemplo". (Gestor de TI 1 – Empresa A)

"A pandemia também trouxe uma redução desse consumo, associado aos materiais de escritório, pois hoje temos muito mais processos informatizados, tudo está na nuvem e praticamente todos os processos são eletrônicos. Não precisamos imprimir mais nada. Também atualizamos periodicamente nosso parque de máquinas, substituindo 100% dos monitores e equipamentos obsoletos e ineficientes energeticamente; isso reduziu bruscamente a quantidade de energia que era consumida e, por outro lado, também aumentou o espaço disponível. Com isso, conseguimos ter melhores condições de trabalho e novas pessoas nas unidades operacionais. Implementando tudo isso, principalmente substituindo as máquinas... doamos muitos PCs para instituições de caridade e escolas do município". (Gestor de TI 1 – Empresa A)

"Também demos a chance para a compra desses equipamentos por parte dos nossos colaboradores, já que embora possam não ser mais úteis para as atividades na empresa, para uso doméstico ou escolar, eles funcionam super bem. Então, a gente dá a prioridade para o nosso pessoal e, em seguida, aproveitamos algumas peças (se for o caso) ou doamos". (Gestor de TI 1 – Empresa A)

No caso estudado, o fato de a empresa atuar no ramo de comércio exterior demanda que funcionários possuam, muitas vezes, mais de um computador para desempenhar suas funções. Além disso, o terminal de contêineres opera em rotina de trabalho intensiva, o que demanda uma quantidade de dados transacionais muito grande que, por sua vez, necessita de muita agilidade no processamento das informações para concluir as transações.

Nas falas dos gestores de TI, a seguir, é possível identificar os aspectos críticos e demandas por tecnologia de empresas com alto grau de informatização e transação de dados, bem como o impacto dessas operações em termos de *hardware*, *software*, gestão e aquisição de TI/TI Verde.

"Várias ferramentas de tecnologia existentes no mercado, hoje, também permitem que os dados sejam integrados com soluções de análise de dados. Isso ajuda muito o planejamento do gestor, pois garante mais robustez nas análises e nos relatórios de gestão, facilitando a tomada de decisão, já que você tem tudo compilado ali..." (Gestor de TI 2 – Empresa A)

"Nós utilizamos softwares de controle de rotinas, por exemplo, que nos auxiliam a ter um maior controle sobre como os equipamentos são mantidos. Assim, todas as rotinas de manutenção preventiva e corretiva são registradas em um único lugar, assim como a troca de peças. Dessa forma, a empresa tem um maior controle sobre a saúde do parque de máquinas e consegue prever eventuais despesas com novos equipamentos ou tecnologias substitutas. Isto também nos ajuda a reduzir custos, já que temos controle dos prazos e dos equipamentos que foram reparados". (Gestor de TI 1 – Empresa A)

"A gente não tem um *drive* dentro da API (*Application Programming Interface*)... para se preocupar com o meio ambiente, a gente vai muito mais a reboque de tendências de mercado, então, por exemplo, essa renovação tecnológica foi com um

viés de performance de escalabilidade e redundância e não com o viés ambiental, mas o ganho ambiental veio junto. Com certeza nosso projeto de renovação do *Data Center* gerou essa redução no consumo de energia que traz esse benefício ambiental, mas a gente não fez o projeto pautado primeiramente nos princípios de sustentabilidade, a gente fez o projeto por uma questão de renovação tecnológica, performance, redundância, alta disponibilidade dos sistemas do negócio.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Em relação à adoção de princípios de sustentabilidade na aquisição e desenvolvimento de práticas de TI Verde, internas ou terceirizadas na organização, os entrevistados abordaram questões relevantes em torno de capacitação pró sustentabilidade por parte da sua equipe técnica. Evidenciam nas suas falas que a organização se preocupa com essas questões, busca formas de treinar e incentivar seus colaboradores, abordando questões de sustentabilidade e que isto poderia, no curto prazo, se tornar um diferencial para as equipes, setores e gestores que tivessem mais alinhamento e capacidade de traduzir os princípios de sustentabilidade em práticas efetivas dentro da organização, contribuindo para o alcance de metas globais da empresa na qual trabalham, tornando seus processos mais sustentáveis.

Nas falas dos gestores, eles abordam a dificuldade de materializar algumas abordagens da TI Verde na prática e a timidez do mercado na oferta de determinados produtos e serviços de TI Verde, o que pode justificar a não adoção, o desconhecimento ou um baixo nível de maturidade em determinadas práticas na organização.

“Não temos muito conhecimento sobre princípios sustentáveis de gestão da TI, não é nosso foco, nem temos pessoas na equipe com essa *expertise*. Acredito que no futuro, possa haver mais pessoas capacitadas para este fim ou mais familiarizadas com esses conceitos capazes de traduzí-los para a prática.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Eu vejo que a sustentabilidade, na maioria das empresas, acontece de forma mais operacional e objetiva, nas atividades centrais de produção, mesmo porque é mais fácil de enxergar. Mas eu acredito, sim, que a gente acaba tomando decisões em torno da tecnologia que contribuem positivamente com vários aspectos da TI Verde. Hoje, inclusive, aprendemos todos um pouco mais sobre isso.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Quem sabe no futuro não teremos mais tecnologias aplicadas ou desenvolvidas aqui dentro. Podemos buscar oportunidades de melhoria através disso e contribuir setorialmente com os indicadores gerais e macros do grupo. Seria uma vantagem competitiva da nossa unidade bem interessante.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Sobre os produtos, serviços e tecnologias verdes ou sustentáveis, a gente tem conhecimento sim. Existem algumas, não muitas disponíveis no mercado. Pelo menos eu não conheço tantas, acho que o mercado ainda é tímido em relação a isto. Nós fizemos a redução do número de servidores do *Data Center* e eu diria que isto habilitou a empresa a reduzir custos e melhorar a performance, contribuindo com as questões ambientais, mas não foi o aspecto motivador. Então, nesse ponto de adotar,

desenvolver ou gerir tecnologias com foco na sustentabilidade, eu considero que ainda somos incipientes. Os benefícios associados a isto ocorrem de forma “auxiliar”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

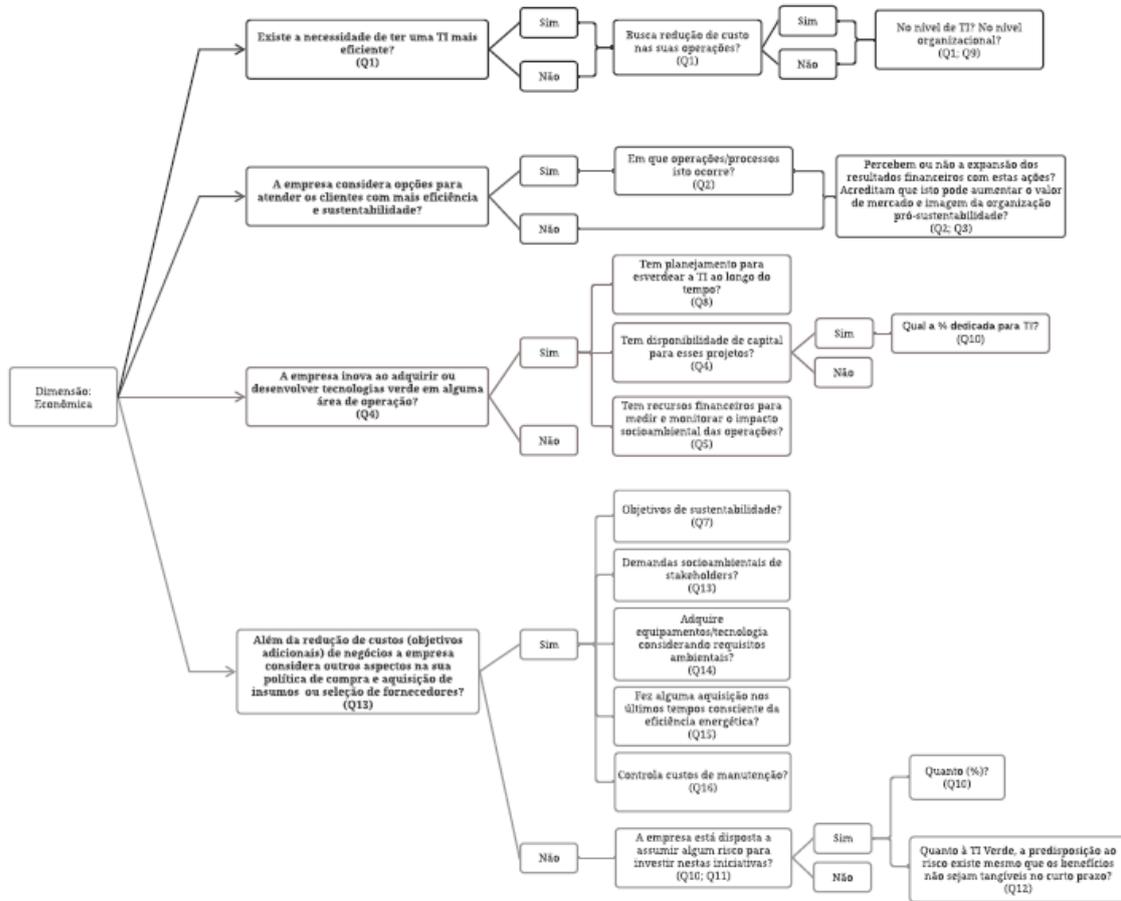
Adicionalmente, os gestores abordaram as principais práticas de TI Verde que adotam com mais frequência, ressaltando os motivos de adoção, objetivos, benefícios e nível de maturidade que consideram ter em relação a essas práticas.

Temos práticas básicas que considero bem desenvolvidas, como a questão do teletrabalho, que foi muito impulsionada pelo contexto da pandemia de COVID-19. Já estamos fazendo isto há 2 anos com êxito. Reduziu muito nosso custo operacional, ganhamos mais tempo e agilidade, conseguimos otimizar reuniões com todos os nossos diretores e equipes em qualquer lugar do mundo. Temos equipamentos modernos que viabilizam essa prática e salas específicas para este tipo de reunião. Reciclamos papel utilizado na empresa, buscamos não imprimir documentos, já que temos tudo na nuvem, compartilhado com a equipe. Não utilizamos papel reciclado, pois isso ainda tem um custo mais elevado que o papel branco tradicional. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Em termos de práticas diretamente relacionadas à “tecnologia” em si, nós fazemos o gerenciamento de fluxo de dados do *Data Center*; temos sistemas para isso. Fazemos também a consolidação dos servidores e estamos fazendo a otimização da eficiência energética do *Data Center* à medida que reduz a quantidade de servidores, mas não existe uma política “de vamos desligar por carga” [...] estamos fazendo porque acreditamos na eficiência desse processo. Também fazemos o dimensionamento do nosso sistema de infraestrutura de rede. Teoricamente, a rede é dimensionada para atender o terminal. Não temos desperdício, tipo o superdimensionado da rede, colocar muito mais cabo do que precisaria. A gente nem consegue fazer isso porque o dinheiro não deixa. Em questão dos cabos, agora com o VOIP, a gente está reduzindo, para cada nova estrutura estamos levando um ponto de rede somente por ponto de trabalho. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Na dimensão **econômica** (Figura 10), as entrevistas tiveram ênfase na análise de aspectos referentes à capacidade financeira da organização em relação à adoção de inovações que contribuem para a redução de impactos socioambientais. Também se destacou a análise de viabilidade econômica a partir de indicadores (Retorno sobre o investimento (ROI) e eco-eficiência) de projetos de TI/TI Verde, bem como avaliar o nível de exposição ao risco da organização para adotar TI Verde, considerando princípios de ecoequidade, ecoefetividade e regulamentações governamentais/setoriais.

**Figura 10 – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Econômica)**



Fonte: Elaboração própria

Face ao exposto pelos gestores durante a entrevista, percebeu-se que a adoção de práticas de TI Verde resultou em benefícios econômicos, como redução de desperdícios; redução da quantidade de insumos consumidos como papel, toner e energia; redução de gastos financeiros com esses recursos; redução da utilização de papel com a digitalização de documentos, bem como informatização de processos; utilização de computação em nuvem; programação e gestão de atualizações do parque de máquinas; substituição de equipamentos obsoletos e aquisição de equipamentos energeticamente eficientes (CPUs, Monitores LCD por LED, servidores, entre outros), o que reduziu o consumo energético das operações.

“Com a informatização dos nossos processos e o uso de computação em nuvem, quase não imprimimos mais folhas. Nossos processos são predominantemente eletrônicos. Além de reduzir o consumo de papel, reduzimos também o custo de manutenção de impressoras, que agora são terceirizadas, juntamente com seus insumos associados. A substituição de máquinas grandes e pesadas, que antes geravam muito ruído e calor, hoje, cedem espaço para equipamentos menores, mais eficientes e que liberam estações de trabalho para mais pessoas. A tecnologia cada vez mais enxuta e *slim* tem um custo, nem sempre baixo, mas compensa quando a gente avalia o desempenho e o custo de manutenção dessas máquinas. *Software* e *Hardware* capazes de suportar

nossas operações e demandas administrativas garantem agilidade nas entregas dos nossos funcionários e facilitam o suporte técnico, inclusive remoto (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Além disso, realizam de modo sistemático a doação de PCs usados para escolas do município, porém garantem prioridade de compra desses equipamentos para os próprios funcionários por um preço bem abaixo do valor de mercado para valorizar e favorecer o seu pessoal. Os gestores destacam na entrevista, que apesar de ter um parque de máquinas significativo em termos de número de equipamentos, se comparado o parque de máquinas ou uso intensivo da TI para avaliar o consumo de energia do terminal, o percentual da TI é muito baixo.

“Isto porque 80% da energia gasta no terminal é em função do armazenamento de container *reefer*, que é um serviço que a empresa fornece. Então, o restante acaba sendo muito pequeno. Inclusive, percebemos uma redução do consumo de energia durante o período de *home office* na pandemia, já que muitos funcionários não estavam em operação no escritório, não consumindo nenhum tipo de recurso (energia de TI, energia de ar-condicionado, papel, toner, e qualquer outro insumo associado às operações administrativas). Não temos esse dado, porque é difícil mensurar essa variação, mas presume-se que diminuiu, sim, o consumo e os custos financeiros de operações durante a pandemia, embora desassociar o custo de energia da rotina administrativa e das operações de carga no terminal seja muito complexo.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Os números operacionais que consomem energia são muito grandes, como o exemplo dado do container *reefer*. O container *reefer* tem uma máquina que joga frio para dentro, funcionando como uma grande geladeira com mobilidade, e ele usa energia elétrica (440V para movimentar esses compressores e manter a carga armazenada a -15 °C/ -20 °C, super congelado. Pode fazer exportação, podendo viajar com segurança sem estragar a carga. A gente possui 2.000 tomadas para *reefer*, então são 2.000 posições para ligar containers com consumo de energia de 440V, que é algo bem relevante. Então, o *reefer* fica ligado 24h, 7 dias na semana, até ele ser embarcado. Por isso, é difícil mensurar qual parcela da conta de energia corresponde a operações menores e que demandam, na proporção, um consumo de energia menor”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Na tentativa de reduzir o custo do consumo de energia, numa perspectiva econômica mesmo, a gente tem um sistema de gestão do consumo de energia dos *reefers*. Então, desligava-se à noite o consumo de energia dos *reefers*, principalmente os congelados que estão a -15 °C. E a gente fazia isso porque um *reefer* perde 1°C a cada 24h, então não faz diferença para a carga ficar 12h (durante a noite, que não tem sol) desligado. Com isso, conseguimos economizar bastante, sem prejudicar a qualidade da carga, tornando o custo total de operação do terminal mais baixo. Para fazer isso, a gente possui um software que controla o período de desligamento e religamento da energia nas subestações. Isso realmente teve um ganho econômico, reduzindo a conta e, conseqüentemente, colaborando para a questão ambiental, já que não estaremos consumindo energia em um período de 10-12h. E tudo isso, é claro, sem prejuízo para os embarcadores, os exportadores”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Questionados sobre a existência de algum orçamento disponibilizado com alguma periodicidade para investir em projetos de sustentabilidade no setor de TI, os gestores entrevistados relataram que:

“Com determinada periodicidade, não temos. O que acontece é que todo ano a gente projeta um orçamento para o próximo ano e se tiver algum projeto interessante em vista, e que tenha capacidade financeira de financiamento, se insere o projeto nesse orçamento anual. Para esse ano (2022), por exemplo, temos a eletrificação dos demais RTGs. RTGs são esses equipamentos que dão suporte aos containers e a gente tem 10 deles eletrificados, os demais são a diesel. A meta é que no próximo ano a gente tenha previsão orçamentária para fazer a eletrificação dos demais.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Outra coisa relacionada a projetos de sustentabilidade é que estamos construindo uma central de resíduos nova, que envolve questões de sustentabilidade... uma seção de tratamento de efluentes também está saindo do papel este ano, no início do ano que vem. Então, existem orçamentos sim, a empresa apoia e investe em todas as demandas que sejam em prol do meio ambiente. Não só em segurança das pessoas, que é algo primordial, mas também em todas as demais questões que surgem em relação ao meio ambiente. Quando surge uma demanda, é muito difícil dizermos não, podemos nos programar para fazer mais para frente, mas simplesmente vetar é difícil.” (Analista de SMS 2 – Empresa A).

Os entrevistados mencionaram na entrevista que não possuem políticas de compensação de carbono, nem de compra de créditos de carbono para suas operações, já que fazem a análise de avaliação das emissões e buscam medidas de redução e combate à poluição. Essas iniciativas são consideradas passos iniciais, para quem sabe no futuro próximo, chegar a adotar práticas de compensação. Também não realizam aprimoramento de tecnologias de resfriamento, por considerarem esta prática muito cara e que na visão dos gestores não compensa o custo-benefício. Por isso, utilizam o ar-condicionado tradicional.

Também não possuem orçamentos específicos para projetos de TI Verde. Ainda não desenvolvem práticas associadas à aquisição de equipamentos com base em critérios ambientais, não conhecem fornecedores específicos que possuem sistemas de compensação ambiental ou uma análise de ciclo de vida mais sustentável dos equipamentos de TI. De modo geral, não direcionam atenção para estas questões. O foco das compras de equipamentos tecnológicos é baseado na relação de custo-benefício, associado ao desempenho das máquinas para as operações da empresa.

“Nós temos conhecimento sobre práticas de TI Verde para projetar, adquirir e utilizar sistemas com eficiência energética. Estamos adotando este tipo de prática mais recentemente, com o desenvolvimento da tecnologia de informação nesse sentido. Estamos mais maduros nisso, pode-se dizer que estamos em desenvolvimento.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Quanto à utilização de energias renováveis, mais baratas e limpas para viabilizar as operações da empresa, os gestores mencionaram que:

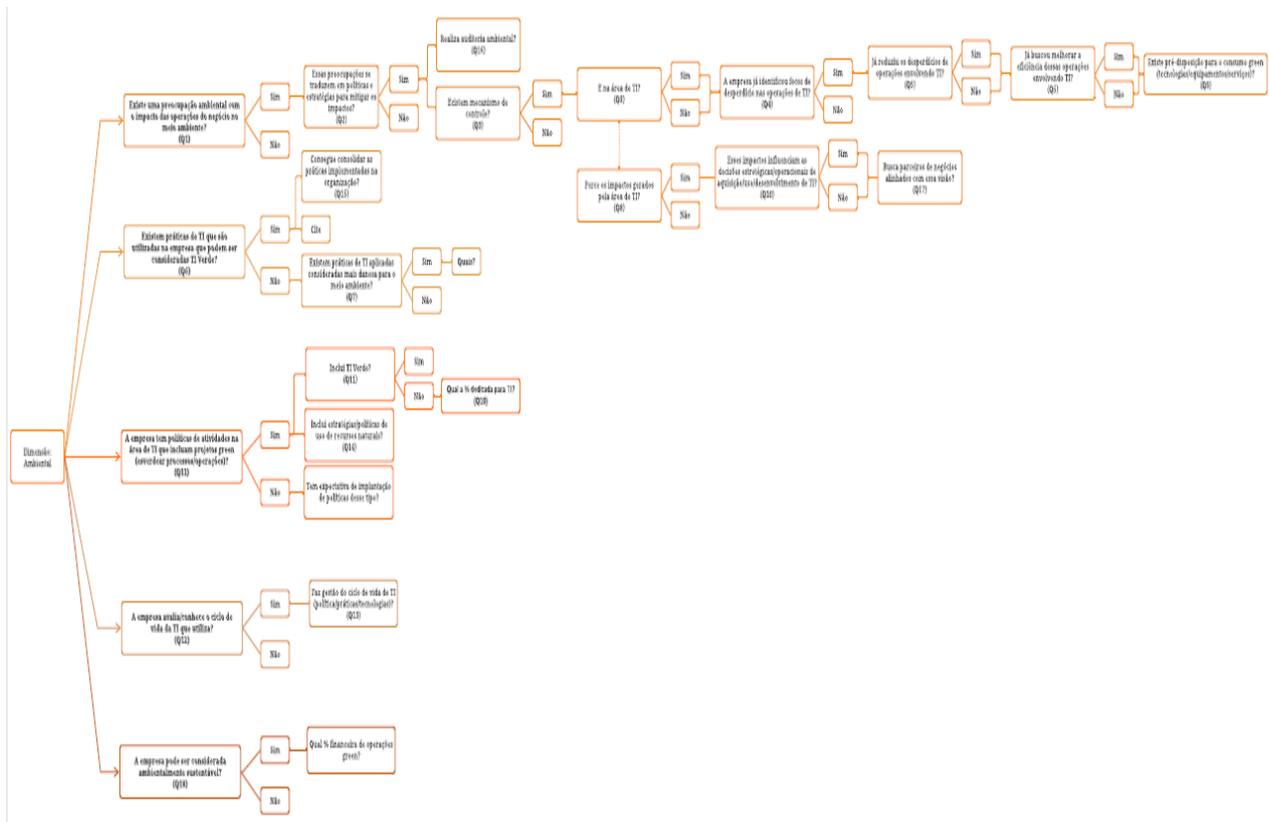
“Utilizamos ponto de energia renovável para alimentar nossos centros de dados. A nossa energia é praticamente toda proveniente de hidrelétricas. A gente não tem

autogeração, mas com a chegada da indústria do gás na cidade pode ser um projeto futuro de desenvolvimento, já que se o grupo tiver a opção/opportunidade de tornar a operação mais renovável, eles irão pelo viés econômico e ambiental.” (Analista de SMS 2 – Empresa A)

“Nossa energia é adquirida de fontes prioritariamente renováveis. Porém, tem vezes que não está disponível para ser adquirida. Então, isso vai depender de como está o mercado nacional de aquisição de energia elétrica. A gente já fez estudos para ter um aerogerador aqui dentro, no mesmo molde dos aerogeradores de parques eólicos. Na época, só a etapa de licenciamento ambiental já inviabilizou o projeto, por causa dos longos prazos para liberação das licenças e prazos de execução, além dos custos extremamente altos.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Na dimensão **ambiental** (Figura 11), pretendeu-se analisar o nível de proatividade ambiental da organização, em termos de pré-disposição ao consumo de produtos e serviços *green*; analisando se a organização desenvolve medidas de mensuração do impacto ambiental das suas operações; se havia alguma preocupação/sensibilização em torno de questões ambientais na organização; se existia alguma influência de preocupações ambientais no processo de tomada de decisão; e se a visão de sustentabilidade (princípios, práticas, políticas e estratégias) era aplicada de alguma forma nos processos de negócios da organização.

**Figura 11 – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Ambiental)**



Fonte: Elaboração própria (2021)

No tocante a essa dimensão, a empresa A destacou que possui importantes certificações em suas operações, sendo certificada pelas normas ISO (*International Organization for Standardization*) 45001:2018, ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015. A ISO 45001:2018 certifica a empresa pela excelência em Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional, esta certificação adota métodos de controle abrangentes para uma operação segura, minimizando riscos e paradas operacionais.

O Sistema de Gestão está direcionado para contemplar diferentes públicos, como colaboradores, terceiros, fornecedores e visitantes. A ISO 9001:2015 determina a padronização dos processos operacionais do terminal, que inclui movimentação e armazenagem de containers destinados à exportação, importação, cabotagem, transbordo e navegação interior. Por fim, a ISO 14001:2015, norma reconhecida internacionalmente, especifica os requisitos para um Sistema de Gestão Ambiental para que a organização seja capaz de gerenciar os impactos ambientais imediatos e de longo prazo dos seus processos, produtos e serviços.

Ao ser certificada pela ISO 14001:2015, a empresa A pode garantir aos seus *stakeholders* que seu sistema de gerenciamento ambiental atende aos padrões ambientais específicos da indústria internacional, buscando minimizar os impactos ao meio ambiente, melhorando de forma contínua seu desempenho ambiental, viabilizando redução de custos a partir disso e valorização da sua imagem corporativa. Além das certificações, a Empresa A também possui uma Política de Gestão da Qualidade, Saúde Ocupacional, Meio Ambiente e Segurança do Trabalho, que visa a atuação de forma ética e responsável, protegendo as pessoas e o meio ambiente, reduzindo riscos e impactos através de ações que privilegiam a eliminação de perigos do trabalho e danos ambientais, bem como atender todos os requisitos do cliente, através da entrega de produtos, processos e serviços com altos índices de qualidade e segurança. A Política de QSMS também busca garantir o aprimoramento técnico, a integridade e a saúde de todos, cujas atividades ou locais de trabalho estejam sob seu controle, atendendo a legislação e demais requisitos relacionados aos perigos do trabalho (saúde e segurança) e aos aspectos ambientais. Também garante que os colaboradores possam consultar e participar dos processos de gestão da organização.

A analista de SMS 1 entrevistada considera que muitas das ações sustentáveis no mundo corporativo, às vezes, são consequência de uma tendência de mercado, de um fluxo que incentiva as empresas a comprarem determinada tecnologia para se nivelar com a concorrência, e nem sempre determinado produto/serviço contribui de fato com as operações da empresa ou apresentam compensação financeira. Apesar disso, ela comenta que entende que tais

iniciativas, tecnologias ou práticas de TI Verde ofertadas pelo mercado podem reduzir o impacto causado ao meio ambiente. O gestor de TI 2 comentou que adota várias práticas de TI Verde elencadas pelo estudo, mas desconhecia até então esse termo ou conceito associado a essas práticas. De qualquer forma, percebe esse movimento em torno de causas verdes e meio ambiente e reconhece as pressões que as empresas sofrem em torno da sustentabilidade e do impacto ambiental das operações.

O gestor de TI 2 e a Analista de SMS 2 comentaram, inclusive, que a gestão dos passivos ambientais da organização é um pré-requisito das certificações, as quais a empresa está submetida para poder atuar no cenário internacional e viabilizar o atendimento a determinados clientes, já que são imposições técnicas e legais dos contratantes na prestação do serviço.

"Os principais motivos que nos levaram a investir nesse tipo de tecnologia foram principalmente os benefícios financeiros, com a redução de custos e ganho de eficiência operacional. Associado a isso, temos um compromisso com o Meio Ambiente, já que o grupo faz parte do pacto global com a sustentabilidade, que busca promover a sociedade e as futuras gerações" (Gestor de TI 1 – Empresa A).

"A gente tem uma política baseada na ISO 14001 e essa política define a melhoria contínua nos aspectos ambientais... então, a gente fala sobre as partes de resíduos, energia. Talvez não diretamente na TI, mas no geral sim, para todos os setores do terminal" (Analista de SMS 1 – Empresa A).

O gestor aponta que, embora possa haver diferentes motivos para adoção da TI Verde, o reconhecimento de benefícios econômicos associados aos aspectos de redução dos impactos ambientais pode elevar a posição competitiva da organização, seja reduzindo custos, seja tendo acesso preferencial a mercados que melhor recompensem empresas verdes.

"... tem equipamentos que já foram eletrificados em função da quantidade de emissão de carbono, então alguns equipamentos antes eram a diesel e hoje eles foram eletrificados, justamente por conseguir obter energia elétrica de uma fonte renovável, reduzindo a carga de poluição e contaminação da operação. Já temos 18% da nossa operação "esverdeada" no quesito utilização de fontes renováveis de energia. Ainda estamos em desenvolvimento para "esverdear" os outros 80%, que são associados aos *reefers*. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Inclusive, há uns dois anos atrás, tivemos um projeto corporativo que era o *retrofit* que fizeram a troca de todas as lâmpadas do terminal. Todas as lâmpadas mesmo! As que eram de equipamentos, de salas, de armazéns, etc, todas foram trocadas por lâmpadas LED, reduzindo o consumo de energia, o impacto ambiental, aumentando o ciclo de vida e reduzindo custos de manutenção. O impacto maior do *retrofit* foi a geração de resíduo... isto, as lâmpadas encandescentes que seriam descartadas, por terem uma vida útil muito mais curta que uma lâmpada LED. Porém, foram todas descartadas corretamente. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Por isso que a economia da lâmpada é irrisória. Não que a gente não valorize, existem campanhas, mas não é algo palpável. Por mais que para a empresa seja irrelevante, é importante criar consciência.” (Analista de SMS 1 – Empresa A).

“Temos práticas de prevenção e controle de poluição maduras. Por mais que hoje as práticas que a gente tem estejam maduras, elas sempre vão estar se desenvolvendo mais. (Analista de SMS 2 – Empresa A).

Questionados quanto à prática de gestão de produtos, serviços e tecnologias verdes/sustentáveis, se a empresa tem alguma prática de tecnologia que poderia ser considerada sustentável e se tem avaliação, mensuração de possível impacto de redução, o gestor comentou que:

“Sim, nós temos conhecimento que estas práticas existem. *Softwares* podem auxiliar nesta gestão também. Mas não fazemos isso com esse objetivo. Aquilo que falei, a gente reduziu o número de servidores do *Data Center* e eu diria que isto ajudou, e que é habilitador para o setor de TI atuar mais ativamente na dimensão ambiental e de sustentabilidade, mas não foi o motivador. Adotamos práticas desse tipo, mas ainda somos considerados incipientes no quesito gestão em relação ao verde. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Os gestores apontaram práticas de TI Verde que desenvolvem mais ativamente como a redução das impressões, a terceirização de impressoras, a reciclagem de lixo eletrônico, o descarte correto de equipamentos de TI e demais insumos eletrônicos, a integração de práticas de computação verde para atender os requisitos de sustentabilidade, adotam métricas verdes gerais para avaliar o impacto das operações na dimensão ambiental, realizam auditorias ambientais, utilizam as normas ISO (as quais é certificada como referência) e metodologias para avaliar e monitorar suas operações de negócios, têm projetos e estratégias para sustentabilidade ambiental da empresa como um todo que são desenvolvidos, mas ainda não abarcaram a área de TI especificamente. Fazem o gerenciamento de energia, a doação de equipamentos e o aproveitamento de peças de equipamentos eletrônicos descartados.

“A gente trabalha para reduzir a quantidade de impressão. Já imprimimos bem menos. trabalhos para isso acontecer. Já alcançamos nosso objetivo de redução. Existem controles no centro de custo. O gestor da área é responsável pelo seu orçamento, então ele vai controlando. As impressoras são centralizadas, não tem impressoras em todo lugar” (Analista de SMS 1 – Empresa A).

“Sobre computação eficiente e energia para o gerenciamento de energia e vetorização por *cloud computing*, *grid* computacional e SaaS, a gente tem, mas não é para tudo. Estamos em desenvolvimento. A gente usou uma tecnologia chamada de hiperconvergente que a gente virtualiza os servidores... então, se usa menos servidores para mais sistemas e mais funcionalidades. Com isso, se reduz energia, consumo, aquecimento, ar-condicionado, *no break*... tudo isso foi economizado. A gente reduziu a capacidade utilizada estática. Pode ir para *cloud* todo o *data center*. É o rumo que a empresa está dando na verdade.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Sobre a reutilização de peças, a gente reutiliza quando está funcionando. A gente coloca todas essas peças no nosso estoque. Tem casos em que alguns equipamentos têm contrato de garantia... então, usamos a garantia. Grande parte, quando é contrato, a gente devolve para as empresas”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Outra prática que temos, que melhora nossas operações e reduz as impressões, é a adesão máxima às ferramentas de compartilhamento. Essa é uma outra prática nossa, bastante eficaz... a gente utiliza muito ferramentas de compartilhamento do *google*, o *office* do *google*, reuniões por videoconferências, VOIP. Nunca mais tivemos replicação de arquivo ou duplicação de problema.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

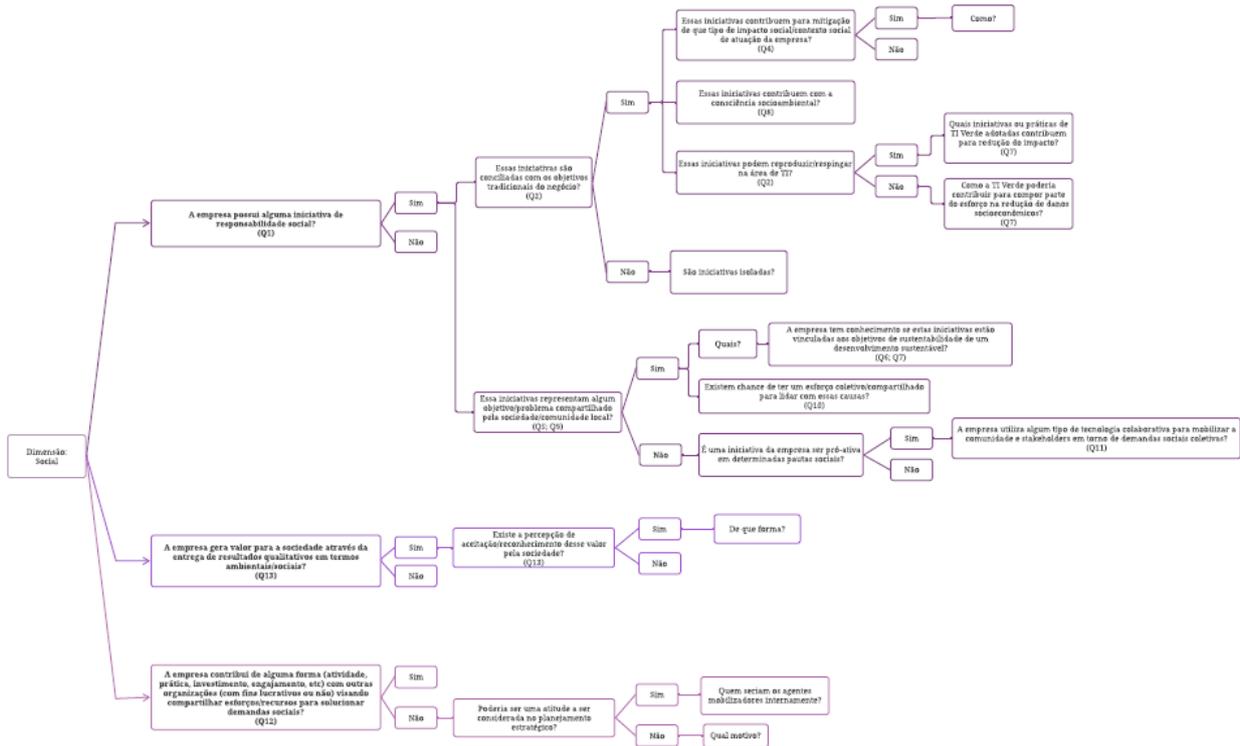
“Em termos de políticas de gestão de qualidade total e incorporação de princípios de sustentabilidade, de gestão de impacto ambiental, social dentro desse processo, a nossa política é a ISO 14000. Ela é a única da empresa que envolve tanto qualidade, quanto segurança e meio ambiente. Então, é uma política só que envolve todas essas áreas.” (Analista de SMS 1 – Empresa A).

“Achei interessante essa conversa porque a área de TI é estratégica para o funcionamento das operações da empresa, né?! A tecnologia atravessa todos os nossos processos e, com isso, a TI pode nos dar suporte nas operações de monitoramento ambiental, por exemplo, e pode ajudar a viabilizar a quantificação, gerar métricas, desenvolvimento de indicadores, alguma coisa que vão dar suporte para a decisão na área de meio ambiente. Então, a gente precisa convergir a área de TI com a de SMS para que as coisas conversem entre si. Antigamente, a gente tinha que manualmente colocar todos os números para indicadores. Então foi contratada uma empresa, uma plataforma para fazer isso.” (Analista de SMS 1 – Empresa A).

Durante a entrevista, o gestor de TI 2 se mostrou aberto a desenvolver e promover mais iniciativas de TI Verde dentro da organização. Comentou que já vem desenvolvendo algumas práticas ao longo dos últimos anos, mas que com o avanço da tecnologia e das diversas opções de produtos, serviços e ferramentas disponíveis no mercado atualmente, pensa na possibilidade de criação de um departamento específico, dentro da área de TI, para tratar de assuntos ligados à sustentabilidade em TI/TI Verde, a partir da inclusão desta pauta específica na governança de TI.

Na dimensão **social** (Figura 12), buscou-se analisar se existia colaboração da comunidade relacionada com a organização; se existia um compartilhamento de Valores Sustentáveis (sociedade-organização) e; se existe e como ocorre a articulação com os stakeholders da organização.

**Figura 12 – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Social)**



**Fonte: Elaboração própria**

No tocante às questões sociais, a empresa A tem por objetivo o desenvolvimento de práticas sustentáveis que beneficiem a cultura, o lazer e o desenvolvimento da comunidade local. Desenvolvem suas operações em conformidade com a legislação, respeitando os direitos humanos, o meio ambiente e valorizando os funcionários. As ações sociais da empresa estão alinhadas com os princípios estabelecidos na Declaração Universal dos Direitos Humanos e no Pacto Global, assim como no Guia Anticorrupção e no Código de Conduta Ética, próprios da organização.

Conforme política corporativa de responsabilidade social do grupo ao qual a empresa está vinculada, deve-se conduzir os negócios e atividades buscando a redução de impactos ambientais, a equidade social e a eficiência econômica, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, apoiando preferencialmente a implementação de projetos nas comunidades próximas ao terminal.

“Temos um manual de QSMS que é disponibilizado na versão digital e impressa com papel reciclado para os que optarem. São instrumentos que usamos para a educação ambiental dos nossos funcionários... queremos iniciar, na verdade, um processo contínuo de mudança de atitude, e as ações sustentáveis têm que fazer parte da cultura da pessoa. Temos a RSC como uma prática madura dentro da [empresa]. É uma demanda do nosso corporativo atender os requisitos de boas práticas nessa área e um requisito qualificador para nossas operações com clientes” (Analista de SMS 2 – Empresa A)

Quanto questionados sobre as políticas de responsabilidade social corporativa e projetos que estavam vinculados a elas, o gestor respondeu que a área de TI se vincula com a área de SMS no tocante à RSC quando compartilham alguns valores com a comunidade.

A a área de TI pode atuar fazendo doação de equipamentos e trabalhando no desenvolvimento conjunto de uma política de inclusão digital, a partir do fornecimento de equipamentos com vida útil em bom estado de conservação, assim como a disponibilidade de uma infraestrutura de TI completa, que instrumentalize novas capacidades em alunos e crianças de escolas públicas do município, da mesma forma que pode contribuir para um atendimento mais eficaz da população ao doar equipamentos que auxiliam nas rotinas administrativas de escolas e hospitais, por exemplo.

Além disso, a empresa também contribui com a demanda interna de seus funcionários, fazendo a venda de equipamentos por valores simbólicos, contribuindo para a inclusão digital de filhos e familiares, por exemplo, além de disponibilizar boas máquinas com preços bem abaixo do mercado, viabilizando a capacidade de compra de diversas pessoas aos equipamentos de informática, que agora não precisam despende de grandes quantias de dinheiro para ter um computador eficiente para trabalhar ou estudar em casa.

“A gente ajuda escolas, hospital. Então, praticamente todo ano, a gente tem um conjunto de desktops e notebooks que são trocados quando atingem 5 anos, que já estão depreciados. Então, esse conjunto é trocado, todo ano é por volta de 40 a 50 equipamentos.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“A gente tem mais de 300 desktops e notebooks e essa renovação é feita em lotes, variando de ano para ano. Tem ano que renova 100, tem ano que renova 50. Quando renova, a gente dá baixa nos equipamentos, apaga os dados sensíveis da empresa, deixa como se fosse de fábrica. Então, vai para a área do financeiro, que faz a gestão de ativos e vai para doação, que a diretoria avaliou ser o foco da nossa ajuda.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

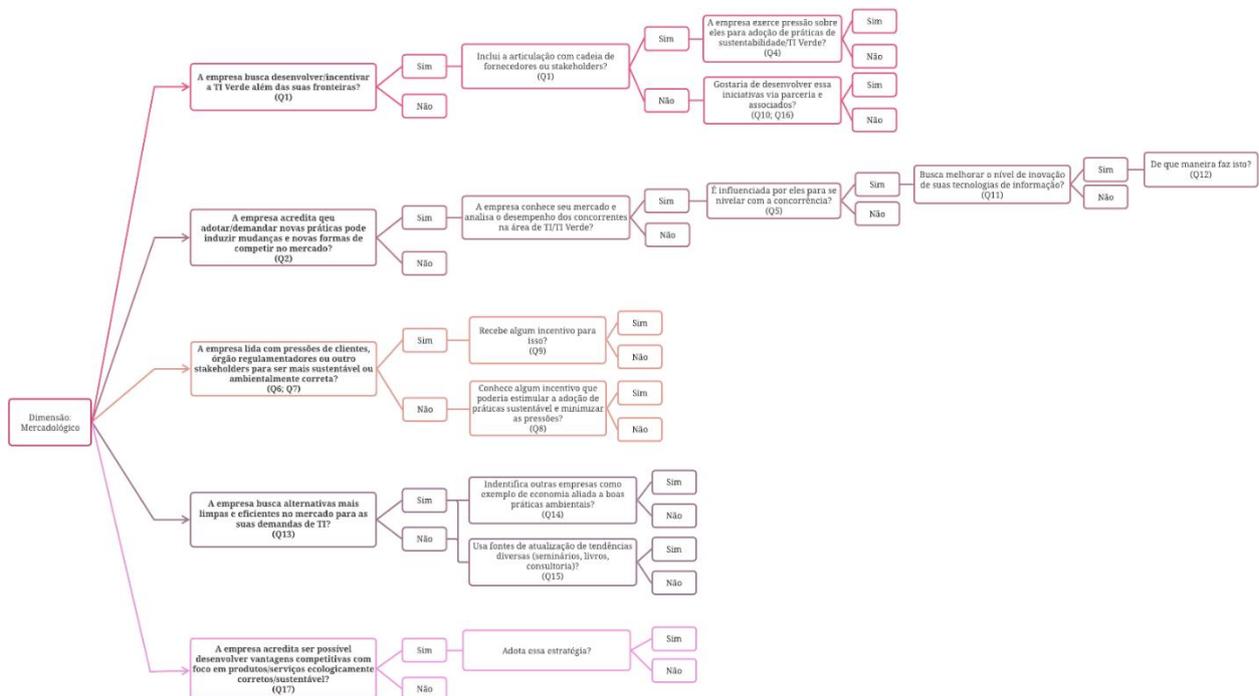
“Temos a Santa Casa de Rio Grande, que já fizemos doação... tem duas a três escolas e alguma outra entidade que não lembro agora. Outra coisa que fazemos é ajudar as escolas da periferia com a parte de cabeamento, de rede, de infraestrutura, *switchs*. Não só a parte de computadores, a gente monta uma sala de TI para eles. Tudo que damos baixa no ativo a gente tenta, se ainda é utilizável, mandar para doação.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“O que começou a acontecer de um tempo para cá é a venda dos equipamentos por um preço simbólico para os próprios colaboradores.... temos muita gente com baixa renda na operação, principalmente. Então, é uma forma deles adquirirem um ativo computacional a um preço irrisório. A gente coloca ali, 100 reais por um desktop, só

para justificar a saída e acabamos ajudando os próprios colaboradores. O que estava acontecendo é que a gente ajudava a comunidade, mas esquecia da pessoa que trabalhava conosco, que talvez precisasse tanto quanto um colégio, aquele hospital. E a pessoa tem que juntar muito dinheiro durante muito tempo para conseguir ter o acesso, então estamos fazendo isso com uma certa consistência... todos os anos, a gente privilegia a venda interna por um valor simbólico e o que sobra, doamos (Analista de SMS 1 – Empresa A)

Na dimensão **mercadológica** (Figura 13), foram analisados eixos relacionando o comportamento organizacional acerca da adoção, uso e gerenciamento de TI Verde, com foco no nivelamento com a concorrência; se existia predisposição para desenvolver/ implementar inovações de TI Verde na organização; se a organização conta com uma cadeia de Suprimentos de TI/TI Verde que leve em consideração pressupostos ambientais no ciclo de vida de produtos/serviços; se a organização percebe algum tipo de vantagem competitiva por ser *green*; se há o desenvolvimento de *networking* comercial para desenvolvimento/captação de soluções de tecnologias mais verdes; e se existem aspectos legais/regulamentações que incentivam/inibem/obrigam a organização a adotar posturas mais corretas ambientalmente.

**Figura 13 – Fluxograma do Roteiro de Entrevista (Dimensão Mercadológica)**



**Fonte: Elaboração própria**

Os entrevistados comentaram que existe no mercado atualmente muita tecnologia robusta e útil para melhorar o desempenho das empresas e que muitas vezes não compensa fazer

isso com TI própria. Muitas vezes é uma vantagem terceirizar o desenvolvimento de certos sistemas e usar o pessoal da equipe para focar na auditoria e core business da operação, sinalizando as falhas e necessidades de desenvolvimento.

“Hoje, temos disponível no mercado diversos processos de gestão, manutenção e renovação de parque de máquinas. A tecnologia que temos disponível atualmente entrega aos clientes e usuários soluções robustas e eficientes para vários setores e tipos de empresa, com toda certeza. Isso contribui com a melhoria de desempenho da empresa, desde as rotinas mais simples como o controle dos processos de manutenção até as atividades mais complexas como, por exemplo, a análise de dados de performance... desde, é claro, que tudo seja feito com a solução adequada/correta para aquele fim.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Destacou a importância de consultorias externas para auxiliar no desenvolvimento de sistemas e que o mercado tem boas oportunidades para desenvolver novos produtos e serviços de tecnologia associando custo e performance, bem como oportunidades para inovar de forma competitiva em torno das pautas de TI Verde e sustentabilidade, haja vista que existe uma oferta tímida de produtos e serviços disponíveis no mercado. Assim, empresas fornecedoras podem criar um novo mercado e despertar a atenção de gestores de TI para as práticas de TI Verde disponíveis, aumentando o valor dos negócios que se associam aos selos verdes e certificações ambientais, além de reduzir custos, minimizar impactos ambientais com a redução de emissões de CO<sup>2</sup> e garantir eficiência operacional e desempenho.

“Nossa TI é própria, mas sempre há algum investimento para se fazer em TI. Às vezes, contamos com uma consultoria externa para auxiliar no desenvolvimento de sistemas. Hoje, temos muitas opções de produtos e serviços que as empresas podem comprar no mercado ou desenvolver internamente, isso pode ser uma boa ideia para um gerenciamento mais eficaz dos ativos.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“As empresas, hoje, têm muita tecnologia disponível para apropriar nas suas rotinas operacionais, administrativas e de gestão. Muita tecnologia de ponta já desenvolvida está disponível no mercado para otimizar rotinas, identificar padrões e avaliar o que pode ser feito para maximizar a vida útil dos equipamentos. Hoje, tudo é mais inteligente, temos muita tecnologia inovadora disponível, mas ainda acho que o “verde” da TI ainda carece de mais desenvolvimento por empresas fornecedoras ou setores de TI internos, como o nosso, pois isso não é muito divulgado e é difícil entrar empresas que vendem TI usando o apelo do “verde.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Sobre os produtos, serviços e tecnologias verdes ou sustentáveis, a gente tem conhecimento sim. Existem algumas, não muitas disponíveis no mercado. Pelo menos eu não conheço tantas, acho que o mercado ainda é tímido em relação a isto. Nós fizemos a redução do número de servidores do *Data Center* e eu diria que isto habilitou a empresa a reduzir custos e melhorar a performance, contribuindo com as questões ambientais, mas não foi o aspecto motivador. Então, nesse ponto, de adotar, desenvolver ou gerir tecnologias com foco na sustentabilidade, eu considero que

ainda somos incipientes. Os benefícios associados a isto ocorrem de forma “auxiliar”.  
(Gestor de TI 2 – Empresa A)

O gestor destacou que hoje já é possível tomar decisões a favor da tecnologia que também contribuem para o meio ambiente e que seria interessante se mais iniciativas como estas pudessem fazer parte do rol de escolhas de um gestor, não optando somente pelo desempenho e custo, mas podendo priorizar também questões socioambientais das escolhas. Comentou também que é interessante saber que podemos ter desempenho e baixo custo associado a questões ambientais e tornar as rotinas mais sustentáveis.

“Eu acredito sim, que a gente acaba tomando decisões em torno da tecnologia, que contribuem positivamente com vários aspectos da TI Verde. Hoje, inclusive, aprendemos todos um pouco mais sobre isso. Quem sabe no futuro, não teremos mais tecnologias aplicadas ou desenvolvidas aqui dentro. Podemos buscar oportunidades de melhoria através disso e contribuir setorialmente com os indicadores gerais e macros do grupo. Seria uma vantagem competitiva da nossa unidade bem interessante.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Associada às práticas de TI Verde referentes ao descarte correto de resíduos e equipamentos eletrônicos, por exemplo, os gestores relataram estar buscando desenvolver parcerias para realizar o serviço logístico de retirada desses resíduos, buscando empresas certificadas e aptas para executar a operação de forma ecologicamente correta, aplicando e compartilhando princípios de sustentabilidade com os fornecedores de sua cadeia de suprimentos. Além disso, a empresa busca ampliar o ciclo de vida dos produtos através de programas de inclusão digital, por meio de doações de máquinas substituídas.

“Algumas práticas, como a redução do consumo de energia, o uso de material reciclado em alguns setores ou campanhas (redução de papel, toner e etc.), são adotadas pela empresa. Já estamos desenvolvendo parcerias para desenvolver uma logística de resíduos sólidos com empresas certificadas, garantindo que todos os resíduos sólidos do terminal tenham uma destinação sustentável”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Em relação ao ciclo de vida dos produtos, a empresa mantém um Programa de Inclusão Digital por meio da Doação de Computadores Substituídos. No programa, os microcomputadores trocados, todos em bom estado, são destinados e doados a instituições de ensino e para projetos de inclusão digital. Outros que não podem ser mais utilizados são destinados para a reciclagem. (Gestor de TI 2– Empresa A)

A empresa mostrou uma pré-disposição à inovação e desenvolvimento de parcerias, seja com o Estado ou com outras empresas fornecedoras de energia (energia alternativa a que utilizam hoje) para “esverdear” seus processos produtivos e utilizar tecnologias mais inovadoras na prestação de seu serviço. Realizaram estudos para substituir a matriz energética

e ainda estão avaliando o potencial de parcerias a ser desenvolvidas com a chegada da indústria do gás no município. Porém, as resoluções em torno da matriz energética ainda dependem de aspectos licitatórios e burocráticos, não ficando claro se a empresa conseguirá se beneficiar de fato com essa parceria. De todo modo, a preocupação com os estudos em torno desta pauta mostra que a empresa está sensível a estas questões e que havendo a possibilidade de tornar seus processos mais verdes, certamente o fará.

“Existem projetos em outros portos do mundo que o terminal inteiro é alimentado por uma usina através de gás. Mas isso tudo ficou no campo do estudo, da ideação e nada foi para frente por conta dos altos investimentos necessários. E a mudança para o mercado livre já trouxe uma mudança bastante interessante para o negócio. Então para nós, não tinha sentido seguir adiante com essas propostas. Acompanhando os noticiários é possível a vinda de uma indústria de produção de energia a partir do gás natural. E se isso se tornar verdade podemos aproveitar e nos beneficiar de não usar eletricidade vinda da 69, da geração da hidrelétrica como é feito hoje, e puxar de uma usina de gás natural, por exemplo. Mas são planos para o futuro ainda tá muito preliminar (na etapa de abertura de consulta pública).” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Quando questionados em relação à organização perceber algum tipo de vantagem competitiva por ser *green* e se havia o interesse no desenvolvimento de *networking* comercial para desenvolver ou captar soluções de tecnologias mais verdes para seus processos, os gestores se mostraram especialmente interessados em fontes renováveis e mais limpas de energia, tendo em vista a demanda energética das operações. Estas, por sua vez, poderiam se tornar mais verdes e mais baratas. Existe o interesse no desenvolvimento de parceria no fornecimento de energia por parte da empresa, que se mostra favorável à adoção de práticas de TI Verde associadas ao uso de fontes renováveis de energia. Porém, o cenário que está se desenhando ainda está nos estágios iniciais e a possibilidade de firmar contratos que consigam atender toda a demanda energética do terminal é incerta.

“Sobre consultorias de produtos e serviços de TI, nós temos uma empresa que nos dá suporte de vez em quando. É uma consultoria de desenvolvimento de sistemas. A gente tem que dizer para eles o que tem que acontecer. O processo é nosso, a gente desenha e joga para eles. Não é uma consultoria de tendências e de boas práticas verdes no mercado de TI, mas seria interessante. Não vimos empresas oferecendo isto ainda.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Algumas empresas têm a área de TI como terceirizada, não fazendo parte do *core business*. E essa empresa terceirizada é capaz de oferecer melhorias, indicar produtos, serviços que poderiam desenvolver melhor as operações da empresa. Nós não contamos com isso. Esse papel é nosso, da TI interna.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Durante a entrevista, quando questionados sobre a aplicação, adoção, incorporação e aquisição de algum tipo de inovação com foco em sustentabilidade na área de TI e se isso é levado em consideração na aquisição, nas compras de equipamentos, os gestores comentaram que não fazem isto sem uma “ordem” top-down do grupo [empresa] para as unidades de negócios e que teria que ter algum programa nacional da organização que versasse sobre as aquisições e requisitos de contratação/compra de fornecedores para que esta iniciativa de TI Verde pudesse ser colocada em prática. Em termos de comunicação com o mercado e os seus *stakeholders*, a empresa publica o resultado de suas auditorias ambientais e seus quantitativos de emissões de carbono.

“A gente também publica hoje... em relação à emissão de carbono, a gente faz parte do programa que é o GHG protocol que a gente publica. Esse foi o primeiro ano, a empresa como um todo, na verdade, com todas as unidades, publica as emissões. Faz uma auditoria, tem os indicadores mensais de consumo de geração de gases de efeito estufa e nós fazemos a publicação desses quantitativos”. (Analista de SMS 1 – Empresa A)

Da mesma forma, para que possa existir a possibilidade de desenvolver algum tipo de inovação com algum parceiro, empresa ou grupo parceiro, os gestores relataram que essa ordem deveria vir de cima, da cúpula para a base, para que pudessem implementar práticas e processos em torno dessa atividade. Até hoje, os gestores não recordam de isso ter acontecido, mas acreditam que o grupo está sempre aberto a novas possibilidades de negócios, de crescimento e de desenvolvimento.

“A gente não tem essa cultura, mas possibilidade sempre existe. A gente tá aberto, se o grupo enxergar valor, principalmente agora que a empresa está focando em ESG, e o *enviroment* (E) está bem forte, acho que isso pode entrar como uma prática da TI da [empresa] no futuro breve. O que eu acho só é que a gente precisa de suporte, a gente não tem esse *drive* internalizado, os times são muito reduzidos e os prazos são curtos para as entregas, então fica sempre uma correria para finalizar. O *drive* é fazer mais com maior eficiência em custo, então, ser mais econômico nas compras... primeiro, eu acho que essa pergunta não é para nós, e sim para um nível maior - diretor, presidente.” (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Eu acredito que a resposta seria sim! Tem possibilidade, mas não é a gente que pode responder isso. Teve até uma reunião presencial há muito tempo, do nosso diretor e do presidente comentarem isso no início de uma reunião... que tem investimentos para *startups* desenvolverem novos negócios para a [empresa]. Não direcionado à TI, mas com fornecimento de apoio para *startups* olhando para o negócio como todo e vendo oportunidades a serem desenvolvidas em conjunto”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

#### **4.3 ETAPA 3 – DESIGN SCIENCE RESEARCH PARA MODELAGEM DO MODELO DE MAMURIDADE DE TI VERDE (MMTIV)**

### 4.3.1 A DSR aplicada ao contexto da pesquisa

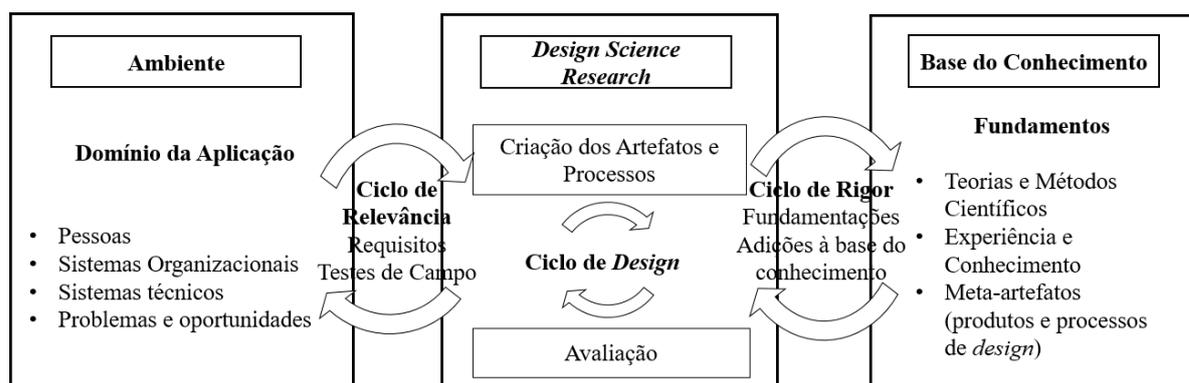
Grande parte da pesquisa comportamental em SI tem se concentrado em uma classe de artefato, a instânciação (sistema), embora outros esforços de pesquisa também tenham incidido sobre a avaliação de constructos e métodos (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; KUECHLER; VAISHNAVI, 2008; PEFFERS *et al.*, 2007). Relativamente, pouca pesquisa comportamental se concentrou na avaliação de modelos, um dos principais focos de pesquisa na literatura sobre Ciências da Administração (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015). Isto quer dizer que as implicações da pesquisa empírica em SI devem ser "implementáveis", devem sintetizar um corpo de pesquisa existente ou ainda estimular o pensamento crítico entre os profissionais e gestores de SI (HAVNER *et al.*, 2004).

A aplicação da metodologia proposta pela ciência do *design* em pesquisas na área de gestão permite a construção de um campo de estudo capaz de produzir resultados não apenas de alta qualidade acadêmica, mas também voltados a contextos práticos e aplicados (PEFFERS; TUUNANEN; NIEHAVES, 2018; GROPPER, 2017; BAX, 2017; VAN AKEN; CHANDRASEKARAN; HALMAN, 2016, PEFFERS *et al.*, 2007; AKEN, 2007). A metodologia de *Design Science Research* (DSR) apresentada aqui incorpora princípios, práticas e procedimentos necessários para realizar uma pesquisa, atendendo três objetivos: é consistente com a literatura anterior, fornece um modelo de processo para a pesquisa em DS, e fornece um modelo mental para apresentar e avaliar a pesquisa de DS em SI no campo da TI Verde.

Enquanto a *Design Science* é a base epistemológica, a *Design Science Research* é o método que operacionaliza a construção do conhecimento nesse contexto. Hevner (2004) argumenta que a utilização complementar destes dois paradigmas é uma oportunidade para tratar de problemas fundamentais enfrentados na aplicação produtiva da tecnologia da informação e oferecer contribuições significativas para a pesquisa em SI.

A Figura 14, a seguir, exemplifica o processo de pesquisa em *Design Science* que inclui a aplicação do ciclo de relevância, seguido pelo ciclo de rigor e resulta no ciclo de design (HAVNER *et al.*, 2004).

**Figura 14 – Processo de pesquisa em *Design Science***



Fonte: Adaptado de HAVNER et al., (2004)

O primeiro deles, o **Ciclo de Relevância**, insere requisitos do ambiente contextual no desenvolvimento da pesquisa e introduz os artefatos de pesquisa em teste de campo mental. O **ciclo de relevância** dialoga com as variáveis no domínio de aplicação do problema (ambiente). As variáveis do ambiente consistem em: pessoas (papéis, capacidades técnicas, características), aspectos organizacionais (estratégias, estrutura, cultura e processos), tecnologia (infraestrutura técnica, aplicações, arquitetura de comunicação, desenvolvimento de capacidades e recursos) e demandas (problemas, oportunidades, necessidades do negócio). O teste de campo do artefato pode ser executado por meio de métodos apropriados de transferência de tecnologia como pesquisa-ação. Os testes de campo se baseiam nos critérios de medição, aceitação e desempenho do artefato e podem estar relacionados com os resultados da pesquisa (HEVNER, 2007).

O **ciclo de rigor** disponibiliza para a pesquisa uma vasta quantidade de conhecimento científico já desenvolvido para garantir o desenvolvimento do campo de estudo e a inovação, uma vez que permite refinar completamente a base de conhecimentos existente para garantir que os resultados de pesquisa produzidos sejam de fato contribuições novas de pesquisa. Esta base de conhecimento é o que chamamos de Estado da Arte do conhecimento em determinado domínio de pesquisa.

Ela fornece o embasamento a partir de teorias e métodos científicos, experiências e conhecimentos, artefatos, processos e demais produtos do *design* existentes no domínio de aplicação da pesquisa. Além disso, o ciclo de rigor incorpora novos conhecimentos, teorias, métodos, artefatos, processos e produtos de *design* derivados da pesquisa para expandir e consolidar a base de conhecimento, retroalimentando-a (HEVNER, 2007).

Por fim, o **Ciclo de Design** é considerado central. É o coração de qualquer projeto de pesquisa em ciência do *design*. Esse ciclo de atividades de pesquisa interage de forma mais

intensa e dialógica com os outros ciclos. É, portanto, no Ciclo de Design que ocorre a construção do artefato, sua avaliação e o feedback subsequente (avaliação) para refinar e aprimorar ainda mais o *design* do próprio artefato gerado pela pesquisa (Hevner, 2007). O reconhecimento desses três ciclos em um projeto de pesquisa posiciona claramente e diferencia o *Design Science Research* de outros paradigmas de pesquisa (HEVNER, 2007).

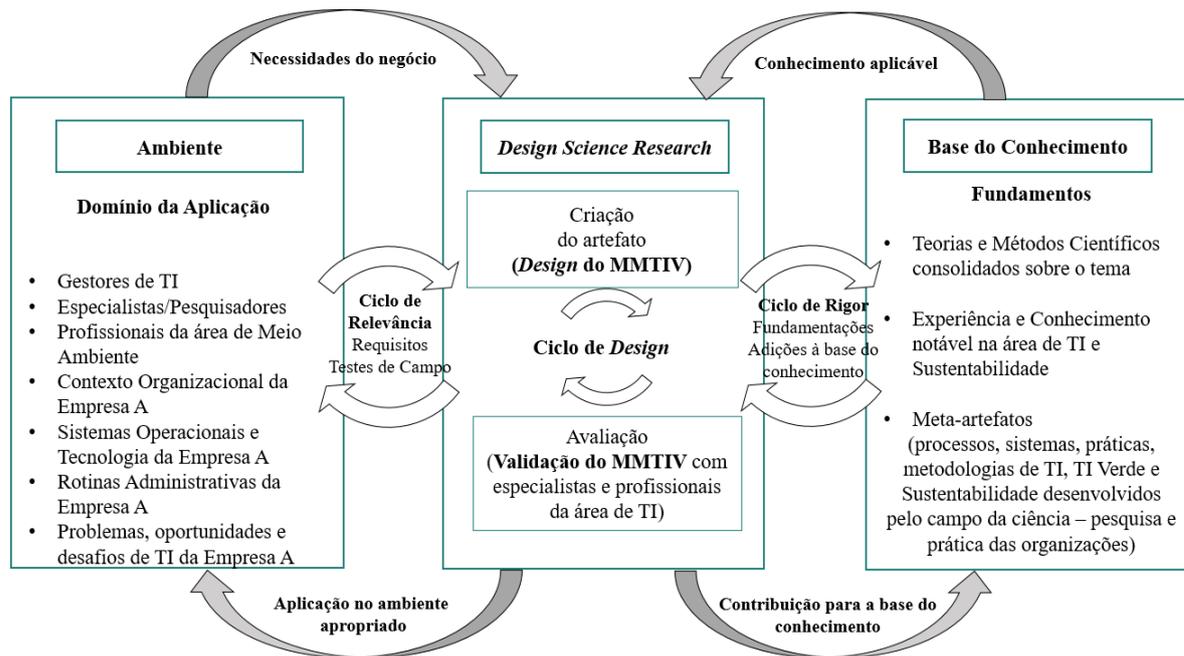
A relevância da pesquisa na área de Sistemas de Informação está diretamente relacionada à sua aplicabilidade no *design*, ou seja, as implicações da pesquisa empírica em SI devem ser "implementáveis", devem sintetizar um corpo de pesquisa existente ou ainda estimular o pensamento crítico entre os profissionais e gestores de SI (HAVNER *et al.*, 2004). À medida que o conhecimento técnico cresce, a TI passa a ter novas áreas de aplicação que antes não eram passíveis de suporte de TI (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; GOES, 2014; GREGOR; HEVNER, 2013).

Assim, a **operacionalização da DSR na pesquisa em TI** pressupõe a construção de artefatos que podem ser a definição de: construtos (vocabulário e símbolos), modelos (abstrações e representações), métodos (algoritmos e práticas) e instanciações (sistemas implementados e protótipos).

Na presente pesquisa, a utilização da DSR foi útil e aplicável ao contexto estudado para construir um artefato sob a forma de modelo. O MMTIV (Modelo de Maturidade de TI Verde) que incorpora a definição de construtos (dimensões, categorias de análise e elementos) e desenvolve vocabulários (conceitos) em cada uma destes construtos para auxiliar na compreensão das ferramentas (práticas) disponíveis em cada dimensão de avaliação da TI Verde em uma organização.

Nesse sentido, a etapa 3 – proposição de um modelo de maturidade de TI Verde proposto (MMTIV) – utiliza a abordagem metodológica de *Design Science Research*, especificamente à luz dos ciclos da DSR (ciclo de relevância, ciclo de rigor e ciclo de *design*), proposta por Hevner (2007). A figura 15 a seguir representa a incorporação dos dados da pesquisa aos ciclos da *Design Science Research*

**Figura 15 – Incorporação dos dados da pesquisa aos ciclos da *Design Science Research***



Fonte: Adaptado de Hevner (2007)

No contexto da presente pesquisa, o **ciclo de relevância** está associado à identificação do problema de pesquisa que versa sobre a necessidade e importância de avaliar a maturidade das práticas de TI Verde nas organizações. Tendo em vista a necessidade de resolver tal “problema” do campo, justifica-se a relevância da construção de um artefato, isto é, um modelo de maturidade para avaliar práticas especificamente de TI Verde, considerando as variáveis do ambiente na construção do artefato (pessoas, contexto organizacional, estruturas e processos, tecnologias, problemas, oportunidades e necessidades do negócio). Assim, no domínio de aplicação (ambiente) existe um problema (necessidade) que precisa ser resolvido. O ciclo de relevância constitui a relação dialógica entre o ambiente e a DSR, uma vez que identifica e considera as variáveis contextuais para fins de proposição de soluções para as demandas do negócio a partir da construção de um artefato (MMTIV), e na exposição deste artefato ao campo (teste de campo) para aferir sua aceitação, aplicabilidade, utilidade e desempenho.

Por sua vez, o **ciclo de rigor** nesta pesquisa foi realizado através da Revisão de Literatura geral e da Revisão Sistemática de Literatura (RSL), cuja aplicação de métodos científicos permitiu analisar as práticas de TI Verde mais disseminadas nas organizações e atualizar o conhecimento sobre as principais teorias e métodos científicos consolidados sobre a temática da TI Verde como, por exemplo, modelos de maturidade utilizados para avaliar práticas de TI/TI Verde, práticas de TI Verde, dimensões, categorias, processos e elementos de

análise que embasaram o desenvolvimento do artefato (MMTIV). De forma complementar, a construção do artefato contou com a aplicação de algumas técnicas, como a aplicação de um *check-list* de práticas de TI Verde e entrevistas semiestruturadas para auxiliar na coleta de informações, a fim de desenvolver o artefato (modelo MMTIV proposto).

Na presente pesquisa, **no ciclo do design** foram identificadas categorias de práticas de TI Verde mais comuns sob a perspectiva: organizacional, tecnológica, econômica, ambiental, social e mercadológica. Este novo agrupamento de práticas de TI Verde visa a identificação de núcleos de sentido comuns entre as práticas levantadas, tornando a presença da TI Verde mais evidente nas organizações. Desta forma, os resultados encontrados na etapa 1 (RSL) e na etapa 2 (Estudo de Caso) subsidiaram o **ciclo de *design* do artefato proposto (MMTIV)**. Limitações emergiram ao analisar o ambiente de aplicação (contexto) do MMTIV, a partir da análise dos elementos em interação, isto é, em termos de relacionamento de pessoas, tecnologia e infraestrutura técnica e organizacional.

A partir do seu *design*, o **MMTIV foi submetido ao ciclo de Relevância** ao levar em consideração os elementos do ambiente na definição e confirmação dos seus constructos e, posteriormente, (re)submetido ao ciclo de *design*, quando o ambiente forneceu *insights* sobre a interação dos elementos (pessoas, sistemas, infraestrutura, tecnologia, aspectos organizacionais, entre outros), revelando novos problemas e/ou oportunidades que poderiam ser solucionadas pelo artefato proposto (MMTIV). Adicionalmente, o Ciclo de Relevância permitiu fazer o *design* e o *redesign* dos requisitos (DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; HEVNER *et al.*, 2007) do artefato (MMTIV), em um processo iterativo, a partir da realização de um estudo de caso. Para isso, a etapa 2 buscou identificar e confirmar os elementos prévios incluídos na versão preliminar do modelo, de modo a aperfeiçoá-lo com base nas afirmações, avaliações e sugestões dadas pelos diferentes entrevistados na pesquisa.

O Ciclo de *Design* consistiu na criação do modelo MMTIV (artefato) e na sua avaliação, a partir dos ciclos de rigor e relevância. O desenvolvimento do modelo se baseou na consolidação e nas informações (obtidas nas etapas 1 e 2), oriundas da literatura e do caso prático analisado. Na etapa 2, o pesquisador fez uso da análise de conteúdo de forma reflexiva e crítica (BARDIN, 2011), reforçando a interação do Ciclo de *Design* com o Ciclo de Rigor. Nessa fase do Ciclo de *Design*, o pesquisador precisou retornar ao referencial teórico, procurando embasar as análises (definição das categorias, dimensões e elementos do modelo), dando sentido e caráter científico à interpretação (etapa 1 – Ciclo de Rigor) para que as

interpretações pautadas em inferências apresentassem, em profundidade, o discurso dos enunciados/constructos (BARDIN, 2011).

Ainda na perspectiva do **Ciclo de Design**, finalizado o processo inicial de construção do artefacto (MMTIV), procedeu-se à etapa de **avaliação e validação** do mesmo. Assim, utilizou-se a estrutura previamente desenvolvida a partir da revisão sistemática de literatura (vide Quadro 04 – Categorias de análise versão preliminar do MMTIV) como base para o desenvolvimento da versão preliminar do modelo (MMTIV). A partir daí, submeteu-se a versão preliminar do modelo às etapas metodológicas da DSR com a aplicação dos ciclos de rigor e de relevância para verificar adaptações necessárias ao modelo original. Posteriormente, foi realizada a sua validação com especialistas e gestores de TI, onde se verificou requisitos de aplicabilidade, abrangência, escopo, operacionalidade e limitações do modelo proposto.

As dimensões que compõem o MMTIV, juntamente com suas categorias e elementos, foram avaliadas por dois especialistas e dois gestores de TI, os quais confirmaram a estrutura conceitual do modelo inicialmente elaborado, confirmando as dimensões de análise (Organizacional, Tecnologia, Econômica, Ambiental, Social e Mercadológica), sugerindo, entretanto, alterações em determinada dimensão e sua respectiva categoria do modelo, identificada como ponto de melhoria a ser implementado no modelo nesta dimensão (Tecnologia). Além das entrevistas realizadas, fizeram parte da constituição do artefato a revisão de literatura que deu origem ao instrumento de diagnóstico das práticas de TI Verde presentes na organização (*check-list*) e pesquisa documental.

Finalizada a discussão sobre operacionalização dos ciclos da DSR para a proposição do modelo de maturidade de TI Verde, a seção a seguir apresenta o artefato MMTIV, produto de *design* resultantes da aplicação dos princípios da DSR no domínio de aplicação da pesquisa.

#### **4.3.2 O modelo de maturidade de TI Verde - MMTIV**

O modelo MMTIV tem como objetivo ser um instrumento para avaliar o grau de maturidade das organizações, em relação ao desenvolvimento de práticas de TI Verde, numa perspectiva ampla e transversal, sob a ótica *outside in* e *inside out*, *top down* e *bottom up*. Nas organizações, a TI compreende todos os aspectos relacionados aos edifícios e instalações que abrigam os servidores corporativos de redes de comunicação, instalações e equipamentos de energia, e de refrigeração para fornecer serviços de dados, como manuseio e armazenamento, hospedagem de sites, intranet, Internet, telecomunicações e redes de computadores (ANTHONY; MAJID, 2016; STAN *et al.*, 2010).

Portanto, a TI Verde é vista como um conceito abrangente, que compreende tanto os sistemas mecânicos, elétricos e de informática das organizações, principalmente aqueles voltados à eficiência energética e à redução do impacto ambiental organizacional (ANTHONY; MAJID, 2016; STAN *et al.*, 2010), quanto às práticas, posturas e políticas que orientam e definem a estratégia ambiental da organização em termos de tecnologia (ANTHONY; MAJID, 2016). Neste sentido, as categorias e elementos de análise definidos pelo MMTIV pressupõem a abrangência do conceito de TI, propondo constructos que emergiram a partir da literatura de TI Verde e dos principais modelos de governança e maturidade de TI, mais comumente utilizados pelas organizações na gestão de SI/TI. Sob uma perspectiva holística, sistêmica e integrada, a proposição do MMTIV considerou elementos que podem contribuir para o desenvolvimento da maturidade de TI Verde internamente nas organizações, numa lógica de baixo para cima (*bottom-up*) e de cima para baixo (*top-down*), assim como numa lógica de relacionamento com o ambiente além das fronteiras organizacionais, isto é, de dentro para fora (*inside-out*) e de fora para dentro (*outside-in*).

Um modelo de maturidade consiste em uma sequência de níveis de evolução para uma determinada classe de objetos. Ele representa um caminho de evolução antecipado, desejado ou típico sob a forma de estágios ou níveis para classificar organizações ou processos. De acordo com Hevner *et al.* (2004), modelos de maturidade podem ser entendidos como artefatos que servem para resolver os problemas de uma empresa e determinar seu *status quo* e suas capacidades em dado espaço e tempo.

O estágio inferior de um modelo de maturidade representa um estado inicial que pode ser, por exemplo, caracterizado por uma organização com poucas capacidades em determinado domínio. Por outro lado, o estágio mais alto de maturidade representa um desenvolvimento pleno da organização neste domínio, ou seja, uma maturidade total (BECKER, KNACKSTEDT; PÖPPELBUß, 2009).

Para avançar no caminho de evolução entre estes dois extremos é necessária uma progressão contínua em relação às capacidades da organização ou ao desempenho de seus processos. Assim, um modelo de maturidade auxilia as organizações a se posicionarem e avaliarem sua posição nesse caminho da evolutivo. Portanto, um modelo de maturidade fornece domínios, critérios, elementos e características que precisam ser analisados e atendidos para que se possa alcançar ou definir um determinado nível de maturidade.

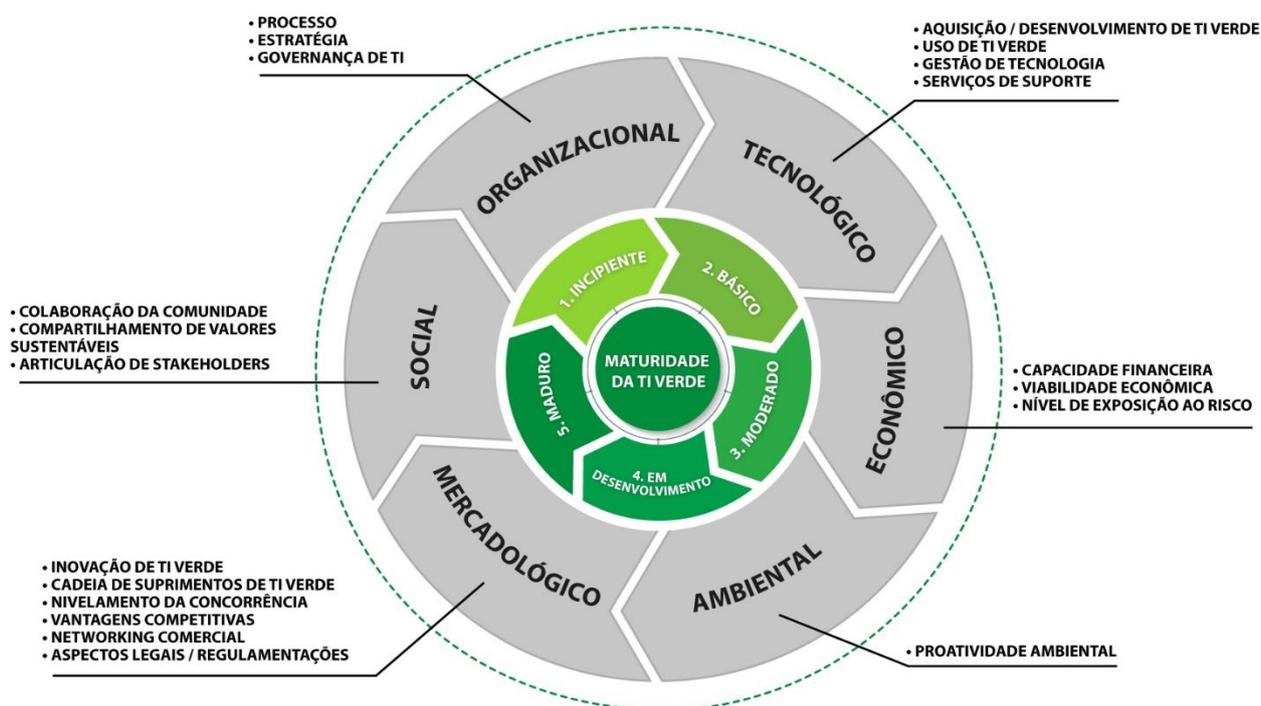
A partir daí, derivam-se medidas de melhorias contínuas, bem como o desenvolvimento e a aplicação de metodologias e ferramentas focadas na resolução de problemas. Dessa forma,

o desenvolvimento de modelos de maturidade é relevante para auxiliar as empresas em seu diagnóstico situacional, bem como na busca e monitoramento de soluções a partir de determinadas categorias e dimensões de análise, com foco no problema ou estágios de desenvolvimento que se deseja alcançar.

O **MMTIV** é uma proposta de **representação conceitual e analítica** de categorias macro e seus elementos correlacionados, passível de aplicação em toda e qualquer organização. Para que sejam adotadas, as práticas de TI Verde transitam, em maior ou menor grau, em todas as dimensões propostas pelo MMTIV, muitas vezes, dialogando com mais de uma dimensão simultaneamente para obter efetividade. O modelo evidencia, através de sua representação gráfica, uma linha circular pontilhada em torno das dimensões que envolvem a organização como um todo, indicando os limites organizacionais abertos, que são permeáveis e realizam intercâmbios com seu meio ambiente (externo). As categorias de análise são esboçadas no esquema gráfico do modelo sob uma configuração circular e encadeada, pressupondo a visão holística, interdependente e integrada destas dimensões e seus elementos constituintes, de onde se desdobram as práticas de TI Verde a serem adotadas pelas organizações. Os elementos constituintes de cada uma das dimensões são representados por meio de *link* com cada dimensão enfatizando a síntese de conceitos e aplicações propostas em cada dimensão.

Por sua vez, os níveis de maturidade de TI Verde são esboçados abaixo das categorias de análise (organizacional, tecnologia, econômico, ambiental, social e mercadológica) também de forma circular, demonstrando graficamente a representação de um processo, isto é, de um ciclo baseado em limites evolutivos (incipiente, básico, em desenvolvimento, moderado e maduro) associados às práticas de TI Verde. No centro do modelo, representa-se a “maturidade da TI Verde” como resultante da análise de todas as categorias, elementos de análise e processos que envolvem a adoção de práticas de TI Verde nas organizações. A representação do MMTIV é ilustrada na figura 16, a seguir.

Figura 16 – Modelo de Maturidade de TI Verde (MMTIV)



Fonte: Elaboração própria (2022)

Neste estudo, os níveis de maturidade de TI Verde do modelo proposto foram definidos com base no alinhamento e readequação de constructos, dimensões e atributos que corroboram com os principais modelos de maturidade de Governança de TI, amplamente utilizados pelas organizações, como o COBIT (*Control Objectives For Information and Related Technology*), o CMM (*Capability Maturity Model*) e o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*).

A partir disso, o modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV) apresenta cinco níveis de maturidade com foco na utilização de tecnologias sustentáveis nas organizações. Os cinco níveis de maturidade são classificados em: (1) incipiente, (2) básico, (3) moderado, (4) em desenvolvimento e (5) maduro. No nível mais baixo, o nível incipiente, a organização não oferece um ambiente estável para a atividade. Nesse nível, o processo é *ad hoc*. No entanto, no nível mais alto, que é o nível maduro, toda a organização está focada na melhoria contínua dos processos. O modelo de maturidade de TI Verde, conceitualmente, consiste em seis categorias ou domínios de análise (organizacional, tecnológica, econômica, ambiental, social e mercadológica) que abrangem diversos aspectos relacionados à TI Verde em toda a organização, e em suas áreas específicas. Cada categoria é composta por dimensões e elementos de análise que possuem uma definição conceitual para fornecer uma compreensão clara do objeto analisado e os desdobramentos de cada dimensão/categoria analisada no processo de

avaliação da maturidade da TI Verde (vide seção anterior item 4.2). Os níveis de maturidade de TI Verde propostos pelo MMTIV estão resumidos no quadro 11.

**Quadro 11 – Níveis de Maturidade de TI Verde**

<b>Nível de maturidade</b>	<b>Descrição</b>
1. Incipiente	Existe alguma ou nenhuma consciência da importância das questões de TI Verde relacionadas com a atividade. Nenhum monitoramento é realizado. Sem documentação existente. Questões de sustentabilidade podem até ser consideradas, mas não são implementadas. Nenhuma atividade ou ações de melhoria ocorrem.
2. Básico	Possui alguma implementação ad hoc, mas nenhuma estratégia. Implementação imatura. A organização adota algumas atividades e procedimentos básicos de TI Verde. Existe alguma documentação sobre a adoção de determinadas práticas e procedimentos. Nenhum monitoramento é realizado. Não ocorrem ações de melhoria.
3. Moderado	Programas e políticas institucionais (formais) são definidos e exigidos, mas a implementação é em nível intermediário. Acompanha tendências (monitora) e adota algumas tecnologias e boas práticas organizacionais em determinadas áreas. Possui estratégias de TI Verde com foco em áreas operacionais do negócio (TI e/ou Operações). Existe documentação da atividade (históricos e registros). O pessoal afetado diretamente é treinado para o uso da tecnologia. O pessoal afetado indiretamente não é contemplado na revisão de procedimentos ou treinamentos em relação à atividade. A organização tem um % médio (moderado) de utilização de tecnologias e ferramentas verdes. Não busca ou desenvolve ações de melhoria.
4. Em Desenvolvimento	A implementação das práticas de TI Verde segue uma metodologia e é gerenciada. Desenvolve programas de sustentabilidade e de TI Verde. Realiza medição adequada e gerenciamento regular de indicadores associados à atividade. Monitora e busca desenvolver ações de melhorias para os programas e políticas formais institucionalizadas. Existe documentação da atividade (históricos e registros). O pessoal afetado é treinado em relação aos recursos e aos objetivos da Tecnologia Verde (atividade). A atividade está em constante aperfeiçoamento (foco interno e externo).
5. Maduro	Todas as atividades são monitoradas e gerenciadas para um desempenho ótimo e planejado. O pessoal afetado direta ou indiretamente relacionado com a atividade é treinado/capacitado em relação aos recursos e aos objetivos da Tecnologia Verde (atividade). A documentação da atividade (históricos e registros) é constantemente atualizada. Os resultados das atividades desenvolvidas são avaliados e monitorados com foco na melhoria contínua dos processos e na revisão dos recursos utilizados pela organização. Os processos e atividades organizacionais desenvolvidos e utilizados possuem alinhamento com os <i>stakeholders</i> da organização. Ferramentas e metodologias são empregadas de forma integrada para melhorar a qualidade, a eficiência e a eficácia dos processos e do resultado organizacionais com foco em sustentabilidade.

**Fonte: Elaboração própria (2022)**

No processo de avaliação de maturidade, é realizado um diagnóstico situacional da organização em relação às dimensões, categorias e elementos contemplados e analisados pelo modelo proposto. As características e percentuais de adoção de práticas de TI Verde adotadas pela organização são identificadas. A partir disso, a estimativa final da análise (nível ou grau de maturidade resultante) de cada organização é realizada de forma qualitativa, definida, por exemplo, a partir do histórico da empresa, do grau de complexidade, quantidade e intensidade de uso das práticas de TI Verde. Pode-se atribuir pesos para determinadas dimensões de análise consideradas mais estratégicas em cada caso, com critérios a serem definidos individualmente entre consultor/empresa. Assim, define-se qualitativamente, a partir do diagnóstico situacional

e das interpretações de cada caso, o nível de maturidade de TI Verde mais adequado para cada organização.

Em termos práticas, o modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV) foi desenhado para fornecer às organizações *insights* sobre a maturidade de práticas envolvendo tecnologias verdes que estão presentes, ou que poderiam ser aplicadas e desenvolvidas na organização futuramente, considerando um diálogo e alinhamento interno com um conjunto de dimensões e áreas da organização, bem como com o mercado e a sociedade em que está inserida e com a qual transaciona em seus negócios, melhorando os níveis de sustentabilidade das suas operações.

Na perspectiva da TI Verde, o modelo de maturidade aqui proposto foi inspirado no “Modelo de Adoção de TI Verde” ou GITAM (*Green IT Adoption Model*), desenvolvido por Molla (2008), baseado em variáveis estáticas, variáveis de contexto e dinâmicas de adoção/protindão para adotar práticas de TI Verde, combinado com o modelo proposto por Molla e Abareshi (2011), que examinou a influência das motivações de eco-sustentabilidade na adoção da TI Verde, centrando-se em quatro eco-motivações na interseção do *locus* (interno versus externo) e foco (econômico *versus* sócio-político) de motivos.

Destaca-se que a construção da modelagem para avaliar a maturidade da TI Verde em questão contempla categorias de análise adicionais que emergiram da revisão de literatura e que não estão contempladas nos modelos propostos por Molla (2008) e Molla e Abareshi (2011). Desta forma, foram levantadas novas dimensões de análise consideradas relevantes para analisar o fenômeno sob uma perspectiva mais ampla e estratégica, que considera, por exemplo, não somente a adoção de práticas de TI Verde, mas também aspectos relacionados à adoção, manutenção e desenvolvimento evolutivo das iniciativas de sustentabilidade aplicadas à área de TI nas organizações.

A modelagem proposta pelo MMTIV teve foco no alinhamento e readequação de constructos que corroboram tanto com os modelos de adoção/desempenho de TI Verde propostos por Molla (2008) e por Molla e Abareshi (2011), quanto com os constructos propostos pelos principais modelos de maturidade de Governança de TI e de desenvolvimento de *software*, amplamente utilizado pelas organizações como o COBIT (*Control Objectives For Information and Related Technology*), o CMM (*Capability Maturity Model*) e o CMMI (*Capability Maturity Model Integration*).

Desta forma, os diversos modelos disponíveis na literatura e no mercado contribuem para a expansão das dimensões e elementos de análise do MMTIV, confirmando, excluindo ou desenvolvendo categorias a partir da validação do modelo em campo, dados que os modelos

citados consideram dimensões analíticas distintas. Assim, é possível agregar ao MMTIV as contribuições de cada modelo/método de gestão/ mensuração dos resultados de TI, bem como desenvolver novas categorias de análise, superando as limitações dos modelos individualmente. Tais dimensões de análise estão associadas, por exemplo, ao atendimento das demandas dos *stakeholders*; cobertura da organização ponta-a-ponta; aplicação de um modelo único e integrado; abordagem holística; distinção entre conceitos de governança e gestão de TI, entre outros.

O MMTIV contemplou as categorias de análise Organizacional, Tecnológica, Econômica, Ambiental, Social e Mercadológica. Para cada uma dessas categorias, foram propostas diversas dimensões de análise que podem auxiliar na explicação do nível de maturidade em cada tema. Cada dimensão organizacional que dialoga com a aplicação de práticas de TI Verde é apresentada a seguir:

A **dimensão Organizacional** refere-se às propriedades descritivas de uma empresa, como setor, tamanho e cidadania corporativa e a forma como ela responde à TI Verde. Empresas cujas atividades possam ter um envolvimento direto na política ambiental, provavelmente serão mais proativas no processo de adoção de TI Verde. Também é de se esperar que empresas com uso intensivo de informações, como provedores de armazenamento de dados, provedores de finanças e telecomunicações, migrem para a TI Verde com antecedência. O contexto organizacional afeta a extensão do uso de TI Verde, o que quer dizer que empresas comprometidas com sua responsabilidade social corporativa estão sujeitas a um maior nível de aderência de políticas ambientais e, conseqüentemente, definição de estratégias, metas e objetivos alinhados com a sustentabilidade.

Uma estratégia-chave do uso da TI Verde pode ser a capacidade de integrar muitas iniciativas de Responsabilidade Social Corporativa e de sustentabilidade dos negócios para melhorar a pegada ambiental e social geral e, ao mesmo tempo, contribuir com os objetivos financeiros e metas específicas dos negócios. A dimensão organizacional está associada ao alinhamento da estratégia empresarial com boas práticas de sustentabilidade, com foco no aproveitamento de oportunidades, geração de valor comercial significativo e oferecimento de benefícios para a sociedade, impulsionando, assim, o uso contínuo da TI Verde.

De forma mais específica, a dimensão organizacional está associada ao alinhamento estratégico de objetivos de negócios focados na sustentabilidade (negócios verdes) com os objetivos tradicionais de negócios; alinhamento dos objetivos de TI com os objetivos estratégicos de sustentabilidade do negócio; nível de desenvolvimento, adoção, uso e difusão

de TI Verde; gestão e governança de TI Verde; integração de processos sustentáveis na estrutura organizacional; desenvolvimento de competências técnicas do futuro (sustentáveis); programas e políticas e boas práticas de sustentabilidade aplicadas ao negócio; compromisso e engajamento da organização em relação ao processo de desenvolvimento, adoção e uso de novas tecnologias; consideração da perspectiva multidimensional e transversal da TI Verde na organização; comportamento organizacional, forças institucionais e ações que estimulam ou inibem a adoção de TI Verde e/ou outras iniciativas com foco na sustentabilidade.

Dando sequência, a TI Verde é, além de um movimento, um conjunto de práticas e tecnologias que podem ser implementadas pelas empresas que precisam obter reduções consideráveis de emissões de CO<sup>2</sup> e economia de custos. Assim, no que tange à **dimensão Tecnológica**, a TI Verde apresenta grandes chances de se desenvolver mais efetivamente em organizações que possuem grandes ativos de TI instalados. As empresas que administram servidores de alta densidade, provavelmente, sentirão a pressão do aumento dos custos de eletricidade e o desafio de alimentar, resfriar e abrigar essas tecnologias. Isso pode levar à adoção de práticas de TI Verde como, por exemplo, a utilização de servidores mais eficientes em termos de energia e/ou tecnologias de consolidação, virtualização de servidores e o uso de tecnologias verdes de manufatura e logística.

A proatividade para aquisição, uso e gerenciamento de tecnologias verdes/limpas nos processos de negócios pode criar a condição permissiva e propícia para a adoção de TI Verde. Isso se deve ao fato de a adoção de uma ou mais tecnologias verdes constituírem a base na qual outras iniciativas ambientais podem ser desenvolvidas. Nesse sentido, a dimensão tecnológica da TI Verde compreende a infraestrutura técnica de TI com foco na sustentabilidade, utilização de princípios de TI Verde no desenvolvimento da arquitetura de *software* e *hardware*, nível de informatização dos processos organizacionais que demanda uma infraestrutura de TI/SI Verde; aquisição, adoção, uso e gerenciamento de tecnologias novas ou aperfeiçoadas com ênfase nos objetivos estratégicos de sustentabilidade corporativa, bem como adoção de diferentes práticas inter-relacionadas (muitas vezes existentes e difundidas no mercado) que podem ser realizadas pela organização para que as atividades de TI existentes se tornem mais sustentáveis, utilizando recursos computacionais de maneira eficiente e contribuindo para o meio ambiente.

Em termos de tecnologia verde, as organizações poderiam incorporar práticas e utilizar mecanismos para tornar seus processos mais sustentáveis, numa perspectiva mais ampla. Nesse sentido, o processo de “*greenness*” ou “esverdeamento” varia desde a construção do artefato de TI que vai desde o departamento de TI (*green IT*), a empresa (*green business*), a cadeia de

suprimentos completa (*green supply chain*) e até mesmo a economia (*green economy*). Da mesma forma, a TI Verde pode abranger uma ou mais dimensões do ciclo de vida (*life cycle*) dos produtos e serviços – de TI ou não – que vão desde a fase de suprimentos, produção, distribuição e descarte. Isto incluiria práticas associadas à redução de lixo eletrônico, redução no consumo de energia, redução nas emissões de gases do efeito estufa, redução do uso da água, entre outros (Vide Quadro 7 – Categorias de Práticas de TI Verde mais difundidas nas organizações, p. 85). Numa perspectiva ampla, a TI Verde enquanto dimensão tecnológica pode estar presente em todas as áreas e em todos os processos/atividades de uma organização de forma rasa ou profunda. Cabe às organizações definirem o nível de “esverdeamento” que desejam alcançar de acordo com seus objetivos estratégicos e de sustentabilidade, assegurando os mecanismos de coordenação e controle organizacional para gerenciamento do desempenho da TI Verde.

Dando sequência, as preocupações em torno da sustentabilidade ambiental geralmente estão relacionadas com a redução das emissões de CO<sub>2</sub>, redução da geração de resíduos e do consumo de água nos processos produtivos, bem como o foco no aumento da eficiência e redução da pegada ambiental total de uma organização. Assim, a **dimensão Ambiental** se refere ao atendimento das necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas necessidades. Em virtude da natureza pública dos recursos ambientais, a decisão ou ação de uma organização em resposta aos problemas e demandas ambientais torna-se uma questão moral para atender os princípios de equidade e justiça social, uma vez que o comportamento/desempenho organizacional pode prejudicar ou beneficiar a sociedade.

Em uma perspectiva mais ampla, as organizações têm buscado a sustentabilidade através do alcance de objetivos como, por exemplo, a prevenção/redução da poluição, a gestão do ciclo de vida do produto para minimizar a pegada ambiental, o uso de tecnologias limpas que não utilizam materiais poluentes na sua composição e a busca pelo desenvolvimento de competências técnicas orientadas para a sustentabilidade. Nesse sentido, para alcançar os objetivos organizacionais desejados relacionados com esta dimensão, é preciso estar ciente da necessidade de abordar questões ambientais, definindo políticas e estratégias ambientais, tendo normas e regras sobre o uso de recursos naturais e procurando parceiros de negócios que compartilhem as mesmas preocupações ambientais.

No âmbito da TI, essas iniciativas se traduzem na definição de metas, objetivos, planos de ação e prazos no desenvolvimento de políticas de TI Verde para implementar as estratégias

ambientais de maneira eficaz. Nesse contexto, a proatividade ambiental está associada à postura da organização para desenvolver resultados efetivos de TI Verde. Para isto, a organização deve estar disposta a buscar, atualizar e testar novas abordagens, informações e conhecimentos sobre o uso de equipamentos e serviços; apoiar estratégias de sustentabilidade ambiental na área de TI, identificando, por exemplo, casos de outras empresas que economizaram energia e dinheiro, através do uso de dispositivos de TI mais limpos, assim como a utilização de diferentes fontes (treinamentos, seminários, livros, relacionamento com fornecedores, parcerias de negócios, parcerias com institutos de P&D, entre outros), para identificar tendências de TI mais limpas, eficientes e econômicas.

Assim, diferentes práticas podem ser realizadas pelas organizações para que as atividades de TI possam se tornar mais sustentáveis, utilizando recursos de informática de maneira eficiente e contribuindo para o meio ambiente. Nesse sentido, a dimensão ambiental, especificamente no âmbito da TI, refere-se à forma como a produção de produtos e prestação de serviços de TI consideram os problemas e demandas ambientais, incorporando estas questões na estratégia de sustentabilidade dos negócios. Está associada à política de arquitetura de TI que pode considerar, proativamente, as restrições de recursos ambientais, em paralelo com as metas de TI tradicionais dos negócios; adoção pela organização de uma política de compras de TI ambientalmente correta, isto é, a execução de diretrizes ecológicas e ambientais claras para comprar equipamentos e serviços; gerenciamento do ciclo de vida da TI (através da implementação de uma combinação de políticas, práticas e tecnologias) e preocupações com o impacto das operações organizacionais no contexto ambiental; desenvolvimento de uma política abrangente de TI Verde, atividades com ênfase na consolidação e/ou desenvolvimento de práticas de TI Verde adotadas pela organização; pesquisa de tecnologias de informação e sistemas de informação verdes ideais; e auditoria ambiental, através do uso de TI no monitoramento do consumo de energia e pegada ambiental.

Prosseguindo, em um contexto de crescente magnitude das questões ambientais, entender que o desempenho positivo de uma organização não depende unicamente dos aspectos econômicos (lucratividade) requer uma mudança de mentalidade entre os gestores e induz incerteza, uma vez que alguns indicadores são de difícil mensuração. Abordar o componente moral das questões ambientais e maximizar a lucratividade representa um novo desafio para os profissionais (de gestão e de TI) nas organizações. O aumento da dinâmica das questões ambientais sinaliza a importância de fatores sociais para a efetividade de iniciativas sustentáveis nas organizações.

Nesse contexto, a TI vem cada vez mais desempenhando um papel crítico e a **dimensão Econômica** consiste na transformação e geração de oportunidades de negócio a partir da adoção de TI Verde. Aproveitar essas oportunidades presume um certo nível de exposição ao risco e disponibilidade de investimentos para implementar iniciativas de TI Verde. A decisão de uma organização adotar TI/SI Verde geralmente se baseia em uma mistura complicada de fatores pragmáticos e morais. Se por um lado, os sistemas de TI e TI Verde criam preocupações financeiras para os gestores, já que podem incorrer em despesas adicionais e níveis mais altos de investimento, por outro, podem levar a organização a reduzir custos, uma vez que a TI vem cada vez mais desempenhando um papel crítico na transformação e geração de oportunidades econômicas. Portanto, na perspectiva financeira das organizações, ser verde não é necessariamente econômico, embora em muitos casos seja – haja vista o prazo de retorno de alguns investimentos em TI Verde.

Nesse sentido, o gerenciamento dos custos de manutenção com computadores, impressão de documentos e consumo de energia pode ajudar as organizações a perceber problemas e a mudar suas estratégias e tecnologias - justificadas por altos custos de reparos ou manutenção, ou produtos novos e mais eficientes disponíveis no mercado - de forma que possam diminuir o consumo de recursos, mitigar danos ambientais, melhorar a eficácia no consumo de energia e diminuir os custos operacionais dos negócios. Diante disso, diversos motivos impulsionam e justificam as decisões de investimento em TI Verde. Dentre eles, destacam-se a redução de custos devido a cortes no orçamento (custo), conformidade com a lei local/setorial (legislação) e redução do consumo devido a restrições de recursos (ambiente). Assim, os dois principais benefícios da implementação de TI Verde estão associados à redução de custos operacionais e à proteção ao meio ambiente. Os benefícios financeiros da TI Verde estão associados à redução de custos e diferenciação; a estratégia econômica por trás da adoção da TI Verde objetiva reduzir o uso de energia e os custos relevantes da produção, auxiliando na gestão dos crescentes requisitos de desempenho relacionados com a TI Verde.

Outros aspectos relacionados à dimensão econômica residem na capacidade financeira da organização e sua possibilidade de investir no processo de esverdear a TI, com foco em objetivos de sustentabilidade, além dos objetivos tradicionais de eficiência e redução de custos tangíveis nas operações, tanto no nível da TI quanto no nível organizacional. Considera também a possibilidade de atender demandas de clientes, garantindo eficiência e sustentabilidade (percepção favorável/imagem positiva em relação às operações/processos verdes) e expansão dos resultados financeiros (lucro, retorno sobre o investimento, aumento do valor de mercado).

Por fim, analisa a disponibilidade de recursos financeiros para inovar e o perfil de investimento para assumir riscos em relação ao desenvolvimento e/ou aquisição de tecnologias novas que auxiliam na mensuração e monitoramento do impacto socioambiental das operações de negócios.

Já a **dimensão Social** se refere aos objetivos de equidade ecológica, que enfocam o direito igual das pessoas aos recursos ambientais, bem como à responsabilidade social de uma empresa pelas gerações futuras. Esta dimensão analisa o alcance dos objetivos de responsabilidade social corporativa e articulação com as partes interessadas (stakeholders) das comunidades globais (interessadas em TI Verde e no esverdeamento dos negócios) e locais (comunidades diretamente afetadas pelo desempenho econômico e operacional das organizações). Em uma perspectiva mais ampla, refere-se a como as organizações podem contribuir com os objetivos do desenvolvimento sustentável, incluindo a TI Verde como estratégia para esverdear negócios e minimizar impactos sociais além dos ambientais.

A dimensão social também está relacionada ao desenvolvimento e maturidade de uma consciência socioambiental por parte da organização. Para desenvolver resultados de TI Verde, a organização deve estar ciente da necessidade de abordar questões ambientais de maneira proativa, desenvolver uma política de TI Verde, delinear objetivos, metas, planos de ação e prazos para implementar essas estratégias de maneira eficaz. Nessa perspectiva, o desenvolvimento de uma consciência socioambiental coletiva pressupõe preocupação às demandas dos *stakeholders* e articulação/engajamento para atendê-las por meio de um esforço compartilhado. Assim, pode-se utilizar tecnologias colaborativas para a mobilização social em torno das demandas ambientais entre organizações não-governamentais (ONGs) para alcançar objetivos ambientais compartilhados pela sociedade, gerando, assim, valor a ela e reconhecimento/aceitação social ao gerar benefícios/resultados qualitativos conciliados com o desempenho econômico, atendendo as expectativas compartilhadas por comunidades locais e globais em torno das preocupações ambientais.

Por fim, a **dimensão Mercadológica** está associada ao ecossistema (mercado competitivo) em que as organizações operam. Essa dimensão é, em termos abstratos, o estágio mais amplo do sistema, onde há interação entre diversos atores, inclui o ambiente natural, onde há troca de matéria, energia e informação dos mais variados tipos, incluindo outros sistemas organizacionais e a própria organização. A dimensão ‘mercado’ está relacionada ao ambiente externo dos sistemas organizacionais, que incluem aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais.

Nesse sentido, existem vários fornecedores de TI que já estão comercializando seus produtos como soluções ambientais e estão na vanguarda da definição da agenda de TI Verde para os próximos anos. A adoção de TI Verde pelos concorrentes pode exercer uma pressão nas ações das organizações que vão precisar executar estratégias de nivelamento, impulsionando o desenvolvimento e adoção de TI Verde de forma interorganizacional, à medida que se começa a reconhecer o valor estratégico da TI Verde. Sugere-se, nesta categoria, a análise das ações dos concorrentes, a pressão ou marketing de fornecedores de TI, os relacionamentos interorganizacionais e os incentivos de mercado (governamentais ou do mercado consumidor) para adoção de TI Verde.

Nesse contexto, a pressão exercida pelas forças de mercado torna-se um motivo mimético relevante quando os primeiros adotantes demonstram resultados favoráveis de suas práticas de TI Verde. A dinâmica de mercado representada pela oferta e demanda também faz surgir novos fornecedores de TI Verde, profissionais de consultoria e ramos da engenharia focados nos objetivos de sustentabilidade associados à TI. Dessa maneira, os custos podem ser reduzidos por ganhos de escala, a partir do aumento do nível de absorção dos produtos e serviços de TI Verde pelo mercado. Ainda, como as preocupações econômicas lideram o topo das principais barreiras para a adoção de TI Verde, outros atores do mercado como, por exemplo, órgãos fiscalizadores e regulatórios podem atuar (direta ou indiretamente) para induzir o surgimento de um contexto propício para o desenvolvimento de mercados de TI Verde, visando a melhoria da sustentabilidade do ecossistema (ANTHONY JR, 2019; PATÓN-ROMERO *et al.*, 2018; GHOLAMI *et al.*, 2013; CHEN *et al.* 2011).

A perspectiva institucional fornece uma lente teórica útil para estudar a resposta organizacional às questões ambientais, porque entende que as forças institucionais, além do mercado, desempenham um papel crítico em tornar as organizações responsivas aos interesses de outras pessoas (por exemplo, ações e/ou demandas de concorrentes, clientes, fornecedores e forças de mercado) (ANTHONY JR, 2019). Isso geralmente acontece no caso da adoção de sistemas de SI/TI Verdes, uma vez que as organizações se adaptam às mudanças através de três mecanismos diferentes – o isomorfismo mimético, normativo e coercitivo (AININ; NAQSHBANDI; DEZDAR, 2016; MOLLA, 2008)

As pressões miméticas pressupõem forças de mercado que induzem à imitação de práticas e estratégias para nivelar a organização com a prática e os resultados dos concorrentes, competindo pela disponibilidade dos mesmos recursos e, assim, motivando a adoção organizacional da TI Verde. As pressões coercitivas são frequentemente associadas a atores que

exercem poder e dos quais uma organização depende. O poder dos principais *stakeholders* reside no exercício de um papel dominante nos relacionamentos em relação aos recursos disponíveis. Por sua vez, as pressões normativas referem-se àquelas exercidas por órgãos e instituições com o poder de aplicar normas, sanções e punições, regulando o comportamento dos atores em determinado ambiente/contexto (AININ; NAQSHBANDI; DEZDAR, 2016; MOLLA, 2008).

Nesse sentido, o ambiente regulatório se mostra um fator crítico na criação de um ambiente propício para incentivar o uso de algumas práticas e tecnologias verdes. Os governos e outras organizações correlatas poderiam incentivar (ou não) a adoção da TI Verde através de legislações que criam, por exemplo, a base para o desenvolvimento de uma economia de baixo carbono. Posto isto, percebe-se que alguns órgãos reguladores já impõem ou poderiam impor limites às emissões de gases de efeito estufa, institucionalizar o comércio de emissões e proibir o uso de alguns materiais perigosos em processos produtivos/produtos. A existência de mecanismos regulatórios também pode contribuir para incentivar o gerenciamento de resíduos eletrônicos e influenciar a prática de gestão do ciclo de vida da TI (SULAIMAN *et al.*, 2015; CHEN *et al.* 2011).

Ademais, destaca-se que o *networking* entre parceiros de negócios, e até mesmo concorrentes, pode contribuir para o desenvolvimento de inovações e vantagens competitivas. O desenvolvimento de relacionamentos colaborativos (parceiros) ou coopetitivos (concorrentes) podem ser estratégias de negócios válidas para lidar com a escassez de recursos e/ou competências técnicas necessárias para desenvolver vantagens competitivas e aproveitar oportunidades de mercado. Os relacionamentos de cooperação (colaboração) ou coopetição (cooperar para competir) tem ênfase no desenvolvimento de capacidades organizacionais mútuas para criar tecnologias que possam representar, manipular, recuperar e transmitir informações, suportando, processando, modelando ou simulando aspectos do mundo real (sistema ideal *versus* sistema aplicado) (LOESER *et al.*, 2017; MOLLA; ABARESHI; COOPER, 2014; CHEN *et al.* 2011).

O nível de participação/engajamento em relacionamentos interorganizacionais com foco na inovação está relacionado ao percentual de investimento destinado pelas organizações a áreas de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, depende das estratégias de negócios delineadas para alcançar objetivos globais da organização em termos de sustentabilidade como, por exemplo, o desenvolvimento de sistemas de informação verdes compartilhados (SI/TI Verde) e o desenvolvimento de fornecedores por meio de uma cadeia de suprimentos verde

(*green supply chain*). Fatores como forças do mercado também podem influenciar o comportamento da organização, facilitando a adoção de inovações em virtude do impacto/externalidades do ecossistema do qual uma organização pertence, seja pela criação de uma massa crítica de usuários, seja pela adoção de inovações por parte dos *stakeholders*.

Assim, o produto dessas interações no ecossistema organizacional é o desenvolvimento de inovação e aprendizado, uma vez que as organizações estabelecem relacionamentos (*networking*) que visam a exploração das oportunidades que surgem ao longo do tempo, compartilhando valores, experiências, competências e compromisso no fornecimento de produtos e serviços de TI Verde. Os benefícios associados à adoção de inovações em TI Verde podem ser diretos (como financeiros, agilidade operacional e vantagens competitivas no mercado) ou indiretos (como não financeiros, aumento do capital humano e inovação nos processos de produção e manutenção de informações). Nesse sentido, as organizações podem elaborar diversas estratégias para desenvolver vantagens competitivas a partir do ecossistema em que atuam. As vantagens competitivas, neste caso, se referem à capacidade da organização de se envolver em atividades econômicas de maneira sustentável.

Diante do exposto, o quadro 12 apresenta uma síntese dos conceitos elaborados preliminarmente para cada uma das categorias de análise propostas pelo MMTIV, a partir dos modelos de referência revisados na literatura.

**Quadro 12 – Análise conceitual das Categorias de Análise do Modelo**

<b>CATEGORIA DE ANÁLISE</b>	<b>CONCEITUALIZAÇÃO</b>
<b>Dimensão Organizacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alinhamento dos objetivos de negócios verdes aos objetivos de negócios tradicionais;</li> <li>• Alinhamento dos objetivos de negócios verdes associados ao desenvolvimento da estrutura organizacional da TI Verde;</li> <li>• Alinhamento de objetivos de tecnologia com objetivos estratégicos do negócio com foco em sustentabilidade (nível de desenvolvimento de artefatos, adoção, uso e difusão da tecnologia e gestão/governança da TI Verde);</li> <li>• Papel da TI, per se, e como ela pode ativar a estratégia verde/estratégia de sustentabilidade de uma empresa;</li> <li>• Utilização da estrutura organizacional disponível para traçar diferentes estratégias para tornar sua TI mais verde/ambientalmente correta;</li> <li>• Desenvolvimento de indicadores tanto quantitativos quanto qualitativos (qualidade, produtividade, inovação e aprendizagem organizacional, desempenho ambiental e social) para avaliação da TI Verde, visando a compreensão das relações complexas e transversais que envolvem o processo de tomada de decisão para avaliar benefícios versus custos;</li> <li>• Perspectiva multidimensional da TI Verde (equilíbrio ambiental, política, tecnologia, aquisição e consumo de produtos/serviços (de TI e outros), marketing, manufatura e recursos utilizados pela organização)</li> <li>• Perspectiva ampla da TI, ao analisar TI/SI, que contempla além de recursos de tecnologia (hardware e software), recursos organizacionais (humanos, informação, capital, infraestrutura formal e informal, entre outros) que permitem que a TI suporte objetivos individuais, de grupo e de negócios.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamento organizacional (visão sistêmica) em relação à maneira pelas quais as tecnologias são adotadas e/ou desenvolvidas e como elas são utilizadas; refere-se aos recursos adicionais que precisam ser mobilizados como: treinamento, equipe qualificada; serviços de apoio, desenvolvimento de arranjos, políticas e incentivos organizacionais para permitir o gerenciamento e o uso eficazes de novas tecnologias.</li> <li>• Forças institucionais e organizacionais que motivam a adoção de TI Verde e influenciam o comportamento dos usuários;</li> <li>• Diferentes ações organizacionais podem estimular ou inibir a implementação de práticas de TI Verde nas empresas. O comprometimento da organização com a adoção de TI Verde e o desenvolvimento de medidas de engajamento pode levar a uma mudança no método de trabalho, para que as iniciativas em sustentabilidade ambiental possam ser favorecidas, formando e desenvolvendo crenças e atitudes positivas em relação à TI Verde que podem atenuar o impacto negativo da TI na organização.</li> </ul>
<b>Dimensão Tecnológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adoção de práticas e tecnologias (SI/TI Verde) com ênfase na eficiência e redução do impacto ambiental</li> <li>• Aquisição, adoção, uso e gerenciamento de TI Verde (TI limpa e eficiente)</li> <li>• Adoção de outras práticas e tecnologias verdes em processos de negócios inter-relacionados que propiciam e incentivam o desenvolvimento de TI Verde</li> <li>• Incorporação de princípios de TI Verde no desenvolvimento de arquitetura de hardware e software</li> <li>• Difusão das práticas de TI Verde em todos os níveis organizacionais (operacional/tático/estratégico)</li> <li>• Extensão da aplicação do conceito de TI Verde além das fronteiras organizacionais, incluindo a articulação e o desenvolvimento da cadeia de suprimentos, a gestão do ciclo de vida da TI e a definição de novas premissas para o mercado competidor</li> </ul>
<b>Dimensão Econômica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O custo/nível de investimento para esverdear a TI;</li> <li>• Considerações sobre redução de custos de TI;</li> <li>• A necessidade de maior eficiência de TI e a busca de economias de custo tangíveis nas operações, tanto no nível da TI quanto no nível organizacional;</li> <li>• Considera a possibilidade de atender demandas de clientes, garantindo eficiência e sustentabilidade (percepção favorável/imagem positiva em relação às operações/processos verdes) e expansão dos resultados financeiros (lucro, retorno sobre o investimento, aumento do valor de mercado);</li> <li>• Considera a disponibilidade de recursos financeiros para inovar, desenvolver e adquirir tecnologias, bem como implementar práticas que auxiliam na medição e monitoramento do impacto ambiental e social das operações;</li> <li>• As principais motivações para investir em TI Verde são estratégias de negócios que enfatizam não apenas a consideração ambiental, mas também a economia de custos;</li> <li>• Nível de investimento e exposição ao risco está relacionado com o % de adoção de TI Verde.</li> <li>• A organização está disposta a investir em TI Verde e sustentabilidade motivada por preocupações socioambientais mais amplas, mesmo que os benefícios econômicos não sejam tangíveis a curto prazo.</li> </ul>
<b>Dimensão Ambiental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-disposição do consumo green (adoção de políticas de compras de TI Verde com diretrizes ecológicas e ambientais claras para comprar equipamentos e serviços de TI e outros)</li> <li>• Preocupação/sensibilidade com demandas ambientais e com o impacto das operações organizacionais no contexto ambiental</li> <li>• Influência dos problemas/questões ambientais nas decisões estratégicas e operacionais em torno da aquisição, adoção, uso e desenvolvimento de TI</li> <li>• Mensuração do impacto ambiental (adoção de práticas de monitoramento por meio do uso de TI no monitoramento do consumo de energia e pegada ambiental)</li> <li>• Aplicação da sustentabilidade nos processos de negócios (produtos/serviços de TI incorporam as preocupações/demandas ambientais considerados na estratégia de sustentabilidade da organização)</li> <li>• Política abrangente de TI Verde</li> <li>• Gestão do ciclo de vida de TI (combinação de políticas, práticas e tecnologias)</li> <li>• Ênfase na consolidação/desenvolvimento de práticas de TI Verde adotadas pela organização</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auditoria ambiental através do uso de TI para monitoramento e controle do consumo de recursos naturais utilizados pela organização</li> </ul>
<b>Dimensão Social</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos de equidade ambiental com foco no direito igual das pessoas aos recursos ambientais;</li> <li>• Responsabilidade social de uma empresa pelas gerações futuras</li> <li>• Alinhamento dos objetivos de negócios com os de responsabilidade social corporativa;</li> <li>• Articulação com as partes interessadas (stakeholders) das comunidades globais e locais a respeito das demandas ambientais (diretas e indiretas);</li> <li>• Contribuição da organização com os objetivos do desenvolvimento sustentável, incluindo a TI Verde como estratégia para esverdear negócios e minimizar impactos sociais além dos ambientais;</li> <li>• Desenvolvimento de uma consciência socioambiental coletiva que pressupõe a preocupação com as demandas dos stakeholders e articulação/engajamento para atendê-las por meio de um esforço compartilhado;</li> <li>• Utilização de tecnologias colaborativas para a mobilização social em torno das demandas ambientais entre organizações não-governamentais (ONGs) para alcançar objetivos compartilhados pela sociedade;</li> <li>• Geração de valor para a sociedade e reconhecimento/aceitação social ao gerar benefícios/resultados qualitativos conciliados com o desempenho econômico, atendendo as expectativas compartilhadas pelas comunidades locais e globais em torno das preocupações ambientais.</li> </ul>
<b>Dimensão Mercadológica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Práticas de TI Verde/Sustentabilidade que expandem os limites organizacionais (ecossistema/mercado/ambiente externo)</li> <li>• Ações do concorrente (adoção de práticas de sustentabilidade/TI Verde pelo ecossistema de organizações)</li> <li>• Pressão dos fornecedores e/ou fornecedores de TI (adoção de práticas de sustentabilidade/TI Verde pelo ecossistema da cadeia de suprimentos/ distribuição – green supply chain)</li> <li>• Pressão de clientes / consumidores (exigências de produtos ecologicamente corretos)</li> <li>• Pressões do ambiente regulatório (políticas públicas e regulamentos podem pressionar organizações a adotar postura mais sustentável – programas de reciclagem, gestão do ciclo de vida de produtos, descarte correto de equipamentos eletrônicos)</li> <li>• Incentivos governamentais (políticas e benefícios que incentivam práticas de sustentabilidade)</li> <li>• Implementação de TI Verde por mais e mais organizações</li> <li>• Associações da indústria para o desenvolvimento de Tecnologias Sustentáveis (articulação com os stakeholders)</li> <li>• Nível de inovação, desenvolvimento de cadeia de suprimentos verde e colaboração interorganizacional para o desenvolvimento de produtos, processos e tecnologias verdes, eficientes e econômica</li> <li>• Desenvolvimento de vantagens competitivas a partir da capacidade organizacional em desenvolver oportunidades de mercado de maneira ambientalmente correta/sustentável</li> </ul>

**Fonte: Elaboração própria**

### **4.3.3 Validação do modelo MMTIV por especialistas**

Quando implementados dentro de uma organização, os sistemas de informação têm o objetivo de melhorar a eficácia e a eficiência dessa organização. As capacidades dos sistemas de informação, as características da organização, seus sistemas de trabalho, seu pessoal e suas metodologias de desenvolvimento e implementação, juntos, determinam até que ponto esse

objetivo será alcançado (HEVNER, 2007; HEVNER *et al.*, 2004; DRESCH; LACERDA; JÚNIOR, 2015; KUECHLER; VAISHNAVI, 2008; PEFFERS *et al.*, 2007).

Nesse sentido, a avaliação do artefato desenvolvido é uma etapa fundamental do processo de pesquisa baseada na abordagem DSR e é considerado um processo rigoroso que busca averiguar o desempenho do artefato no ambiente para o qual foi projetado, considerando as soluções que se propôs a alcançar (HEVNER *et al.*, 2004; LACERDA *et al.*, 2013).

Desse modo, buscando atender o ciclo de design da DSR, em que é necessário avaliar o artefato criado, optou-se pela realização de uma avaliação qualitativa e descritiva, buscando demonstrar a aplicabilidade do modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV) desenvolvido, submetendo-o à avaliação de pessoas responsáveis pelas decisões em termos de TI e de sustentabilidade na empresa A (gestores de TI 1 e 2) e especialistas na área de TI e na temática de sustentabilidade.

Santos *et al.* (2018) destacam que o envolvimento desses atores é importante para a plena compreensão do problema abordado, assim como para o desenvolvimento e a proposição de artefatos que sejam efetivos, haja vista que estes podem ser os maiores interessados no desenvolvimento de ferramentas que solucionem problemas que os afetam diretamente, principalmente quando se trata de contextos complexos, como é o caso da incorporação da sustentabilidade numa perspectiva transversal e multinível na organização.

Assim, após a conclusão das etapas 1 e 2 (ciclo de relevância e ciclo de rigor) e da aplicação da metodologia *Design Science Research*, procedeu-se ao desenvolvimento e **validação** do MODELO DE MATURIDADE DE TI VERDE (MMTIV), cujo estudo preliminar possibilitou identificar, a partir da análise dos gestores de TI e especialistas, algumas possíveis categorias e subcategorias de análise que permitiriam analisar/avaliar o nível de maturidade da TI Verde da organização em relação a determinado escopo.

Tendo em vista os pressupostos de eficiência e eficácia, somados ao desejo de desenvolver um modelo útil e capaz de mensurar a maturidade da TI Verde na organização, em uma perspectiva holística e transversal, considerou-se válido submeter o modelo proposto a uma etapa de validação.

A etapa de avaliação se deu através de um ciclo composto por dois momentos: a primeira etapa consistiu em submeter a versão preliminar do MMTIV ao crivo de gestores de TI que, durante a realização de entrevistas semiestruturadas, avaliaram a aplicabilidade do modelo, bem como sua abrangência e escopo, destacando requisitos de operacionalidade e limitações (ciclo de *design* do artefato proposto – MMTIV). Os gestores de TI foram, inicialmente, selecionados

na etapa de Estudo de Caso. A segunda etapa, consistiu na submissão do MMTIV à avaliação dos dois especialistas, que foram selecionados a partir dos conhecimentos e experiências notáveis na área de tecnologia/sustentabilidade e que apresentam domínio sobre o tema no campo da pesquisa e da prática das organizações (vide Quadro 3 – Perfil dos entrevistados). Os especialistas foram incumbidos de avaliar a proposição do MMTIV sob a mesma ótica dos gestores de TI (aplicabilidade, abrangência, escopo, requisitos de operacionalidade e limitações).

Os critérios para seleção dos especialistas centraram-se em identificar pesquisadores consolidados no campo de estudo da TI Verde, bem como profissionais da área de tecnologia com experiência em desenvolvimento e gestão de projetos de TI/TI Verde. A validação do modelo ocorreu sob a ótica das dimensões macro de análise (organizacionais, tecnológicas, econômicas, ambientais, sociais e mercadológica) e suas derivações em termos de categorias de análise e elementos constituintes.

O quadro 13 a seguir, evidencia a representação analítica e conceitual final do MMTIV com os devidos ajustes e adaptações oriundos da etapa de validação ao qual foi submetido. Em um primeiro momento, o MMTIV foi submetido à avaliação dos gestores de TI 1 e 2 durante a realização do estudo de caso com entrevistas (online, individuais e em dupla) e, posteriormente, à avaliação dos especialistas 1 e 2 em momentos distintos.

A representação conceitual e analítica do MMTIV presente no quadro 13 é um produto análise de literatura, das práticas identificadas na etapa 1 (RSL) da pesquisa e foi a base para o desenvolvimento do modelo. Estas categorias de análise permitem identificar a viabilidade ou não da adoção de práticas de TI Verde, além de permitir o desenvolvimento/desdobramento de categorias de análise de cada uma das dimensão associadas às práticas de TI Verde (vide Quadro 7 - Categorias de práticas de TI Verde mais difundidas nas organizações). Os apontamentos acerca da avaliação do modelo e os apontamentos derivados dela serão discutidos na sequência.

Quadro 13 – Validação do Modelo de Maturidade de TI Verde – MMTIV

<b>MODELO DE MATURIDADE DE TI VERDE - MMTIV</b> <b>(Após aplicação da DSR)</b>		
<b>Dimensão</b>	<b>Categoria de Análise</b>	<b>Aspectos</b>
<b>Organizacionais</b>	Processo	Desenvolvimento de competências técnicas sustentáveis do futuro
		Integração de processos com foco na sustentabilidade (perspectiva transversal)
		Suporte Gerencial / Apoio da equipe de executivos na operacionalização dos projetos green
		Postura reativa ou proativa para inovar interna ou externamente;
	Estratégia	Comportamento organizacional (coercitivo/mimético/normativo);
		Desenvolvimento de modelos de negócios mais verdes/sustentáveis
		Estratégias de TI Verde/Sustentabilidade aplicada aos negócios
	Governança de TI	Políticas de Sustentabilidade, Aderência a programas de GTQ e/ou Política Nacional de Resíduos Sólidos e lixo eletrônico (e-waste)
		Gestão da Informação
		Aplicação de boas práticas de sustentabilidade aos processos de negócios;
		Competências comportamentais e contextuais
	<b>Tecnológicas</b>	Aquisição/Desenvolvimento de TI Verde
Uso de TI Verde		Nível/Grau de informatização dos processos
Gestão de Tecnologia		Adoção de princípios de arquitetura de TI Verde (software/hardware)
Serviços de Suporte		Adoção de práticas de TI Verde difundidas no mercado;
<b>Econômicas</b>	Capacidade Financeira	Adoção de inovações que contribuem redução de impactos socioambientais.
	Viabilidade Econômica	Retorno sobre o investimento (ROI) e Eco-eficiência
	Nível de Exposição ao Risco	Eco-equidade, eco-efetividade e regulamentação
<b>Ambientais</b>	Proatividade Ambiental	Pré-disposição ao consumo <i>green</i> ;
		Mensuração do impacto ambiental das operações organizacionais
		Preocupação/sensibilização com questões ambientais;
		Preocupações ambientais e influência destas questões no suporte à decisão;
		Aplicação de visão de sustentabilidade aos processos de negócios;
<b>Social</b>	Colaboração da Comunidade	Preocupações com Responsabilidade Social e influência destas questões no suporte à decisão;
	Compartilhamento de Valores Sustentáveis	Geração de valor a longo prazo aos clientes, stakeholders e sociedade
		Integra a perspectiva dos stakeholders nos negócios;

	Articulação com stakeholders	Atendimento das demandas comuns não satisfeitas com visão de sustentabilidade;
Mercadológicas	Inovação de TI Verde	Conectividade; nível de disponibilidade de inovações no mercado versus nível de desenvolvimento de inovações; Respeito e Transparência; princípios de responsabilidade socioambiental
	Cadeia de Suprimentos de TI Verde	Incorporação de TI Verde disponível no mercado; desenvolvimento conjunto de inovação; aquisição e desenvolvimento de soluções inteligentes em torno da TI Verde (software, hardware, práticas de gestão)
	Nivelamento da concorrência	Green IT Supply Chain Management (fornecedores de produtos/serviços de TI Verde); articulação e/ou desenvolvimento de fornecedores de produtos e serviços de TI Verde; Tornar a cadeia de valor verde;
	Vantagens competitivas	Alteração da base da competição no mercado a partir da incorporação da sustentabilidade; gerar valor superior a partir da TI Verde; aumento da competitividade green; vantagem competitiva; imagem corporativa positiva;
	Networking comercial	Possibilidade de executar estratégias cooepetitivas, como forma cooperação, para construção de vantagens competitivas; parceiros de negócios green; estratégias de colaboração interorganizacional;
	Aspectos Legais / Regulamentações	Garantia de que leis e regulamentações possam representar oportunidades de inovação, de forma colaborativa/pró-ativa ou não; análise do contexto ambiental e do ambiente regulatório como fatores críticos na criação de um ambiente propício e permissivo para incentivar o uso de algumas tecnologias de TI verde.

Fonte: Elaboração própria (2022)

O *feedback* dos especialistas sobre o modelo proposto indica a aprovação das seis dimensões originalmente propostas pelo MMTIV. Eles consideraram o modelo robusto, abrangente e completo em termos de dimensões, categorias de análises, elementos e práticas de TI Verde associados a eles. Também comentaram a perspectiva transversal do modelo, que contempla dimensões *top-down* e *bottom-up* conforme mencionado pela literatura, sugerindo que essa perspectiva de análise facilita uma análise mais sistemática da organização e da aplicação da sustentabilidade através das práticas de TI Verde, contribuindo para identificar as categorias que mais se relacionam para garantir a efetividade da TI Verde.

“De forma geral, as práticas estão bem abrangentes, me parece bem completo. As dimensões contemplam a organização como um todo, numa perspectiva do topo para a base, passando por vários níveis da organização.” (Gestor de TI 1 – Empresa A)

“Essa perspectiva de análise é importante porque permite identificar as categorias que mais se relacionam com alguns tipos de práticas e como algumas delas se conectam

com mais de uma, senão todas, as dimensões propostas pelo modelo”. (ESPECIALISTA 2)

“Este modelo é interessante porque apresenta uma visão sistemática da organização e da aplicação da sustentabilidade em várias dimensões. Achei bem completo, muitas perspectivas de análise foram consideradas e elencadas. Isso ajuda o gestor a enxergar que há muito o que se fazer nas empresas em relação à TI Verde”. (ESPECIALISTA 1)

“Na perspectiva de ter um produto, um entregável em formato de modelo ou meta-modelo, está se buscando desenvolver um modelo que sirva de suporte para decisão de gestores da área de TI e de sustentabilidade. O MMTIV é interessante porque faz uma consolidação dessas áreas para que a TI possa ser mais sustentável dentro das suas operações”. (ESPECIALISTA 2)

Destacaram também que a utilização do MMTIV para realização de consultorias e treinamentos poderia auxiliar no desenvolvimento do modelo, gerando novos *insights* e viabilizando a expansão do seu potencial de aplicação. A aplicação em outros contextos empresariais e em empresas de outros portes poderia sinalizar contribuições de melhoria para que, independente do porte, empresas pudessem adotar TI Verde e contribuir com o “esverdeamento” de seus processos, melhora da performance operacional, redução de seus impactos ambientais, valorização da marca e valor agregado superior aos clientes.

“Acredito que já se tem uma versão bem robusta para começar a aplicar nas empresas. Esse trabalho de consultoria e treinamento para adotar o modelo MMTIV é que vai fornecer os *insights* restantes para que ele possa continuar evoluindo, e se tornar cada vez mais ajustado para o contexto das empresas. Por isso, é importante levar ele para o mercado e começar a aplicar em diferentes tipos, tamanhos e segmentos de empresa, assim terá uma visão mais global dos erros e acertos e das necessidades de correção”. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

“Eu acredito que as empresas também podem se beneficiar diretamente dos investimentos ao implementar um processo de Tecnologia da Informação mais sustentável. Para empresas grandes, por exemplo, é um posicionamento estratégico, que pode levar à valorização dos produtos e serviços oferecidos pelo público. Para empresas menores, é possível otimizar processos, tornando-os mais ágeis no cotidiano, o que gera economia de tempo e de dinheiro”. (ESPECIALISTA 1)

“Os objetivos da TI Verde me parecem bem claros, embora algumas empresas ainda possam ter dificuldade de traduzir isso na prática, sem um mercado que forneça esses tipos de práticas e serviços e até mesmo serviços de consultorias especializadas, que focam em tornar as empresas mais verdes fora do ambiente operacional tradicional, fora do *core business* da organização.” (ESPECIALISTA 2)

“Sabemos que as empresas pautam muito na ideia de performance, sempre focando no custo, mas com modelos robustos podemos conseguir focar no custo e na performance buscando um equipamento que tem um selo verde que tenha processo de manufatura mais sustentável, de desmontagem que permita a reciclagem de todas as partes daquele componente, que incorpore princípios de sustentabilidade na engenharia do produto, do processo, entre outros.” (ESPECIALISTA 2)

“A TI Verde contribui para processos mais ágeis, valoriza a marca e entrega resultado com valor agregado superior aos clientes”. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

No entanto, apesar da confirmação da dimensão “tecnologia” considerando sua relevância em termos estratégicos e centrais para avaliar a maturidade da TI Verde, os especialistas sugeriram que esta fosse desmembrada em um subgrupo de quatro dimensões, visando a identificação mais clara e instrumental de “tecnologia” no modelo incluindo: (i) aquisição/desenvolvimento de TI Verde, (ii) uso de TI Verde, (iii) gestão de tecnologia e (iv) serviços de suporte.

Dessa forma, a avaliação dos especialistas, adaptou a categoria original “tecnologia”, derivando quatro novas categorias de análise no modelo com base no critério de aplicabilidade e operacionalidade, com a justificativa de que assim ficaria mais claro e mais fácil de operacionalizar o modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV) na prática, ao buscar identificar dentro da variável “tecnologia” práticas passíveis de avaliação de maturidade no dia-a-dia das organizações em termos de aquisição/desenvolvimento, uso, gestão e suporte. A seguir, a título de exemplificação, é possível identificar trechos das contribuições de cada um dos especialistas na etapa de validação do MMTIV em termos de utilidade.

“Por isso, desmembrar a dimensão “tecnologia” facilitaria a identificação de práticas relacionadas a este tópico, tornaria mais tangível as práticas associadas, que não se resumem, por exemplo, à compra ou uso de tecnologia *per se*, mas também de outras práticas e serviços associados ao uso da tecnologia, como suporte e gestão da TI Verde, importantes para monitorar e avaliar o desempenho da TI Verde adotada. (ESPECIALISTA 2)

“Uma legislação favorável que incentive a adoção de TI Verde, por exemplo, poderia ser um propulsor para que esse conhecimento se expanda e, inclusive, desperte mais interesse da academia e centros de pesquisa pela temática... assim como pode fazer surgir novos atores no contexto empresarial e econômico, dispostos a suprir essa demanda emergente imposta pela nova legislação”. (ESPECIALISTA 1)

“A TI é estratégica para o funcionamento das operações da empresa. A tecnologia é crucial para todos os nossos processos. Por isso, a TI pode nos dar suporte em qualquer operação, como o monitoramento ambiental, por exemplo, e pode ajudar a viabilizar a quantificação, gerar métricas, desenvolvimento de indicadores [...] então, a gente precisa convergir a área de TI com as outras áreas da empresa para ter sucesso nessa pasta.” (Gestor de TI 2 – Empresa A).

Em termos “ambientais” os especialistas destacaram o papel ambiental e sustentável da TI em termos dos produtos e serviços que são fornecidos por ela e como se pode contribuir positivamente para reduzir o impacto dessas atividades. Destacaram que aspectos relacionados com a engenharia de produto e estudo de materiais e componentes mais sustentáveis, poderiam, além de gerar processos de produção mais sustentáveis, incentivar novos patamares de competição na dimensão “mercado”, bem como a cooperação para o desenvolvimento de inovações em parceria, e um gradual esverdeamento das cadeias de suprimentos.

Além disso, o campo “Tem conhecimento? ( ) SIM ( ) Não” presente no instrumento de coleta de dados (*check-list* de práticas de TI Verde) foi validado e considerado interessante pelo especialista já que, muitas vezes, algumas práticas de TI Verde podem não ser efetivadas por total desconhecimento da existência delas, nem sempre se limitam a restrições financeiras. Da mesma forma, o *check-list* auxilia o gestor na identificação de práticas até então não adotadas que poderiam melhorar seus níveis de eficiência operacional, desempenho ambiental e reduzir associados à TI e à aquisição de TI Verde, ao passo que incentiva o desenvolvimento de inovação no âmbito interno da organização.

“É inegável que adotar TI Verde em forma de prática ou processo a ser implementado na empresa gera muito benefícios que as empresas querem e, muitas vezes, precisam. Gastar menos dinheiro com energia, melhorar o desempenho da empresa, economizar espaço com equipamentos como é o caso dos servidores, reduzir demanda por espaço físico e custos de refrigeração é pensar numa arquitetura eficiente e menos custosa, menos poluente...” (ESPECIALISTA 2)

Achei o instrumento de coleta de dados interessante porque o questionário identifica se o gestor/equipe de TI tem conhecimento ou não de determinada prática, pois é isso que favorece que a inovação seja desenvolvida mesmo que ainda não seja aplicada. Então, são momentos distintos desse processo de adoção de TI Verde. Às vezes, o não desenvolvimento de uma prática se dá pelo desconhecimento dela, às vezes se dá por outros tipos de restrição. (Gestor de TI 2 – Empresa A)

Nesse contexto, uma vez que selos verdes comecem a ser exigidos, que legislações comecem a versar sobre estas pautas e direcionar o comportamento do mercado para a sustentabilidade por meio da TI, novos *players* começam a surgir e inovar na busca pelo atendimento da demanda latente de empresas que buscam aplicar práticas de TI Verde, que buscam assessorias, treinamentos e consultorias nessa área e que, muitas vezes, não o fazem por escassez de oferta de produtos e serviços com esse direcionamento.

“Hoje, temos computadores que não conseguimos dissociar as partes que são contaminantes de partes que seriam recicladas. Então, isso seria uma coisa que se estuda dentro de engenharia de produto. Se as grandes empresas têm o poder de ditar o comportamento do mercado estabelecendo novos padrões de competição, novos modelos de boas práticas, elas podem induzir um movimento de abertura de mercado e fazer surgir novos *players* para oferecer serviços mais específicos de TI Verde. Imagina o volume de demanda para atender de produtos e serviços de TI Verde para uma grande empresa e o quanto isso não teria a capacidade de gerar novos concorrentes, abrir mercados, criar uma dinâmica mercadológica em torno da sustentabilidade aplicada à TI”. (ESPECIALISTA 1)

“Por isso considerei a dimensão de análise “mercado” importante nesse modelo. É aí que reside a possibilidade de a empresa cliente induzir inovações nesse possível fornecedor ou desenvolver a inovação internamente como é o caso da Empresa A, e com isso estabelecer novos padrões de competição, novas boas práticas e incentivar a

adoção de TI Verde em outras empresas que queiram se “nivelar” com o mercado. (ESPECIALISTA 1)

A respeito das limitações para aplicação da TI Verde nas organizações e consequências para a eficácia da aplicação do modelo, reside no fato da legislação existente e imposta às organizações em torno da tecnologia ainda ter um escopo pequeno de direcionamentos acerca da TI Verde centrando, muitas vezes, em aspectos de descarte e gestão de resíduos. Um escopo mais abrangente que favoreça ou regule atividades de empresas fornecedoras/consumidoras de TI com foco em desempenho econômico e também socioambiental seria válido para estimular o aumento da adoção de práticas de TI Verde por parte das empresas.

“Essa questão de sustentabilidade no ambiente de negócios precisa considerar um aspecto imperativo que é a legislação. A legalidade ou não de algumas práticas influenciam muito os processos que as empresas resolvem adotar ou não. Assim as empresas podem acabar contribuindo de alguma forma, direta ou indiretamente, para alcançar os objetivos do desenvolvimento sustentável”. (ESPECIALISTA 1)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é um exemplo dessa questão legal, que funciona como um imperativo para que as empresas ajustem suas condutas, processos administrativos e produtivos para estar em conformidade legal... isto tem tudo a ver com a categoria de tecnologia, com o mercado e com o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos que dê suporte para essas atividades. (Gestor de TI 1 – Empresa A)

Os especialistas também destacaram a necessidade de levar o modelo a campo e iniciar os testes de campo com a aplicação dele no contexto e na prática das organizações para fazer novas rodadas de validação. Assim, seria possível identificar possíveis falhas conceituais na elaboração, fazer o *redesign* de algumas categorias se fosse necessário ou, até mesmo, observar o surgimento de novas práticas a partir da derivação de algumas práticas que pode ser, *a priori*, mais difíceis e complexas de implementar.

Geralmente, algumas práticas ou categorias mais conceituais, que demandam um nível de abstração maior e não dependem da aceitação em adotar ou não TI Verde no ambiente operacional, são práticas mais difíceis de serem implementadas, é o caso, por exemplo, das práticas da dimensão social com o compartilhamento de valores sustentáveis ou da dimensão mercadológica em termos de cadeia de suprimentos verdes. São práticas mais difíceis de realizar a avaliação ou mensuração.

Por isso, a abstração pode ser reduzida, materializando novas práticas de forma mais clara e aplicada para que a organização e todos os membros responsáveis pela adoção de TI Verde como, por exemplo, a alta gestão ou gestores de TI possam compartilhar o mesmo

entendimento sobre o conceito, sobre o que é e o que se espera de resultado com a adoção de determinadas práticas. Esse coeficiente de “clareza” facilita o desenvolvimento de requisitos de operacionalidade do modelo. Nas falas a seguir, é possível exemplificar esta análise.

Acredito que sempre temos o que melhorar, mas também que isto demanda levar o modelo a campo. É preciso colocar o modelo pra “rodar” na prática das empresas, submeter ele à análise da equipe, para que todos possam repensar os processos e começar a identificar onde ele trava, quais impedimentos começam a ocorrer a partir das primeiras tentativas de colocá-lo em prática, para daí sim acontecer uma segunda rodada de “verificação de inconsistências” [...] para identificar se o entendimento é compartilhado entre todos que vão usar e avaliar a TI Verde a partir dessa ferramenta (ESPECIALISTA 1).

A etapa de entrevistas realizada com especialistas e gestores de TI teve por objetivo abordar os critérios de aplicabilidade (utilidade), abrangência, escopo, operacionalidade (adequação à organização) do modelo MMTIV proposto (Hevner et al., 2004). As entrevistas da etapa de validação foram conduzidas com foco na identificação dos critérios de qualidade para o desenvolvimento do artefato e na busca por possíveis adaptações e melhorias. A etapa de validação teve como finalidade discutir e avaliar se o modelo proposto apresentava uma sequência lógica para a sua implementação nas organizações, assim como as principais dificuldades ou barreiras a implementação.

Os resultados da análise confirmaram a aplicabilidade do modelo desenvolvido, assim como o atendimento aos critérios estabelecidos, em que foram identificados como pontos positivos: (i) a amplitude de escopo dada a cada dimensão, com um conjunto de dados bem fundamentados e completo capaz identificar práticas de TI Verde na organização de maneira transversal; (ii) a aplicabilidade sistemática do modelo e a abrangência das práticas de TI Verde em diversas dimensões da organização, até então, pouco conhecido ou desconhecido pelos entrevistados; (iii) a demonstração das práticas já existentes na organização que não eram percebidas como TI Verde; (iv) a definição conceitual clara das dimensões e categorias de análise do MMTIV, exemplificando práticas e sintetizando a aplicação da TI Verde; e (v) a utilidade do MMTIV para conduzir processos de treinamento, consultorias e conscientização acerca da sustentabilidade em relação à tecnologia.

Destaca-se, também, que quanto ao questionamento sobre possíveis alterações, exclusões ou inclusões ao modelo apresentado, os gestores e especialistas apontaram somente melhorias específicas na dimensão tecnologia, em termos de conceitos da categoria para facilitar a operacionalização do modelo. Apesar disso, consideraram a nova versão do modelo desenvolvido completa e robusta. Entretanto, destacaram informações quanto às principais dificuldades e desafios percebidos para implementar avaliar a maturidade da TI Verde,

associado ao recursos financeiros escassos no setor de TI para investir em práticas com foco em sustentabilidade sem um orçamento pré determinado para este fim; ausência de equipe técnica com expertise em questões ambientais capaz de traduzir esta demanda em práticas aplicáveis no setor; presença de um mercado de TI Verde incipiente e tímido focado no atendimento elementar de demandas verdes associadas à TI, bem como o desconhecimento sobre a temática da TI Verde.

Por fim, conclui-se que o modelo de TI Verde desenvolvido e validado nessa pesquisa se mostrou uma solução satisfatória para auxiliar as organizações na avaliação da maturidade da TI Verde, contribuindo para a identificação de práticas em diversas áreas de aplicação ligadas à área de tecnologia na organização, assim como permite a identificação de níveis de maturidade dessas práticas facilitando seu monitoramento e, assim, conduzindo as operações da organização de forma mais sustentável.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ainda ser considerada uma área recente e pouco difundida, a TI Verde se propõe a desenvolver produtos e serviços de TI alinhados à sustentabilidade e à estratégia corporativa, sendo uma iniciativa pioneira de algumas organizações provedoras de serviços de tecnologia no mundo como, por exemplo, Accenture, Deloitte e EDS (SINGH; SAHU, 2020). Diante disso, o futuro aponta para uma demanda latente que carece de empresas que prestem serviços de tecnologia sob uma perspectiva mais ampla da TI, considerando aspectos como a incorporação de princípios de sustentabilidade nas estratégias, práticas, políticas e gestão da TI/TI Verde, não se restringindo apenas à área tecnológica da organização, atuando de forma isolada enquanto desenvolvimento e suporte à infraestrutura de *hardware* e *software*. As organizações precisam focar seus objetivos em relação à sustentabilidade de forma holística e transversal, uma vez que a TI perpassa todas as áreas organizacionais.

Apesar do nítido aumento de práticas de TI Verde disponíveis para adoção no mercado, a sua utilização como forma de competitividade das empresas (tanto fornecedoras quanto clientes de TI Verde) deverá surgir apenas no médio e longo prazo, à medida que o fornecimento e a aquisição de produtos e serviços se configurem como estratégias corporativas. Isto é, tecnologias que incorporem uma abordagem mais holística da TI Verde, que induzam à realização de um esforço corporativo mais amplo e que, conseqüentemente, ajudem o cliente a incorporar um número cada vez maior de práticas e, assim, melhorar seus índices de sustentabilidade. Nesse sentido, a TI Verde tem enorme potencial para criar novas oportunidades competitivas, reduzir as emissões de carbono e melhorar a eficiência geral dos negócios (SINGH; SAHU, 2020; ASADI *et al.*, 2019). Apesar disso, a literatura de TI ainda carece de pesquisas focadas em como avaliar o nível de desenvolvimento da TI Verde, que se traduz, de maneira geral, pelas suas estratégias ambientais e práticas verdes associadas não somente à área de tecnologia, mas a toda organização.

Nessa perspectiva, o gerenciamento inteligente da TI pode ser uma alternativa para as organizações minimizarem os impactos de suas atividades, melhorarem a eficiência energética, reduzirem a quantidade de descarte e os custos operacionais associados, aumentarem a reciclagem e o uso de materiais reciclados, de modo que possam desenvolver um ambiente organizacional sustentável em harmonia com os anseios da sociedade atual (ANTHONY JR, 2019; PATÓN-ROMERO *et al.*, 2018).

Assim, esta pesquisa **contribui para a ciência** ao passo que (i) incorpora na base de conhecimento científico um modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV) validado capaz de ser aplicado em organizações de diversos tamanhos e setores de atuação, haja vista que essa temática ainda é pouco explorada e consolidada na pesquisa em gestão e em TI/SI (ii) o modelo de maturidade de TI Verde proposto pode contribuir para a resolução da mesma classe de problemas de organizações similares em porte e setor de atividade bem como de outras organizações com porte e atuação distintas, já que ele é considerado robusto, abrangente e útil a qualquer organização que busque implementar/avaliar suas práticas de TI Verde para melhorar a sustentabilidade de suas operações e, sobretudo, pela (iii) aplicação da DSR, enquanto abordagem metodológica, para desenvolver qualquer tipo de artefato, servindo de base para a realização de outras pesquisas científicas cuja pretensão seja identificar e solucionar problemas práticos enfrentados pelas organizações nas suas rotinas e processos de tomada de decisão.

Como **contribuições gerenciais**, acredita-se que o modelo desenvolvido nesta pesquisa possa servir como um guia prático, uma ferramenta de *check-list*, para orientar gestores organizacionais, gestores de TI bem como analistas e equipes de trabalho envolvidas na identificação, seleção e adoção de diferentes práticas de TI Verde que podem estar associadas ou serem aplicadas no contexto interno e externo de atuação das organizações. Estas práticas podem estar relacionadas com as diversas dimensões propostas pelo MMTIV e vão desde a dimensão organizacional, internamente, em termos de processo, estratégia e governança de TI e seus desdobramentos para as dimensões de tecnologia, aspectos econômicos, ambientais e sociais até dimensão mercadológica, externamente, que dialoga com os aspectos regulatórios/legislação, networking, nivelamento da concorrência, cadeias de suprimentos, capacidade de inovação, dentro outros. Portanto, o MMTIV contribui para a compreensão e identificação de práticas, dimensões e categorias de análise da TI Verde nas organizações em uma perspectiva transversal e holística da incorporação da sustentabilidade nas organizações através da TI.

Além disso, o MMTIV foi desenvolvido com a intenção de incentivar uma gestão mais prática e aplicada, facilitando a materialização da TI Verde nas organizações, cujas diversas áreas correlacionadas de atuação podem viabilizar a incorporação de estratégias e tecnologias mais sustentáveis nas organizações. Desta forma, o MMTIV pode contribuir para a revisão da estratégia de sustentabilidade da organização, focando na economia de recursos financeiros, na redução da emissão de CO<sup>2</sup>, no desenvolvimento de políticas e programas de sustentabilidade

transversais, na redução do consumo energético de equipamentos de TI, dentre outras práticas possíveis. Consequentemente, a adoção de diversas práticas de TI Verde possíveis incorre na elevação dos níveis de maturidade de TI Verde e no aumento do valor comercial da empresa.

Além disso, entende-se que o modelo desenvolvido consiste em um guia capaz de orientar as organizações quanto às ações e práticas a serem realizadas bem como às dimensões a serem contempladas/analizadas para implementar a TI Verde de forma eficiente e eficaz. Ademais, o modelo constituído, embora testado em apenas uma organização, pode ser aplicado em outras organizações, avaliando qualitativamente a maturidade das práticas de TI Verde de acordo com as especificidades e realidade de cada organização.

A presente pesquisa buscou contribuir para o campo de pesquisas empíricas sobre o tema TI Verde, especialmente no que tange à disponibilidade de modelos de maturidade específicos para avaliar a TI Verde. A pesquisa contribui com o *gap* de literatura ao propor novos estudos sobre aplicabilidade de modelos de gestão da TI e da sustentabilidade nas organizações e ao realizar um mapeamento do estado da arte das práticas de TI Verde em organizações, considerando sua aplicação em diversas categorias de análise, dimensões e em diversas áreas foco, contribuindo para uma teorização das dimensões de aplicação da TI Verde.

Considera-se que ao longo do desenvolvimento da pesquisa, foi possível propor uma solução para a classe de problemas referente à adoção da TI Verde e perspectivas de avaliação de maturidade dessas práticas no ambiente das organizações, por meio do desenvolvimento e validação de um modelo de maturidade de TI Verde (MMTIV), o qual foi constituído seguindo as diretrizes da DSR.

O MMTIV é baseado em níveis de maturidade relacionados a limites evolutivos correlacionados à presença de práticas, processos, programas, ferramentas e indicadores de desempenho/de sustentabilidade em cada categoria de análise. Além disso, contribui com um referencial teórico contextualizado de práticas de TI Verde que, ao serem identificadas de forma explícita, podem contribuir para minimizar barreiras de sua implementação, aumentando a conscientização das dimensões de análise e tornando mais tangível as formas de aplicação da TI Verde em áreas distintas, até então pouco pesquisadas na ciência e na prática, mas necessárias para promover mudanças sustentáveis no contexto empresarial.

Ressalta-se, ainda, que por meio dos resultados obtidos na etapa de validação foi possível concluir que o modelo desenvolvido para avaliar a maturidade das práticas de TI Verde (MMTIV) foi considerado robusto, útil e abrangente pelos avaliadores, traduzindo na sua estrutura os elementos críticos e dimensões que fazem parte da realidade das organizações.

Complementarmente, o estudo forneceu informações quanto às principais dificuldades e desafios percebidos para implementar práticas de TI Verde nas organizações, seja pelos aspectos financeiros associados a relação custo x benefício, custo x performance de TI Verde, capacidade financeiro de investimento em tecnologias mais limpas e sustentáveis, nível de exposição ao risco a projetos de sustentabilidade/TI Verde, desconhecimento do % de contribuição da TI Verde para o programa/meta de sustentabilidade corporativa, ausência de orçamento específico para projetos de TI Verde como forma de incentivo (aquisição ou desenvolvimento de TI Verde), incorporação de princípios de sustentabilidade nas operações de TI, ausência de políticas ou programas de conscientização ambiental nas organizações que direcionem ou mobilizem esforços de times em direção a objetivos de sustentabilidade.

Algumas práticas, no entanto, mostram-se com menores barreiras financeiras à implementação, mas com barreiras institucionais e comportamentais dentro da organização que inibem a aplicação de práticas de TI Verde de forma mais efetiva, conforme apontado por gestores e analistas na etapa de entrevistas no que tange ao papel da liderança, expertise da equipe em termos de sustentabilidade e capacidade de operacionalizar e tangibilizar conceitos e princípios de sustentabilidade nos produtos e serviços de TI desenvolvidos ou adquiridos pela organização. Apesar disso, acredita-se que a adesão a cursos e treinamentos, realização de auditorias ambientais de TI, consultorias na área de TI Verde, a integração de membros na equipe com *expertise* em assuntos relacionados à sustentabilidade no setor de TI, além do apoio e incentivo das lideranças organizacionais e do desenvolvimento de políticas institucionais com este foco, são exemplos de iniciativas que poderiam ser tomadas para superar os desafios não econômicos da implementação de TI Verde.

Como **limitações do estudo**, destaca-se a realização de um ciclo de validação com especialistas, gestores de TI e analistas de uma única empresa selecionada para o estudo, justificada pela pandemia de COVID-19 e pelo tempo de pesquisa disponível. Em termos de limitação, também foi um desafio encontrar outras organizações disponíveis e que atendessem os requisitos de seleção do caso/participação na pesquisa definidos anteriormente. A validação do modelo por especialistas e gestores de TI sinaliza problemas relacionados com a adoção da TI Verde que podem ser comuns a qualquer organização que busque implementar a TI Verde em relação ao desenvolvimento e evolução dos elementos das dimensões e categorias de análise do MMTIV. Estas, por sua vez, poderiam ser melhor confirmadas e validadas na prática das organizações de maneira geral ao se tentar compreender efetivamente os conceitos de cada constructo e seus respectivos elementos de análise, implementando o modelo e buscando

extrair dele os resultados mensuráveis que se espera em termos de maturidade das práticas de TI Verde. Destaca-se também que o modelo proposto carece periodicamente de revisão das práticas de TI Verde disponíveis no mercado e utilizadas pelas organizações para que o instrumento possa estar sempre alinhado com as demandas e tecnologias atuais/existentes, elevando os padrões de sustentabilidade, incluindo ou descartando práticas de TI Verde que podem estar desatualizadas ou obsoletas para as organizações.

Por fim, para **pesquisas futuras**, sugere-se: (i) aplicar outros ciclos de validação do modelo desenvolvido em outras organizações e em outros contextos/setores de atuação; (ii) acompanhar tendências de evolução das práticas de TI Verde disponíveis na literatura e no mercado para atualizar as bases de referências do modelo, revisando periodicamente as práticas propostas pelo MMTIV nas áreas de gestão, tecnologia e sustentabilidade para reforçar e/ou reavaliar algumas dimensões e categorias de análise pode ser interessante no médio e longo prazo; (iii) realizar análises mais detalhada dos impactos de TI Verde nas organizações bem como no estudo de facilitadores/inibidores da adoção das práticas de TI Verde; (iv) realizar análises relacionadas à maturidade de determinadas categorias de práticas, o porquê de algumas práticas estarem mais presentes do que outras nas organizações, sendo mais consideradas no processo de tomada de decisão para adoção de TI Verde; (v) associar outros métodos, quantitativos, para analisar os resultados da aplicação do modelo nas organizações; e (vi) explorar com maior profundidade a aplicação do MMTIV em diferentes contextos e setores da economia, com foco na geração de *insights* para o seu desenvolvimento e aprimoramento em termos de identificação de problemas e desdobramentos decorrentes da operacionalização, de modo a verificar sua validade externa e possíveis semelhanças ou diferenças entre as empresas estudadas buscando o seu aperfeiçoamento e expansão do potencial de aplicação.

Assim, este estudo pode se tornar uma base para pesquisas complementares na tentativa de aprofundar pesquisas em cada uma das dimensões, bem como auxiliar na busca de uma configuração de práticas que seja mais adequada para determinada organização ou grupos de organizações, permitindo equalizar, de forma harmoniosa, o desenvolvimento econômico com o bem-estar socioambiental, consolidando princípios e práticas de sustentabilidade no ambiente empresarial de forma mais dirigida e eficaz, passível de monitoramento e desenvolvimento de níveis sustentáveis das operações.

## REFERÊNCIAS

- AININ, Sulaiman; NAQSHBANDI, M. Muzamil; DEZDAR, Shahin. Impact of adoption of Green IT practices on organizational performance. **Quality & Quantity**, v. 50, n. 5, p. 1929-1948, 2016.
- ALI, Muhammad Sarmad et al. A systematic review of comparative evidence of aspect-oriented programming. **Information and software Technology**, v. 52, n. 9, p. 871-887, 2010.
- ANTHONY JR, Bokolo. Green information system integration for environmental performance in organizations: An extension of belief-action-outcome framework and natural resource-based view theory. **Benchmarking: An International Journal**, 2019.
- ANTHONY JR, BOKOLO; PA, NORAINI Che. A case based reasoning architecture and component based model for Green IS implementation and diffusion in organisation. **International Journal of Digital Information and Wireless Communications**, v. 6, n. 2, p. 97-112, 2019.
- ANTHONY, Bokolo Jnr; MAJID, Mazlina Abdul. Development of a Green ICT Model for Sustainable Enterprise Strategy. **Journal of Soft Computing and Decision Support Systems**, v. 3, n. 3, p. 1-12, 2016.
- ANTHONY, Bokolo; ABDUL MAJID, Mazlina; ROMLI, Awanis. Heterogeneous agent-enabled decision system for evaluating Green IT performance in industrial environments. **Journal of Decision Systems**, v. 27, n. 1, p. 37-62, 2018.
- ANTONI, Darius; JIE, Ferry; ABARESHI, Ahmad. Critical factors in information technology capability for enhancing firm's environmental performance: case of Indonesian ICT sector. **International Journal of Agile Systems and Management**, v. 13, n. 2, p. 159-181, 2020.
- ARAGÃO, Alexandra. Compliance Ambiental: Oportunidades e Desafios para Garantir um Desempenho Empresarial mais verde, real e não simbólico. **Compliance e Sustentabilidade: Perspetivas Brasileira e Portuguesa**, p. 21-35, 2020.
- ARNOTT, David; PERUVIAN, Graham. A critical analysis of decision support systems research revisited: the rise of design science. In: **Enacting Research Methods in Information Systems**. Palgrave Macmillan, Cham, 2016. p. 43-103.
- ASADI, Shahla et al. Investigating factors influencing decision-makers' intention to adopt Green IT in Malaysian manufacturing industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 148, p. 36-54, 2019.
- ASADI, Shahla et al. Organizational research in the field of Green IT: A systematic literature review from 2007 to 2016. **Telematics and Informatics**, v. 34, n. 7, p. 1191-1249, 2017.
- ASANZA, Wilmer Braulio Rivas et al. Administration of Sustainable Environmental Information Technologies based on COBIT5 E SGE21. **International Journal of Applied Environmental Sciences**, v. 12, n. 1, p. 99-131, 2017.
- BAI, Chunguang; SARKIS, Joseph. Green information technology strategic justification and evaluation. **Information Systems Frontiers**, v. 15, n. 5, p. 831-847, 2013.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. 2 ed. Atual e ampliada. São Paulo, Saraiva, 2007
- BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.
- BAX, Marcello Peixoto. **Design science: filosofia da pesquisa em ciência da informação e tecnologia**. 2017.

BECKER, Jörg; KNACKSTEDT, Ralf; PÖPPELBUß, Jens. Developing maturity models for IT management. **Business & Information Systems Engineering**, v. 1, n. 3, p. 213-222, 2009.

BLOOR, Michael; WOOD, Fiona. **Keywords in qualitative methods: A vocabulary of research concepts**. Sage, 2006.

BOCCO, Marcela Genero; LEMUS, José A. Cruz; VELTHUIS, Mario G. Piattini. Métodos de investigación en ingeniería del software. Grupo Editorial **Ra-Ma**, 2014.

BORDOLOI, Sanjeev; FITZSIMMONS, James A.; FITZSIMMONS, Mona J. **Service management: operations, strategy, information technology**. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.

BOSE, R; LUO, Xin Robert. Green IT adoption: a process management approach. **International Journal of Accounting & Information Management**, 2012.

BOUDREAU, Marie-Claude; CHEN, Adela; HUBER, Mark. Green IS: Building sustainable business practices. **Information systems: A global text**, p. 1-17, 2008

BOUTKHOUM, Omar et al. Multi-criteria decision support framework for sustainable implementation of effective green supply chain management practices. **SpringerPlus**, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2016.

BROOKS, S., WANG, X., SARKER, S. Unpacking Green IT: a review of the existing literature. **Proceedings of the Americas Conference on Information Systems (AMCIS)** Lima, Peru, 2010.

BUDGEN, David et al. Using Mapping Studies in Software Engineering. In: **PPIG**. 2008. p. 195-204.

CAI, S.; CHEN; X.; BOSE, I. The many faces of Green IT. **International Journal of Business Data Communications and Networking**, v.8, n.2, 2012.

CALERO, Coral; PIATTINI, Mario (Ed.). **Green in software engineering**. Berlin: Springer, 2015.

CALERO, Coral; PIATTINI, Mario. Puzzling out software sustainability. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, v. 16, p. 117-124, 2017.

CAMPBELL, William M. An Exploration of the Impact of the Use of Standard Management Models on the Adoption of Green IT. **GREEN 2017 Forward**, p. 11, 2017.

CHANG, Ching-Hsun. The influence of corporate environmental ethics on competitive advantage: The mediation role of green innovation. **Journal of Business Ethics**, v. 104, n. 3, p. 361-370, 2011.

CHAU, Patrick YK; HUI, Kai Lung. Determinants of small business EDI adoption: an empirical investigation. **Journal of organizational computing and electronic commerce**, v. 11, n. 4, p. 229-252, 2001.

CHEN, A.; BOUDREAU, M.; WATSON, R. Information systems and ecological sustainability. **Journal of Systems and Information Technology, Sustainability and Information Systems**, v. 10, n. 3, p. 186-201, 2008.

CHEN, Adela J. et al. An institutional perspective on the adoption of Green IS & IT. **Australasian Journal of Information Systems**, v. 17, n. 1, 2011.

CHEN, Adela J. et al. Organizational adoption of green IS & IT: An institutional perspective. **ICIS 2009 proceedings**, p. 142, 2010.

CHEN, Yu-Shan; LAI, Shyh-Bao; WEN, Chao-Tung. The influence of green innovation performance on corporate advantage in Taiwan. **Journal of business ethics**, v. 67, n. 4, p. 331-339, 2006.

CHOU, David C.; CHOU, Amy Y. Awareness of Green IT and its value model. **Computer Standards & Interfaces**, v. 34, n. 5, p. 447-451, 2012.

CLARO, Priscila Borin de Oliveira; CLARO, Danny Pimentel; AMÂNCIO, Robson. Entendendo o conceito de sustentabilidade nas organizações. **Revista de Administração-RAUSP**, v. 43, n. 4, 2008.

COLWELL, Scott R.; JOSHI, Ashwin W. Corporate ecological responsiveness: Antecedent effects of institutional pressure and top management commitment and their impact on organizational performance. **Business Strategy and the Environment**, v. 22, n. 2, p. 73-91, 2013.

COOPER, Vanessa A.; MOLLA, Alemayehu. Absorptive capacity and contextual factors that influence green IT assimilation. **Australasian Journal of Information Systems**, v. 18, n. 3, 2014.

CRAWFORD, J. K. Project Management Maturity Model (CBP - Center for Business Practices). 2. ed. **USA: Auerbach Publications**, 2007.

CURRY, Edward et al. Measuring energy efficiency practices in mature data center: A maturity model approach. In: **Computer and Information Sciences III**. Springer, London, 2013. p. 51-61.

DALVI-ESFAHANI, Mohammad; RAMAYAH, T.; NILASHI, Mehrbakhsh. Modelling upper echelons' behavioural drivers of Green IT/IS adoption using an integrated Interpretive Structural Modelling–Analytic Network Process approach. **Telematics and Informatics**, v. 34, n. 2, p. 583-603, 2017.

DAO, Viet; LANGELLA, Ian; CARBO, Jerry. From green to sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, n. 1, p. 63-79, 2011.

DE HAES, Steven et al. Adoption and impact of IT governance and management practices: A COBIT 5 Perspective. **International Journal of IT/Business Alignment and Governance (IJITBAG)**, v. 7, n. 1, p. 50-72, 2016.

DEMONSABERT, Sharon; ODEH, Khuloud; MESZAROS, Jenny. SustainaBits: A framework and rating system for sustainable IT. In: **International Green Computing Conference (IGCC). IEEE, 2012**. p. 1-9.

DENG, Qi; JI, Shaobo. Organizational green IT adoption: concept and evidence. **Sustainability**, v. 7, n. 12, p. 16737-16755, 2015.

DENYER, David; TRANFIELD, David. **Producing a systematic review**. 2009.

DEZDAR, Shahin. Green information technology adoption: Influencing factors and extension of theory of planned behavior. **Social Responsibility Journal**, 2017.

DICK, G; BURNS, M. Green IT in Small Business: An exploratory study. In: **Proceedings of the Southern Association for Information Systems Conference**. Atlanta, USA, March. 2011.

DIMOV, Dimo. **Toward a design science of entrepreneurship. In: Models of start-up thinking and action: Theoretical, empirical and pedagogical approaches**. Emerald Group Publishing Limited, 2016.

DOLCI, Decio Bittencourt et al. Implementation of green IT in organizations: A structural view. **Revista de Administração de Empresas**, v. 55, n. 5, p. 486-497, 2015.

DOLCI, Décio Bittencourt, LUNARDI, Guilherme Lerch,; SALLES, Ana Carolina; ALVES, Ana Paula Ferreira. TI Verde: Uma Análise à Luz Da Teoria Da Estruturação In: **XXXVII ENANPAD**. Rio de Janeiro, 2013.

DONNELLAN, Brian; SHERIDAN, Charles; CURRY, Edward. A capability maturity framework for sustainable information and communication technology. **IT professional**, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2011.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JUNIOR, José Antônio Valle Antunes. Design science research. In: **Design Science Research**. Springer, Cham, 2015. p. 67-102.

DUBÉ, Line; PARÉ, Guy. Rigor in information systems positivist case research: current practices, trends, and recommendations. **MIS quarterly**, p. 597-636, 2003

DYBÅ, Tore; DINGSØYR, Torgeir. Empirical studies of agile software development: A systematic review. **Information and software technology**, v. 50, n. 9-10, p. 833-859, 2008.

ELKINGTON, J. The triple bottom line of 21 st century business Cannibals with forks. **Management**, 2001.

ELLIOT, S. Transdisciplinary perspectives on environmental sustainability: a resource base and framework for IT-enabled business transformation. **MIS Quarterly**, v. 35, n. 1, p. 197-236, 2011

ELLIOT, Steve; BINNEY, Derek. Environmentally sustainable ICT: Developing corporate capabilities and an industry-relevant IS research agenda. **PACIS 2008 Proceedings**, p. 209, 2007.

EPSTEIN, Marc J.; BUHOVAC, Adriana Rejc. **Making sustainability work: Best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts**. Berrett-Koehler Publishers, 2014.

ERDELYI, Krisztina. Special factors of development of green software supporting eco sustainability. In: **2013 IEEE 11th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)**. IEEE, 2013. p. 337-340.

FAUCHEUX, Sylvie; NICOLAÏ, Isabelle. IT for green and green IT: A proposed typology of eco-innovation. **Ecological economics**, v. 70, n. 11, p. 2020-2027, 2011.

GARTNER “Introducing the Gartner Green and Sustainable IT Infrastructure and Operations Maturity Model”,  
[http://my.gartner.com/portal/server.pt?open=512&objID=202&&PageID=5553&mode=2&in\\_hi\\_userid= 2&cached=true&resId=2304815](http://my.gartner.com/portal/server.pt?open=512&objID=202&&PageID=5553&mode=2&in_hi_userid= 2&cached=true&resId=2304815), 2013.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. coordenado pela Universidade Aberta do Brasil–UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica–Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. **Porto alegre: Editora da UFRGS**, v. 2, n. 0, p. 0, 2009.

GHOLAMI, R., SULAIMAN, A. B., RAMAYAH, T., MOLLA, A. Senior managers’ perception on green information systems (IS) adoption and environmental performance: Results from a field survey. **Information & Management**, v. 50, n. 7, p.431-438, 2013

GIL, A. **Como Elaborar projetos de pesquisa**, 5ª Edição, editora Atlas. São Paulo, 184. 2010.

GODOY, Arilda Schmidt. A pesquisa qualitativa e sua utilização em administração de empresas. **Revista de administração de empresas**, v. 35, p. 65-71, 1995.

GOES, Paulo B. Design science research in top information systems journals. **MIS Quarterly: Management Information Systems**, v. 38, n. 1, p. iii-viii, 2014.

GONZÁLEZ, Pablo D. R. Analysing the factors influencing clean technology adoption: a study of the Spanish pulp and paper industry. **Business strategy and the environment**, v. 14, n. 1, p. 20-37, 2005.

GREGOR, Shirley; HEVNER, Alan R. Positioning and presenting design science research for maximum impact. **MIS quarterly**, p. 337-355, 2013.

GROPPER, George L. Instructional Design: Science Technology Both Neither. **Educational Technology**, p. 40-52, 2017.

HANKEL, Albert et al. A Maturity Model for Green ICT: The Case of the SURF Green ICT Maturity Model. In: **EnviroInfo**. 2014. p. 33-40.

HARMON, Robert R.; AUSEKLIS, Nora. Sustainable IT services: Assessing the impact of green computing practices. In: **PICMET'09-2009 Portland International**

**Conference on Management of Engineering & Technology**. IEEE, 2009. p. 1707-1717.

HARMON, Robert R.; DEMIRKAN, Haluk. The corporate sustainability dimensions of service-oriented information technology. In: **2011 Annual SRII Global Conference**. IEEE, 2011. p. 601-614.

HARRIS, Joshua D. et al. How to write a systematic review. **The American journal of sports medicine**, v. 42, n. 11, p. 2761-2768, 2014.

HEDMAN, Jonas; HENNINGSSON, Stefan. Developing ecological sustainability: a green IS response model. **Information Systems Journal**, v. 26, n. 3, p. 259-287, 2016.

HERTEL, Michael; WIESENT, Julia. Investments in information systems: A contribution towards sustainability. **Information Systems Frontiers**, v. 15, n. 5, p. 815-829, 2013.

HEVNER, Alan R. *A three cycle view of design science research*. **Scandinavian journal of information systems**, v. 19, n. 2, p. 4, 2007.

HEVNER, Alan R. et al. Design science in information systems research. **MIS quarterly**, p. 75-105, 2004.

HIGGINS, J. P. T.; WELLS, G. A. **Cochrane handbook for systematic reviews of interventions**. 2011.

HYNDS, E. Jefferson et al. A maturity model for sustainability in new product development. **Research-Technology Management**, v. 57, n. 1, p. 50-57, 2014.

INTRONA, Vito et al. Energy Management Maturity Model: an organizational tool to foster the continuous reduction of energy consumption in companies. **Journal of cleaner production**, v. 83, p. 108-117, 2014.

ISACA, COBIT 5: A Business Framework for the Governance and Management of Enterprise IT. **ISACA**, Rolling Meadows, IL, USA, 2012

ISACA: Maximizing the Combined Effects of COBIT 5 and CMMI: A Guide to Using the Practices Pathways Tool. **ISACA**, Rolling Meadows, IL, USA (2017)

JARMOSZKO, A. T. et al. Toward a Conceptual Model for Sustainability and Greening through Information Technology Management. In: **Green Finance and Sustainability: Environmentally-Aware Business Models and Technologies**. IGI Global, 2011. p. 199-210.

JENKIN, T. A.; WEBSTER, J.; MCSHANE, L. An Agenda for 'Green' Information Technology Systems Research. **Information and Organization**. v. 21, n. 1, p. 17-40, January 2011

JOHNSTON, David A.; LINTON, Jonathan D. Social networks and the implementation of environmental technology. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 47, n. 4, p. 465-477, 2000.

JONES, A. R.; MINGAY, S. Executive Summary: Going Green: The CIO's Role in Enterprisewide Environmental Sustainability. **Gartner Exp Premier**, Accessed June, v. 10, p. 2008, 2008.

KIM, Yong Seog; KO, Myung. Identifying Green IT leaders with financial and environmental performance indicators. 2010.

KO, M.; CLARK, J.; KO, D. Investigating the impact of "green" information technology innovators on firm performance. **Journal of Information Technology Management**, v. 22, n. 2, 2011.

KUECHLER, Bill; VAISHNAVI, Vijay. On theory development in design science research: anatomy of a research project. **European Journal of Information Systems**, v. 17, n. 5, p. 489-504, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

LEE, Sang M.; PARK, Sang-Hyun; TRIMI, Silvana. Greening with IT: practices of leading countries and strategies of followers. **Management Decision**, 2013.

LOESER, Fabian et al. How IT executives create organizational benefits by translating environmental strategies into Green IS initiatives. **Information Systems Journal**, v. 27, n. 4, p. 503-553, 2017.

LOESER, Fabian. **Green IT and Green IS: Definition of constructs and overview of current practices**. 2013.

LUNARDI, Guilherme Lerch et al. Antecedents of IT governance effectiveness: An empirical examination in Brazilian firms. **Journal of Information Systems**, v. 31, n. 1, p. 41-57, 2017.

LUNARDI, Guilherme Lerch; ALVES, Ana Paula Ferreira; SALLES, Ana Carolina DOLCI, Décio Bittencourt. Antecedentes e consequentes da adoção da TI Verde nas organizações: um estudo sobre o papel das ações organizacionais e o seu impacto no desempenho ambiental e na imagem corporativa, In: **anais do XL EnANPAD**, Costa do Saíupe, BA, Brasil, 2016.

LUNARDI, Guilherme Lerch; ALVES, Ana Paula Ferreira; SALLES, Ana Carolina. Development of a scale to assess the degree of green Information Technology uses by the organizations. **Revista de Administração (São Paulo)**, v. 49, n. 3, p. 591-605, 2014.

LUNARDI, Guilherme Lerch; ALVES, Ana Paula Ferreira; SALLES, Ana Carolina. TI verde e seu impacto na sustentabilidade ambiental. **Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração**, Rio de Janeiro, 36, 2013.

LUNARDI, Guilherme Lerch; FRIO, Ricardo Saraiva; BRUM, Marília de Marco. Tecnologia da informação e sustentabilidade: levantamento das principais práticas verdes aplicadas à área de tecnologia. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 4, n. SPE, p. 159-172, 2011.

LUNARDI, Guilherme Lerch; SIMÕES, Renata; FRIO, Ricardo Saraiva. TI Verde: Uma análise dos principais benefícios e práticas utilizadas pelas organizações. **READ. Revista Eletrônica de Administração (Porto Alegre)**, v. 20, n. 1, p. 1-30, 2014.

MACHADO, Carla Gonçalves et al. A maturity framework for sustainable operations management. In: **23rd International Conference on Production Research (ICPR 2015)**. 2015.

MARCH, Salvatore T.; STOREY, Veda C. Design science in the information systems discipline: an introduction to the special issue on design science research. **MIS quarterly**, p. 725-730, 2008.

MARIANI, Minsani; IMAM, Karen. A Preliminary Study of Green IT Readiness in Indonesia Organizations. **Journal of Energy Technologies and Policy**, v. 2, n. 5, p. 1-9, 2012.

MASALSKYTE, Rasita et al. Modelling sustainability maturity in corporate real estate management. **Journal of Corporate Real Estate**, v. 16, n. 2, p. 126-139, 2014.

MAYRING, Philipp. Qualitative content analysis. **A companion to qualitative research**, v. 1, p. 159-176, 2004.

MEIRELLES, Fernando S. 30ª Pesquisa Anual do Uso de TI nas Empresas. **FGVcia: Centro e Tecnologia de Informação Aplicada da EAESP**, 2019.

MELVILLE, Nigel P. Information systems innovation for environmental sustainability. **MIS Quarterly**, v. 34, n. 1, p. 1-21, 2010.

MERHOUT, Jeffrey W.; O'TOOLE, Joseph. Sustainable IT Governance (SITG): Is COBIT 5 An Adequate Model. **AIS Electronic Library: Newark, NJ, USA**, 2015.

MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MINES, Christopher. **The dawn of green IT services**. 2008.

MINES, Christopher; DAVIS, Euan. **Topic overview: green IT**. Forrester Research, 2007.

MITCHEL, R.L. Green by Default, ComputerWorld, Acessado em 23 novembro de de 2008. Disponível em: [http://www.computerworld.com/pdfs/LFG\\_green\\_IT\\_2008.pdf](http://www.computerworld.com/pdfs/LFG_green_IT_2008.pdf) .

MIYASHIRO, Magda A. Silvério et al. Uma Aplicação para Auxiliar nas Atividades de Pré-Auto-Avaliação da Maturidade dos Processos de uma Organização Utilizando os Modelos CMMI v 1.3 e MPSR. In: **Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais**. 2011.

MOLLA, Alemayehu. GITAM: A Model for the Adoption of Green IT. **ACIS 2008 proceedings**, p. 64, 2008.

MOLLA, A., ABARESHI, A., COOPER, V. Green IT beliefs and pro-environmental IT practices among IT professionals. **Information Technology & People**, v. 27, n. 2, p. 129-154, 2014.

MOLLA, A., COOPER, V., CORBITT, B., DENG, H., PESZYNSKI, K., PITTAYACHAWAN, S., TEOH, S. Y. E-readiness to G-readiness: Developing a green information technology readiness framework, **ACIS 2008 Proceedings**, paper 35, 2008

MOLLA, A.; COOPER, V. A.; PITTAYACHAWAN, S. IT and eco-sustainability: developing and validating a green IT readiness model. International Conference of Information Systems, 30, 2009, USA. **Anais USA: ICIS, 2009**. p. 1-17, 2009.

MOLLA, Alemayehu. Organizational motivations for green IT: exploring green IT matrix and motivation models. **PACIS 2009 Proceedings**, p. 13, 2009.

MOLLA, Alemayehu; ABARESHI, Ahmad. Green IT Adoption: A Motivational Perspective. In: **PACIS**. 2011. p. 137.

MOLLA, Alemayehu; ABARESHI, Ahmad; COOPER, Vanessa. Green IT beliefs and pro-environmental IT practices among IT professionals. **Information Technology & People**, v. 27, n. 2, p. 129-154, 2014.

MOLLA, Alemayehu; COOPER, Vanessa; PITTAYACHAWAN, Siddhi. The Green IT readiness (G-readiness) of organizations: an exploratory analysis of a construct and instrument. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 29, n. 1, p. 4, 2011.

MURUGESAN, S. Harnessing. Green IT: Principles and Practices. **IT Professional**, v. 10, n. 1, p. 24-33, 2008.

MURUGESAN, San. Making IT green. **IT professional**, v. 12, n. 2, p. 4-5, 2010.

MURUGESAN, San; GANGADHARAN, G. R. Green IT: an overview. **Harnessing green IT: Principles and practices**, p. 1-21, 2012.

NANATH, Krishnadas; PILLAI, Radhakrishna R. The influence of green is practices on competitive advantage: Mediation role of green innovation performance. **Information Systems Management**, v. 34, n. 1, p. 3-19, 2017.

NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.

NEUENDORF, Kimberly A. **The content analysis guidebook**. Sage, 2016.

NGAI, E. W. T. et al. Energy and utility management maturity model for sustainable manufacturing process. **International Journal of Production Economics**, v. 146, n. 2, p. 453-464, 2013.

NORAINI, C. P. et al. Proposing a Model on Risk Mitigation In IT Governance. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Computing and Informatics, (ICOCI 2015)**. 2015. p. 11-13.

OLSON, Eric G. Creating an enterprise-level “green” strategy. **Journal of business strategy**, v. 29, n. 2, p. 22-30, 2008.

ORINA, Wilbrodah Adhiambo et al. Content Analysis and a Critical Review of the Exploratory Design in.: **General Education Journal**, v. 4, n. 2, 2015.

ORSATO, R. K., (2006), Competitive Environmental Strategies: When does it pay to be green?’, **California Management Review**, 48(2), 127-144.

OSCH, Wietske; AVITAL, Michel. The road to Sustainable Value: The path-dependent construction of sustainable innovation as sociomaterial practices in the car industry. In: **Positive design and appreciative construction: from sustainable development to sustainable value**. Emerald Group Publishing Limited, 2010. p. 99-116.

OZTURK, Ahmet et al. Green ICT (Information and Communication Technologies): a review of academic and practitioner perspectives. **International Journal of eBusiness and eGovernment studies**, v. 3, n. 1, p. 1-16, 2011.

PARANHOS, Ranulfo et al . Uma introdução aos métodos **mistos**. **Sociologias, Porto Alegre** , v. 18, n. 42, p. 384-411, 2016 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-45222016000200384&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-45222016000200384&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em 05 Mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/15174522-018004221>.

PATÓN-ROMERO, J. David et al. A governance and management framework for green it. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1761, 2017.

PATÓN-ROMERO, J. David et al. Green IT Governance and Management based on ISO/IEC 15504. **Computer Standards & Interfaces**, v. 60, p. 26-36, 2018.

PATÓN-ROMERO, J. David; PIATTINI, Mario. Green IT maturity models: a systematic mapping study. In: **2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**. IEEE, 2017. p. 1-6.

PATÓN-ROMERO, J. David; RODRÍGUEZ, Moisés; PIATTINI, Mario. A SPICE-based maturity model for the governance and management of green IT. In: **International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination**. Springer, Cham, 2017. p. 143-155.

PEFFERS, Ken et al. A design science research methodology for information systems research. **Journal of management information systems**, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

PEFFERS, Ken; TUUNANEN, Tuure; NIEHAVES, Björn. **Design science research genres: introduction to the special issue on exemplars and criteria for applicable design science research**. 2018.

PHILIPSON, Graeme. A Green ICT Framework: Understanding and measuring green ICT. **New South Wales: Connection Research**, 2010.

PIGOSSO, Daniela CA; MCALOONE, Tim C. Maturity-based approach for the development of environmentally sustainable product/service-systems. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 15, p. 33-41, 2016.

POLI, Federico et al. Proposal of a framework for a Sustainability Maturity Model. In: **XIX Summer School “Francesco Turco”**. 2014. p. 367-372.

POPE, Catherine; ZIEBLAND, Sue; MAYS, Nicholas. Analysing qualitative data. **Bmj**, v. 320, n. 7227, p. 114-116, 2000.

PRADO, Darci. **Maturidade em gerenciamento de projetos**. Falconi Editora, 2016.

RAO, Purba. Greening production: a south-east Asian experience. **International Journal of Operations & Production Management**, 2004.

RAO, Purba; HOLT, Diane. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance?. **International journal of operations & production management**, 2005.

RASMUSSEN, Neil. Implementing energy efficient data centers. **American Power Conversion**, 2006.

REEFKE, Hendrik; AHMED, M. Daud; SUNDARAM, David. Sustainable supply chain management—Decision making and support: The SSCM maturity model and system. **Global Business Review**, v. 15, n. 4\_suppl, p. 1S-12S, 2014.

RIDLEY, Diana. The literature review: A step-by-step guide for students. Sage, 2012.

ROMERO, David; MOLINA, Arturo. Towards a sustainable development maturity model for Green Virtual Enterprise Breeding Environments. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 47, n. 3, p. 4272-4279, 2014.

SALLES, A. C., ALVES, A. P., DOLCI, D., & LUNARDI, G. Tecnologia da informação verde: um estudo sobre sua adoção nas organizações. **RAC-Revista de Administração Contemporânea**, v. 20, n. 1, 2016.

SALLES, Ana Carolina et al. Adoção de práticas de TI verde nas organizações: Um estudo baseado em mini casos. In.: **EnADI**, 2013.

SALLES, Ana Carolina; LUNARDI, Guilherme Lerch; THOMPSON, Fabiano. A Framework Proposal to Assess the Maturity of Green IT in Organizations. **Sustainability**, v. 14, n. 19, p. 12348, 2022.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. B. **Metodologia de pesquisa**. São Paulo: Penso Editora Ltda, 2013.

SCHMITTER, Philippe. The design of social and political research. **Approaches and Methodologies in the Social Sciences**, p. 263, 2008.

SHARMA, Shivangi; SHARMA, Gaurav. A review on secure and energy efficient approaches for green computing. **International journal of computer applications**, v. 138, n. 11, 2016.

SHOKOUHYAR, Sajjad; NOORBAKHS, Alireza; AALIREZAEI, Armin. Evaluation of Green IT services with Fuzzy Screening approach. **Australasian Journal of Information Systems**, v. 21, 2017.

SILVA, G. P. da. **Desenho de Pesquisa**. Brasília: Escola Nacional de Administração Pública (Enap), 2018.

SILVIUS, J. G.; Schipper, R. “**Developing a Maturity Model for Assessing Sustainable Project Management**,” *The Journal of Modern Project Management*, vol. 3, no. 1, pp. 17-27, 2015

SINGH, Monika; SAHU, Ganesh Prasad. **Towards adoption of Green IS: A literature review using classification methodology**. *International Journal of Information Management*, v. 54, p. 102147, 2020

SLAPER, Timothy F.; HALL, Tanya J. The triple bottom line: What is it and how does it work. **Indiana business review**, v. 86, n. 1, p. 4-8, 2011.

SMALL, Mario Luis. How to conduct a mixed methods study: Recent trends in a rapidly growing literature. **Annual Review of Sociology**, v. 37, p. 57-86, 2011.

SRAI, Jagjit S.; ALINAGHIAN, Leila S.; KIRKWOOD, David A. Understanding sustainable supply network capabilities of multinationals: A capability maturity model approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, v. 227, n. 4, p. 595-615, 2013.

STANDING, Craig; JACKSON, Paul. An approach to sustainability for information systems. **Journal of systems and Information Technology**, 2007.

STEBBINS, Robert A. **Exploratory research in the social sciences**. Sage, 2001.

SULAIMAN A., MUZAMIL N. M., SHAHIN D., 2015, Impact of adoption of Green IT practices on organizational performance, in: **Quality and Quantity Springer**, 1(1), p. 1-20.

TEIXEIRA FILHO, José Gilson de Almeida. MMPE-SI/TI (Gov)-Modelo de maturidade para planejamento estratégico de SI/TI direcionado às organizações governamentais brasileiras baseado em melhores práticas. 2010. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

THOMAS, Manoj; COSTA, Daniela; OLIVEIRA, Tiago. Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption. *Information Systems Frontiers*, v. 18, n. 4, p. 693-710, 2016.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

TUSHI, Bonny; SEDERA, Darshana; RECKER, Jan. **Green IT segment analysis: An academic literature review**. 2014.

UK HM Government, UK HM Government Green ICT Maturity Model. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/green-ict-maturity-model>, 2013.

UNHELKAR, Bhuvan. **Green IT strategies and applications: using environmental intelligence**. CRC Press, 2016.

VALLADARES, Paulo Sergio Duarte de Almeida; VASCONCELLOS, Marcos Augusto de; SERIO, Luiz Carlos Di. Capacidade de inovação: revisão sistemática da literatura. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 18, n. 5, p. 598-626, 2014.

VAN AKEN, Joan E. Management research based on the paradigm of the design sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of management studies**, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2001.

VAN AKEN, Joan Ernst. Design science and organization development interventions: Aligning business and humanistic values. **The Journal of Applied Behavioral Science**, v. 43, n. 1, p. 67-88, 2007.

VAN AKEN, Joan; CHANDRASEKARAN, Aravind; HALMAN, Joop. Conducting and publishing design science research: Inaugural essay of the design science department of the Journal of Operations Management. **Journal of Operations Management**, v. 47, p. 1-8, 2016.

VENABLE, John; PRIES-HEJE, Jan; BASKERVILLE, Richard. FEDS: a framework for evaluation in design science research. **European journal of information systems**, v. 25, n. 1, p. 77-89, 2016.

VENKATESH, Viswanath; BROWN, Sue A.; SULLIVAN, Yulia. Guidelines for conducting mixed-methods research: An extension and illustration. **Venkatesh, V., Brown, SA, and Sullivan, YW "Guidelines for Conducting Mixed-methods Research: An Extension and Illustration," Journal of the AIS (17: 7)**, p. 435-495, 2016.

VERRIER, Brunilde; ROSE, Bertrand; CAILLAUD, Emmanuel. Lean and Green strategy: the Lean and Green House and maturity deployment model. **Journal of cleaner production**, v. 116, p. 150-156, 2016.

VIEIRA, Marcelo Milano Falcao; ZOUAIN, Deborah Moraes. **Pesquisa qualitativa em administração**. Rio de Janeiro: FGV, p. 13-28, 2004.

VYKOUKAL, Jens; WOLF, Martin; BECK, Roman. Does green IT matter? Analysis of the relationship between green IT and grid technology from a resource-based view perspective. **PACIS 2009 proceedings**, p. 51, 2009.

VYKOUKAL, Jens; WOLF, Martin; BECK, Roman. Does green IT matter? Analysis of the relationship between green IT and grid technology from a resource-based view perspective. **PACIS 2009 proceedings**, p. 51, 2009.

WANG, Xuequn; BROOKS, Stoney; SARKER, Saonee. Understanding Green IS Initiatives: A Multi-theoretical Framework. **CAIS**, v. 37, p. 32, 2015.

WATI, Yulia; KOO, Chulmo. The green IT practices of Nokia, Samsung, Sony, and Sony Ericsson: content analysis approach. In: **2010 43rd Hawaii International Conference on System Sciences**. IEEE, 2010. p. 1-10.

WATSON, R. BOUDREAU, M.; CHEN, A. Information systems and environmentally sustainable development: Energy informatics and new directions for the IS community. **MIS Quarterly**, v. 34, n. 1, 2010.

WIESNER, I. Pascal Vennesson and Ina Wiesner. **Routledge Handbook of Research Methods in Military Studies**, p. 92, 2014.

WILCOXSON, L.; FITZGERALD, E. P. The nature and role of management research in Australia and New Zealand. In: **ANZAM Conference**. 2001.

WIMMER, Wolfgang et al. **ECODESIGN - A Vantagem Competitiva** . Springer Science & Business Media, 2010.

WRIGHT, Rick W. et al. How to write a systematic review. **Clinical Orthopaedics and Related Research®**, v. 455, p. 23-29, 2007.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso-: Planejamento e Métodos**. Bookman editora, 2015.

YOON, Cheolho. Extending the TAM for Green IT: A normative perspective. **Computers in Human Behavior**, v. 83, p. 129-139, 2018.

ZAMPIER, Márcia; STÉFANO, Silvio. **Metodologia da pesquisa**. 2013. Disponível em: <http://repositorio.unicentro.br:8080/jspui/handle/123456789/1279>

ZHU Q., SARKIS J., The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 18, p. 433–435, 2007.

## APENDICE A

- **Roteiro Semiestruturado de entrevistas (estudo de caso)**

<b>DIMENSÃO: ORGANIZACIONAL</b>
1. Existe algum alinhamento entre objetivos de sustentabilidade (econômica, ambiental e social) aos objetivos tradicionais de negócios?
2. Existe algum alinhamento entre os objetivos pautados na sustentabilidade associado ao desenvolvimento da estrutura organizacional geral?
3. Você considera a TI uma área estratégica do negócio/empresa? Por quê?
4. Existe algum alinhamento entre os objetivos pautados na sustentabilidade associado ao desenvolvimento da estrutura organizacional de TI/TI Verde?
5. Existe algum alinhamento entre os objetivos de tecnologia (plano de tecnologia da organização) com objetivos estratégicos da empresa com foco em sustentabilidade? Ex.: nível de desenvolvimento de tecnologias limpas/inovadores/green, adoção, uso e difusão da tecnologia e gestão/governança da TI Verde, entre outros.
6. Qual é o papel da TI em si nessa organização? Você acredita que ela pode ativar a estratégia verde/estratégia de sustentabilidade da empresa?
7. Na sua opinião como a área de TI pode ativar a estratégia verde/estratégia de sustentabilidade da empresa?
8. Existe algum mecanismo/recurso disponível pela/na estrutura organizacional que possam contribuir para tornar a TI mais verde/ambientalmente correta?
9. A empresa utiliza os mecanismos/recursos disponíveis pela/na estrutura organizacional para traçar diferentes estratégias com o foco em tornar sua TI mais verde/ambientalmente correta?
10. Existe algum indicador (quantitativo/qualitativo) como, por exemplo, qualidade, produtividade, inovação e aprendizagem organizacional, desempenho ambiental e social, entre outros para avaliação da TI Verde?
11. Qual o objetivo destes indicadores? O que buscam medir? Onde se aplica o resultado destas medições?
12. Você acredita que esses indicadores podem auxiliar na compreensão das variáveis que envolvem o processo de tomada de decisão para avaliar benefícios versus custos de uma TI Verde?
13. Você acredita que estes indicadores podem influenciar (positiva ou negativamente) a adoção de TI Verde na empresa?
14. Você considera que a TI/TI Verde tem uma perspectiva multidimensional, isto é, que inclui além dos aspectos de tecnologia? Ex.: equilíbrio ambiental, política, tecnologia, aquisição e consumo de produtos/serviços (de TI e outros), impacto no marketing, manufatura e recursos utilizados pela organização.
15. Em uma perspectiva mais ampla, você acredita que a TI contempla que tipos de recursos para ser implementada na organização?
16. Nesta perspectiva ampla, você acredita que o alinhamento de recursos (conjunto de recursos disponíveis) é importante para que a TI garanta suporte no atendimento de objetivos individuais, de grupos/áreas e do negócio como um todo?
17. No seu caso, quais seriam os recursos necessários, além dos recursos de tecnologia (hardware e software), recursos organizacionais (humanos, informação, capital, infraestrutura formal e informal, entre outros) para garantir o atendimento dos objetivos de negócios?

18. Como é o comportamento da organização no que tange à maneira pela qual as tecnologias são adotadas e/ou desenvolvidas e como elas são utilizadas?
19. Existe algum esforço adicional da empresa ou recurso mobilizado para adotar novas tecnologias/ processos verdes? Ex.: treinamento, equipe qualificada; serviços de apoio, desenvolvimento de novos arranjos, políticas e incentivos organizacionais para permitir o gerenciamento e o uso eficazes de novas tecnologias.
20. Que fatores/variáveis institucionais/organizacionais podem motivar a adoção de TI Verde na empresa?
21. Que fatores/variáveis institucionais/organizacionais podem motivar a adoção e o uso de TI Verde, na perspectiva dos usuários, na empresa?
22. Existe alguma ação/estratégia organizacional que pode estimular ou inibir a implementação de práticas de TI Verde na empresa?
23. Depois da decisão de implementar uma TI Verde, como é o comprometimento da organização com a adoção de TI Verde?
24. Existe o desenvolvimento de medidas de engajamento para incentivar mudanças no método de trabalho, para que as iniciativas em sustentabilidade ambiental possam ser favorecidas?
25. Você acredita que as estratégias ou iniciativas organizacionais em torno da sustentabilidade podem formar e desenvolver crenças e atitudes positivas em relação à TI verde?
26. Você acredita que as estratégias ou iniciativas organizacionais em torno da sustentabilidade podem atenuar o impacto negativo da TI na empresa?
<b>DIMENSÃO: TECNOLOGIA</b>
1. A empresa adota práticas e tecnologias (SI/TI Verde) com ênfase na eficiência e redução do impacto ambiental?
2. A empresa compra, adota, faz uso e gerencia sua TI?
3. A empresa compra, adota, faz uso e gerencia alguma TI limpa e eficiente (TI Verde)?
4. A empresa adota práticas e tecnologias verdes em processos de negócios inter-relacionados que propiciam e incentivam o desenvolvimento de TI Verde?
5. A empresa faz a incorporação de princípios de TI Verde no desenvolvimento de arquitetura de <i>hardware</i> e <i>software</i> ?
6. A empresa difunde práticas de TI Verde em todos os níveis organizacionais (operacional/tático/ estratégico)?
7. Extensão da aplicação do conceito de TI Verde além das fronteiras organizacionais, incluindo a articulação com <i>stakeholders</i> e parceiros de negócio para desenvolver e gerenciar o ciclo de vida da TI?
8. Quais são as principais motivações da empresa para adotar um novo tipo de tecnologia?
9. A empresa está ciente de como diferentes tecnologias podem operar de forma mais eficiente?
10. A empresa possui equipamentos mais eficientes em termos de energia?
11. A empresa implementa estratégias para melhorar o uso de produtos de informática (função de hibernação, refrigeração, área física, virtualização)?
12. A empresa aposenta equipamentos de informática ineficientes energeticamente?
13. A empresa gerencia o consumo de energia de diferentes tecnologias de informática?
14. A empresa gerencia o desempenho de equipamentos de informática?
15. A empresa controla o uso da impressora pelos funcionários?
<b>DIMENSÃO: ECONÔMICO</b>

1. A empresa sente a necessidade de maior eficiência de TI e a busca de economias de custo tangíveis nas operações, tanto no nível da TI quanto no nível organizacional?
2. A empresa considera atrativa a possibilidade de atender demandas de clientes garantindo eficiência e sustentabilidade (operações/processos verdes) e expansão dos resultados financeiros (lucro, retorno sobre o investimento)?
3. A empresa considera atrativa a possibilidade de aumentar seu valor de mercado, a partir da percepção favorável dos consumidores e da sociedade em torno da imagem de uma organização ambientalmente correta/com preocupações sustentáveis?
4. A empresa conta com disponibilidade de recursos financeiros para inovar, desenvolver e adquirir tecnologias mais limpas/verdes?
5. A empresa dispõe de recursos financeiros para implementar práticas que auxiliam na medição e monitoramento do impacto socioambiental das suas operações?
6. Quais seriam as principais motivações para investir em TI Verde?
7. A empresa prioriza estratégias ambientais que privilegiam, além da economia de custos, o atendimento de demandas socioambientais?
8. A empresa considera em seu planejamento financeiro o custo/nível de investimento para 'esverdear' a TI ao longo do tempo?
9. A empresa busca alternativas para reduzir custos de TI?
10. Existe algum nível de investimento (%) que a empresa está disposta a despende com o melhoramento da sua TI?
11. A empresa assume algum nível de exposição ao risco (%) ao adotar práticas de TI Verde?
12. A empresa está disposta a investir em TI Verde e sustentabilidade motivada por preocupações socioambientais mais amplas, mesmo que os benefícios econômicos não sejam tangíveis a curto prazo?
13. A empresa leva em consideração requisitos ambientais e/ou sociais no momento de selecionar algum fornecedor para suas operações?
14. A empresa faz alguma aquisição de equipamentos/tecnologia considerando requisitos ambientais?
15. A empresa fez suas últimas aquisições tecnológicas levando em consideração a eficiência energética?
16. A empresa controla os custos com manutenção dos equipamentos de informática?
<b>DIMENSÃO: AMBIENTAL</b>
1. A empresa tem preocupação/sensibilidade com demandas ambientais e com o impacto das suas operações organizacionais no contexto ambiental?
2. A empresa tem políticas e estratégias ambientais bem definidas?
3. A empresa utiliza algum mecanismo para mensuração do impacto ambiental das suas operações de TI (adoção de práticas de monitoramento por meio do uso de TI no monitoramento do consumo de energia e pegada ambiental)?
4. A empresa já identificou focos de desperdício nas suas operações de TI?
5. A empresa já reduziu o desperdício e aumentou a eficiência das operações envolvendo TI?
6. Quais práticas de TI utilizadas pela empresa podem ser consideradas verdes?
7. Qual prática de TI, utilizada pela organização, você considera mais danosa para o meio ambiente?
8. A empresa está reduzindo o impacto ambiental proporcionado pela TI?

9. Existe alguma pré-disposição para o consumo green (adoção de políticas de compras de TI Verde com diretrizes ecológicas e ambientais claras para comprar equipamentos e serviços de TI e outros)?
10. Existe alguma influência dos problemas/questões ambientais nas decisões estratégicas e operacionais em torno da aquisição, adoção, uso e desenvolvimento de TI?
11. A empresa possui algum tipo de política abrangente de TI Verde (Foco na TI Verde e não somente na TI)?
12. A empresa conhece o ciclo de vida da TI que utiliza?
13. A empresa faz a gestão do ciclo de vida de TI (combinação de políticas, práticas e tecnologias)?
14. A empresa possui estratégias e políticas de uso dos recursos naturais (água, luz, papel)?
15. A empresa consegue consolidar as práticas de TI Verde desenvolvidas e/ou implementadas pela/na organização?
16. A empresa realiza auditoria ambiental através do uso de TI para monitoramento e controle do consumo de recursos naturais utilizados pela organização?
17. A empresa busca parceiros de negócios que tenham preocupações ambientais?
18. A empresa pode ser considerada ambientalmente sustentável?
<b>DIMENSÃO: SOCIAL</b>
1. A empresa possui compromisso com o objetivo da sustentabilidade em termos de equidade ambiental, isto é, garantir que suas operações não anulem o direito igual de todas as pessoas aos recursos ambientais (responsabilidade social de uma empresa pelas gerações futuras)?
2. A empresa possui alinhamento dos objetivos de negócios com os de responsabilidade social corporativa?
3. De forma geral, a empresa contribui de alguma forma para cumprir objetivos de responsabilidade social/problemas compartilhados pela sociedade?
4. A empresa monitora o impacto social de suas operações?
5. A empresa busca desenvolver/desenvolve uma articulação com as partes interessadas (stakeholders) das comunidades globais e locais a respeito das demandas ambientais (diretas e indiretas)?
6. Qual é a contribuição da organização com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS)?
7. Qual é a contribuição da organização com os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), ao analisar a TI Verde como estratégia para esverdear negócios e minimizar impactos sociais além dos ambientais?
8. A empresa busca o desenvolvimento de uma consciência socioambiental coletiva?
9. A empresa busca o desenvolvimento de uma consciência socioambiental que se preocupa com as demandas dos <i>stakeholders</i> ?
10. A empresa busca desenvolver/criar canais para articulação/engajamento da comunidade como forma de atender as demandas sociais e dos seus <i>stakeholders</i> por meio de um esforço compartilhado?
11. A empresa utiliza algum tipo de tecnologia colaborativa para a mobilizar a sociedade em torno das demandas ambientais e sociais?
12. A empresa contribui com outras organizações ou organizações não-governamentais (ONGs) para alcançar objetivos compartilhados pela sociedade?

13. A empresa considera que gera valor para a sociedade e tem dela o seu reconhecimento/aceitação social ao gerar benefícios/resultados qualitativos conciliados com o desempenho econômico e as expectativas em torno das preocupações ambientais?

**DIMENSÃO: MERCADO**

1. A empresa estende a aplicação do conceito de TI Verde além das fronteiras organizacionais (mercado), incluindo a articulação e o desenvolvimento da cadeia de suprimentos?

2. A empresa acredita que a adoção de novas tecnologias ou práticas de sustentabilidade (aplicada a TI diretamente ou indiretamente) contribui para a definição de novas premissas para o mercado competidor?

3. A empresa conhece o seu mercado competidor e analisa as ações do concorrente em termos de adoção de práticas de sustentabilidade/TI Verde?

4. A empresa exerce, de algum modo, pressão nos fornecedores de TI para que estes adotem práticas de sustentabilidade/TI Verde, incentivando a adesão de mudanças nas operações e nos valores da sua cadeia de suprimentos/distribuição – *green supply chain*)?

5. A empresa sofre pressão dos fornecedores de TI para adotar práticas de sustentabilidade/TI Verde, uma vez que pode ser influenciada pelas práticas e operações da sua cadeia de suprimentos?

6. A empresa lida com pressão de clientes/consumidores que exigem produtos ecologicamente corretos/ green/mais limpos?

7. A empresa lida com pressões do ambiente regulatório (políticas públicas e regulamentos que podem pressionar organizações a adotar postura mais sustentável – Ex.: programas de reciclagem, gestão do ciclo de vida de produtos, descarte correto de equipamentos eletrônicos)?

8. A empresa conhece algum tipo de incentivos governamentais (ex.: políticas e benefícios fiscais) que incentivam práticas de sustentabilidade?

9. A empresa adere a algum tipo de incentivo governamental ou regulatório para tornar suas operações mais sustentáveis?

10. A empresa busca associações da indústria/parceiros de negócios que possam colaborar para o desenvolvimento de Tecnologias Sustentáveis (articulação com os stakeholders)?

11. A empresa busca melhorar o nível de inovação de suas tecnologias?

12. De que maneira a empresa adota inovações em suas operações de TI?

13. A empresa possui conhecimento das tecnologias de informática mais limpas e eficientes do mercado?

14. A empresa busca identificar casos de outras empresas que economizaram energia e dinheiro por meio do uso de tecnologias informáticas mais limpas?

15. A empresa usa diferentes fontes para identificar tendências computacionais mais limpas e econômicas (seminários, livros, artigos, consultoria)?

16. A empresa se preocupa em melhorar o desenvolvimento de cadeia de suprimentos, tornando-a mais verde, para que juntos os parceiros de negócios possam desenvolver produtos, processos e tecnologias verdes, mais eficientes e econômicas?

17. A empresa acredita que é possível desenvolver vantagens competitivas a partir da capacidade organizacional em desenvolver oportunidades de mercado com foco em produtos/serviços ecologicamente corretos/sustentável?

