

ADOÇÃO DA TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO VERDE EM UNIVERSIDADES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Denys Fernandes Mesquita (Universidade Federal de Goiás)

Symone Gomes Soares Alcalá (Universidade Federal de Goiás)

Maico Roris Severino (Universidade Federal de Goiás)



Sustentabilidade é um tema bastante discutido nos últimos anos, chamando a atenção do setor industrial, empresarial, governamental, e também da comunidade acadêmica. Neste contexto, a Tecnologia da Informação (TI) pode ser considerada uma das grandes geradoras de impactos no meio ambiente, tanto pelo elevado consumo de energia, quanto pelo lixo eletrônico gerado por equipamentos que rapidamente tornam-se obsoletos. Com a convergência dos temas de TI e sustentabilidade, surgiu o termo TI Verde, que consiste na utilização sustentável da TI, buscando reduzir o impacto ambiental em todas as etapas do seu ciclo de vida, desde a produção até o descarte adequado. Assim como qualquer outra instituição, as universidades também geram impactos socioambientais e também possuem um papel fundamental na adoção e disseminação destes conceitos. Desse modo, este artigo realiza uma revisão sistemática da literatura acerca do tema TI verde e a sua adoção em universidades, a partir das práticas e resultados relatados em artigos científicos. Esta revisão foi realizada através de consultas às bases Web of Science e Scopus, e a utilização de um protocolo de seleção dos artigos considerados mais relevantes de acordo com a temática. Após a execução do protocolo, foram identificados oito artigos de diferentes nacionalidades, que relataram a prática de ações como o descarte sustentável de lixo eletrônico, a adoção de data centers em nuvem, a virtualização de servidores, assim como análises comportamentais sobre as dificuldades e benefícios da adoção da TI verde em ambientes universitários. Com base no trabalho realizado, é possível afirmar que o tema vem sendo discutido nos últimos anos, no entanto, os esforços para atender essa demanda ainda são limitados. Deste modo, o presente trabalho poderá contribuir com o tema promovendo um maior conhecimento sobre as práticas de TI Verde nas Universidades.

Palavras-chave: TI Verde, Computação Verde, Sustentabilidade, Universidades.

1. Introdução

A atenção dada às questões ambientais são cada vez mais recorrentes nos processos de gestão. O surgimento de novas políticas de gestão ambiental nas organizações e a crescente integração entre os sistemas produtivos e a sustentabilidade acabam incentivando a busca por métodos de produção ambientalmente corretos. Além disso, cada vez mais têm sido estabelecidos e aplicados padrões de produção que atendam mercados cada vez mais exigentes nesse quesito, fator que tem influenciado instituições públicas e privadas a implementarem princípios de gestão ambiental em suas práticas de trabalho (NASCIMENTO, 2012).

A temática da sustentabilidade é abrangente e envolve diversas áreas do conhecimento, sendo que sua relação com a Engenharia de Produção é bastante estreita. Conforme apontado por Xavier *et al.* (2015), a aplicação da Engenharia de Produção pode ser muito útil na gestão da sustentabilidade em empresas, uma vez que suas práticas podem contribuir significativamente para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis que sejam viáveis economicamente.

A implementação de práticas sustentáveis tem sido aplicada também na área de Tecnologia da Informação (TI). Segundo Hanelt *et al.* (2017), a TI pode influenciar diretamente a qualidade do meio ambiente, agindo como mediadora entre o comportamento humano e o impacto ambiental. Isso tem levado profissionais da área a adotarem práticas que visam reduzir desperdícios e impactos ambientais, bem como aumentar a eficiência dos processos relacionados à operação de computadores. Essas iniciativas são conhecidas como "TI Verde". A prática de TI Verde refere-se a um conjunto de ações sustentáveis relacionadas à produção, gerenciamento e descarte de equipamentos de informática, além de medidas que visam reduzir o consumo de energia elétrica e minimizar os impactos ambientais causados pelas atividades relacionadas a TI. Isso pode incluir a diminuição do uso de substâncias químicas na fabricação de equipamentos, o descarte adequado de eletrônicos por meio da reciclagem e reutilização de materiais sempre que possível, entre outras iniciativas. O propósito é reduzir o impacto ambiental das atividades de TI e promover uma atuação mais sustentável nesse setor (PARAÍSO *et al.*, 2009; SCHULZ; SILVA, 2012).

Quanto às organizações, Rosa e Smek (2017), em seu estudo, apontam que falta engajamento quanto à temática de sustentabilidade e TI Verde, tanto em relação à compreensão sobre os reais ganhos oriundos com a adoção de práticas sustentáveis, quanto às suas diferentes formas de aplicabilidade. Gianelli (2016) conclui que é preciso fortalecer a aplicação do conceito de TI verde internamente, para que assim, a implementação das práticas seja efetiva e haja a colaboração de todos para a conservação do meio ambiente.

Um ambiente propício para ter ganhos duplos são as universidades. Jabbour (2010) ressalta que as universidades, assim como qualquer outra instituição, também geram impactos socioambientais e, assim como no meio corporativo, as instituições de ensino também possuem um papel fundamental na disseminação destes conceitos.

Conforme mencionado por Rosa (2020), a TI é utilizada em universidades para facilitar operações, agilizar processos, fornecer tecnologias de pesquisa e contribuir para a formação de profissionais. Nesse sentido, Alshuwaikhat e Abubakar (2008) propõem a ideia de universidades sustentáveis, nas quais um campus deve ser saudável, economicamente próspero, conservar recursos naturais e promover esses valores para a sociedade, a fim de alcançar a sustentabilidade.

Neste contexto, pode-se inferir que ser um indivíduo ecologicamente responsável torna-se parte dos valores humanos, e as universidades, da mesma forma, precisam estar inseridas neste processo, considerando o crescente uso das ferramentas de TI em suas atividades, desde as relacionadas ao ensino até as administrativas. Por isso, a aplicação dos princípios da TI Verde é cada vez mais essencial para o desenvolvimento de um campus universitário sustentável.

Com essas considerações, o presente artigo busca responder à seguinte questão norteadora: como a adoção da TI Verde em universidades tem sido estudada pela comunidade científica? Ademais, tem-se como problema secundário a seguinte indagação: quais práticas de TI Verde são comumente adotadas pelas universidades?

Considerando o problema de pesquisa em questão, este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura sobre TI Verde e sua aplicação em universidades, a fim de investigar como o tema evoluiu até o ano de 2023, com a finalidade de orientar, facilitar, e incentivar a adoção de práticas sustentáveis de TI.

2. Metodologia

Galvão e Ricarte (2019) apontam que a revisão da literatura é uma atividade essencial no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos e científicos. Segundo os autores, a realização de uma revisão de literatura pode evitar a duplicidade de pesquisas ou, quando for de interesse, propiciar o reaproveitamento e a aplicação de pesquisas em diferentes escalas e contextos. Permite ainda observar possíveis falhas nos estudos realizados, conhecer os recursos necessários para a construção de um estudo com características específicas, desenvolver estudos que cubram brechas na literatura trazendo real contribuição para um campo científico, propor temas, problemas, hipóteses e metodologias inovadoras de pesquisa, otimizar recursos

disponíveis em prol da sociedade, do campo científico, das instituições e dos governos que subsidiam a ciência.

Uma revisão da literatura fornece informações sobre políticas e práticas em qualquer disciplina e é considerada uma ferramenta fundamental, usada para gerenciar a diversidade de conhecimentos, assim como para uma investigação de determinado assunto. Isso permite ao pesquisador mapear e avaliar o campo intelectual existente e especificar uma questão de pesquisa para desenvolver ainda mais o conhecimento existente (TRANFIELD *et al.*, 2003).

De acordo com Kitchenham (2007), a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), também conhecida como Revisão Sistemática (RS), é um método que visa analisar e interpretar toda a pesquisa relevante em relação a uma pergunta, tópico ou interesse específico.

Tendo em vista a existência de diferentes campos do conhecimento, vários autores têm buscado equacionar as tipologias possíveis de revisões sistemáticas. Desta forma, Siddaway *et al.* (2019) classificam as revisões sistemáticas em revisões sistemáticas com meta-análise, narrativas, e com meta-síntese.

Segundo os autores, quando o pesquisador deseja reunir muitos estudos que testaram empiricamente a mesma hipótese, é necessária uma revisão quantitativa, denominada de meta-análise. Assim, pode-se inferir que o foco da meta-análise é a estimativa, o relato de resultados quantitativos semelhantes, o exame dos mesmos construtos e relacionamentos, ou seja, ela analisa os estudos que seguem o mesmo desenho de pesquisa quantitativa. Desta forma, para desenvolver a análise sistemática dos artigos de pesquisa abordados neste trabalho, foram utilizados procedimentos metodológicos baseados nas revisões sistemáticas de literatura com meta-análise.

De acordo com Tranfield *et al.* (2003) e Kitchenham (2004), a realização de uma revisão sistemática é composta por três etapas: planejamento, condução e relatório dos resultados. Desta forma, o planejamento parte da identificação da necessidade de revisão, elaboração da proposta e elaboração do protocolo. A condução aborda a identificação da pesquisa, seleção dos estudos, avaliação da qualidade, extração e síntese de dados. A última etapa é a geração do relatório e recomendações, colocando as evidências em prática.

Para orientar todo o processo de revisão de literatura deste trabalho, foi definido um protocolo de pesquisa, considerando os seguintes itens: objetivo da pesquisa, data de execução, palavras-chave, área de estudo, escolha de bases de dados de busca, uso de *strings* para busca avançada, definição dos tipos de estudos aceitos na pesquisa, e principais itens a serem analisados nos artigos. O objetivo do protocolo é buscar estudos de caso de implementação de TI Verde em

universidades, assim como as práticas e resultados desta aplicação nos estudos analisados, considerando as seguintes questões de pesquisa:

- Quais são as principais razões para a adoção da TI Verde em universidades?
- Quais são as barreiras enfrentadas pelas universidades na adoção da TI Verde?
- Como as universidades estão implementando políticas e programas de TI Verde em suas operações?
- Como as universidades estão envolvendo seus estudantes e funcionários na adoção de práticas de TI Verde?
- Quais são as melhores práticas e estratégias para a adoção eficaz da TI Verde em universidades?

A pesquisa abrange publicações desde o ano 2000 até 2023 e foram selecionadas duas bases de dados reconhecidas na comunidade científica na procura de trabalhos, sendo elas: SCOPUS e Web of Science. A *string* de busca foi composta por palavras-chave e o uso de operadores lógicos "AND" e "OR", para o refinamento dos resultados e a combinação das palavras. O levantamento dos dados foi realizado no dia 17 de abril de 2023, e considerou apenas artigos como tipos de documento nos critérios de busca.

Para selecionar os resultados relacionados ao tema em questão, foram aplicados critérios de filtragem que restringem o Título, Resumo e Palavras-Chave aos termos "Green IT", "TI Verde", "TIC Verde", "Computação Verde" ou "Green Computing", combinados com os termos "Universidade" ou "University". As áreas de estudo dos trabalhos também foram delimitadas, de acordo com os filtros disponibilizados em cada base de pesquisa. Na Tabela 1 são apresentadas as *strings* utilizadas na pesquisa em cada base, assim como o quantitativo de artigos encontrados.

Tabela 1 - *Strings* utilizadas e quantitativo de artigos encontrados em cada base

Base de pesquisa	SCOPUS	Web of Science
String	TITLE-ABS-KEY(("Green IT" OR "Green Computing") AND ("University")) AND PUBYEAR > 2000 AND PUBYEAR < 2023 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENVI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar"))	((("Green IT" OR "TI Verde" OR "TIC Verde" OR "Computação Verde" OR "Green Computing") AND ("universidade" OR "University")) (Tópico) and Computer Science or Engineering or Telecommunications or Science Technology Other Topics or Environmental Sciences Ecology or Communication or Public Administration or Public Environmental Occupational Health (Áreas de pesquisa) and Artigo (Tipos de documento)
Artigos encontrados	49	15

Fonte: Autores

O processo de busca nas bases resultou em um total de 64 artigos. Após a busca inicial, foi realizado um processo de seleção de artigos, onde a primeira etapa partiu de uma comparação entre os títulos dos trabalhos encontrados nas duas bases, com o intuito de evitar a duplicidade de publicações encontradas em ambas as bases. Foram identificados e excluídos três artigos duplicados nesta etapa.

Na segunda etapa, considerando o título, os resumos e as palavras-chave dos trabalhos, foi realizada uma triagem de artigos onde foram selecionados apenas as pesquisas com relação direta com a temática da revisão de literatura proposta, excluindo estudos que envolvem a TI Verde relacionada a outros tipos de organizações que não sejam as universidades.

Por fim, na terceira e última etapa foi realizada uma leitura dinâmica dos artigos selecionados para avaliar os objetivos, métodos e resultados, com a finalidade de avaliar a adequação dos estudos aos objetivos do presente trabalho. Após a conclusão de todas as etapas, procedeu-se com a análise dos artigos escolhidos e a elaboração da síntese dos resultados, a qual será apresentada na seção seguinte.

3. Análise dos resultados

Os resultados iniciais da pesquisa revelaram que os primeiros artigos sobre o assunto foram publicados em 2009. A partir de 2017, observou-se um aumento significativo no número de publicações, indicando um possível aumento no interesse da comunidade acadêmica sobre o tema, bem como uma necessidade de mais informações sobre a adoção da TI Verde em universidades ao redor do mundo.

Após a aplicação do método de pesquisa, foram escolhidos 8 artigos para a avaliação e síntese dos resultados, os quais estavam diretamente ligados às questões norteadoras deste estudo. Os demais trabalhos foram excluídos porque não estavam relacionados ao tema em questão ou eram repetições de outros resultados já analisados. Dos artigos selecionados, três são da Ásia, sendo eles: (Dezdar, 2017), (Ahmed, 2018) e (Singhal *et al.*, 2019). Dois da Europa: (Latifah *et al.*, 2016) e (Sarac *et al.*, 2020). E por fim, três da América, (Dias *et al.*, 2017), (Batista e Souza, 2019) e (Marques *et al.*, 2019), sendo que todos os trabalhos do continente americano foram publicados por pesquisadores brasileiros.

Na Tabela 2 são apresentados os estudos selecionados, sintetizando os objetivos, métodos e resultados obtidos em cada obra.

Tabela 2 - Artigos selecionados

Referência	Objetivo	Método	Resultados
(LATIFAH <i>et al.</i> , 2016)	Investigar a implementação da estratégia de TI verde em uma universidade do Reino Unido.	O método utilizado para coletar os dados foi a entrevista, com o intuito de investigar a eficácia da implementação da TI Verde através dos benefícios obtidos.	A pesquisa forneceu recomendações, não só para a instituição citada como objeto de estudo, como para outras universidades com o intuito de incentivar a adoção da estratégia de TI Verde para serem ambientalmente eficazes e eficientes.
(DEZDAR, 2017)	Examinar os fatores que afetam a intenção de usar a TI verde e sua subsequente influência no uso entre estudantes no contexto de um país em desenvolvimento.	Os dados foram coletados usando questionários de pesquisa enviados a seis universidades públicas. Um total de 633 questionários válidos foram recebidos e analisados usando modelagem de equações estruturais.	A pesquisa ajudou a determinar os fatores críticos que contribuem para a adoção de TI verde por estudantes iranianos. Essas descobertas permitem que pesquisadores e profissionais de TI entendam o comportamento dos usuários de TI na adoção de TI verde.
(DIAS <i>et al.</i> , 2017)	Compreender como as pressões institucionais e as crenças ambientais de gestores influenciam a adoção da TI Verde.	Foi realizada uma pesquisa qualitativa, e os sujeitos da pesquisa são 10 gestores de instituições de ensino superior. A coleta de dados foi realizada por entrevistas e um <i>checklist</i> com práticas de TI Verde. A análise das entrevistas foi realizada por análise de conteúdo, e as respostas do <i>checklist</i> foram avaliadas pela frequência.	Sobre a sustentabilidade, oito gestores demonstraram preocupações com tais questões. Contudo, apenas três gestores tomaram iniciativas próprias; os demais entrevistados reportaram vivenciar barreiras como disfunções da burocracia e falta de apoio da alta gerência ao proporem ações relacionadas a TI Verde.
(AHMED, 2018)	Investigar os fatores de sucesso que afetam a adoção da computação verde em universidades dos países em desenvolvimento, especificamente em universidades nos Estados do Golfo.	O modelo proposto para este estudo baseia-se teoricamente em um <i>framework</i> que compreende três contextos que afetam a adoção de qualquer inovação de TI que são: tecnologia, organizacional e ambiental. Os dados foram coletados a partir de uma pesquisa realizada em 118 universidades.	Os resultados revelaram que os cinco maiores fatores de sucesso que afetam a adoção da computação verde nas universidades do golfo são: conscientização, vantagem relativa, suporte da alta administração, recursos adequados e políticas governamentais. Além disso, entre os três contextos propostos, o mais importante é o organizacional, seguido do ambiental e, finalmente, fatores de tecnologia.

(SINGHAL <i>et al.</i> , 2019)	Realizar uma pesquisa sobre lixo eletrônico para conscientização sobre os seus impactos e propor um modelo de nuvem eletrônica como solução para o problema para as instituições de ensino.	O trabalho proposto inclui um levantamento quantitativo do lixo eletrônico gerado sob amostras do Indraprastha College for Women, University of Delhi, para reunir informações para divulgação e conscientização sobre geração de lixo eletrônico e sua destinação. O estudo inclui abordagens quantitativas e qualitativas, juntamente com uma série de resultados compilados.	Com base na análise da pesquisa, os autores propuseram um modelo baseado em nuvem para as organizações educacionais para a redução do lixo eletrônico para a utilização eficaz e eficiente de recursos.
(BATISTA; SOUZA, 2019)	Compreender o processo de gestão de descarte responsável de equipamentos de informática na Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Campus José Ribeiro Filho, com vistas a propor melhorias, com base em premissas de TI Verde para a sustentabilidade, mais especificamente, quanto a premissa que inclui o descarte responsável.	Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza aplicada, finalidade descritiva, através de um Estudo de Caso. Os dados foram obtidos mediante entrevista semiestruturada aos servidores da UNIR lotados na Reitoria, Pró-reitorias, diretorias administrativas, diretorias dos órgãos acadêmicos e diretorias de órgãos suplementares do campus de Porto Velho.	Os resultados apontam que a gestão de descarte de equipamentos eletrônicos na instituição não aplica os métodos sustentáveis recomendados pela TI Verde no que se refere à destinação final dos equipamentos, e que o principal instrumento de descarte do lixo eletrônico é o desfazimento de bens por meio de leilão ou doação. Observou-se que a UNIR terceirizou o serviço de impressão, e adquire equipamentos cobertos por garantia de fábrica.
(MARQUES <i>et al.</i> 2019)	Propor um <i>framework</i> para ajudar universidades na adoção de ações relacionadas à TI Verde.	O <i>framework</i> proposto consiste em dez etapas alinhadas entre si e com os objetivos da TI Verde e destaca a possibilidade de usar simulação computacional para analisar as métricas. Para exemplificar a simulação, foi realizado um estudo de caso no contexto da TI Verde ligados a universidades sustentáveis. A avaliação de impacto ambiental mediu o consumo de energia elétrica, custo de energia e emissão de CO ₂ de três laboratórios de informática de uma universidade.	Ao medir as métricas ambientais, foi possível verificar o impacto ambiental quantitativo e identificar prováveis ações para monitorar e mitigar continuamente esses impactos. Além disso, por meio de uma simulação computacional, foi possível comparar cenários base já programados em uma avaliação anterior com cenários recém-gerados.
(SARAC <i>et al.</i> , 2020)	Realizar uma análise experimental sobre os aspectos econômicos e ambientais de virtualização de servidores, incluindo o valor comercial da virtualização.	Os autores analisaram o consumo de energia ao utilizar um número maior de servidores físicos, em oposição ao mesmo número de servidores virtuais.	As descobertas mostraram vantagens consideráveis do ecossistema virtual e de nuvem na forma de fornecimento e uso otimizados das estações de trabalho.

Fonte: Autores

Os estudos abordam o conceito de TI Verde, assim como a sua implementação em universidades de diferentes países, quais tecnologias podem ser utilizadas, e quais dificuldades e benefícios podem ser obtidos. Os métodos utilizados variam entre entrevistas, coleta de dados através de questionários, estudos de caso, simulações e utilização de *frameworks*, criados com a finalidade de apoiar a implantação da TI Verde.

Singhal *et al.* (2019) aborda o conceito de lixo eletrônico e seus impactos em uma universidade indiana. Os autores propõem um modelo baseado em nuvem para a redução do lixo eletrônico como solução para o problema para as instituições de ensino, com o intuito de conscientizar e promover a utilização eficaz e eficiente de recursos eletrônicos.

No mesmo contexto, Batista e Souza (2019) analisam a gestão de descarte de equipamentos eletrônicos de informática através de um estudo de caso em uma universidade brasileira. Com a análise realizada, foi verificado que a gestão de descarte de equipamentos eletrônicos na instituição não aplica os métodos sustentáveis recomendados. Assim, são propostas melhorias que também podem ser adotadas em outras universidades, com base em premissas de TI Verde para a sustentabilidade, mais especificamente, quanto a premissa que inclui o descarte responsável.

Já Sarac *et al.* (2020) realizam uma análise experimental abordando a virtualização de servidores, considerando aspectos econômicos e ambientais, assim como o valor comercial da virtualização. Os experimentos são realizados através de uma comparação do consumo de energia entre servidores físicos e virtuais, apresentando vantagens consideráveis do ecossistema virtual no fornecimento de serviços.

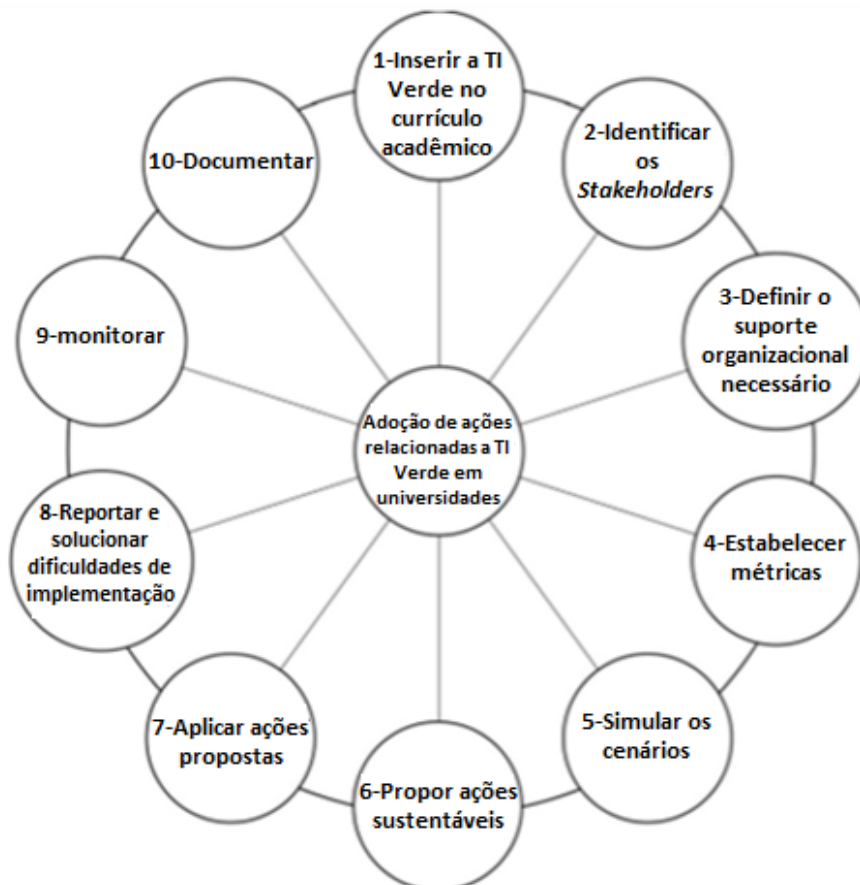
Em uma vertente diferente, outros autores abordam fatores comportamentais relacionados à adoção da TI Verde em instituições de ensino superior. Neste sentido, Dezdar (2017) utiliza um questionário de pesquisa enviados a seis universidades públicas iranianas, com a finalidade de examinar os fatores que podem influenciar na intenção da utilização da tecnologia da informação verde. Os resultados colaboraram na identificação de fatores críticos que contribuem para a adoção de TI verde pelos estudantes, permitindo que pesquisadores e profissionais de TI entendam o comportamento dos usuários na adoção de TI verde.

Os estudos de Dias *et al.* (2017) revelam que grande parte dos gestores demonstram preocupações com questões ambientais, porém, poucos tomam iniciativas próprias para tratar problemas relacionados ao tema. O mesmo trabalho mostra que parte dos entrevistados reportaram vivenciar barreiras como a burocracia e a falta de apoio da alta gerência ao proporem ações relacionadas a TI Verde.

Com o intuito de investigar os fatores de sucesso que afetam a adoção da computação verde em universidades, Ahmed (2018) elaborou um *framework* que compreende três contextos que influenciam na adoção de qualquer inovação de TI, sendo eles: tecnológico, organizacional e ambiental. Após uma ampla pesquisa, envolvendo 118 universidades, foi possível verificar que os cinco maiores fatores de sucesso que afetam a adoção da computação verde nas universidades envolvidas são: conscientização, vantagem relativa, suporte da alta administração, recursos adequados e políticas governamentais.

Partindo para uma abordagem mais prática da implantação de TI Verde em universidades, Marques et al. (2019) propõem um *framework* composto por dez etapas alinhadas entre si e com os objetivos da TI Verde e destacam a possibilidade de utilização da simulação computacional para analisar as métricas. Essas etapas são ilustradas na Figura 1.

Figura 1 - Etapas do *framework* proposto por Marques *et al.* (2019)



Fonte: Adaptado de Marques *et al.* (2019)

Marques *et al.* (2019) ainda destacam que todas as etapas devem estar alinhadas entre si e serem revisadas sempre que necessário para manter esse alinhamento. Uma breve descrição de cada passo é apresentada abaixo:

1. Currículo de TI Verde: é necessário desenvolver e incorporar conceitos relacionados à TI Verde no currículo acadêmico, desenvolvendo um senso de urgência em relação aos temas que lidam com a sustentabilidade;
2. Identificar *stakeholders*: a identificação dos *stakeholders* é essencial para o sucesso na adoção de ações sustentáveis. Eles serão responsáveis por estabelecer ações viáveis para o ambiente em estudo e por delegar responsabilidades e metas a grupos menores. É possível categorizar níveis como estratégicos e operacionais, atribuindo atividades de acordo com o escopo de ação desses agentes;
3. Definir o suporte organizacional necessário: os grupos responsáveis pela aplicação de medidas sustentáveis devem definir o suporte necessário (por exemplo, estrutura física, laboratórios, participação em aulas, etc.);
4. Estabelecer métricas: definir quais métricas serão utilizadas e estabelecer os indicadores que as controlarão;
5. Simular cenários: a simulação pode ajudar na avaliação dos cenários atuais e comparados com cenários futuros visando monitorar e reduzir continuamente os impactos gerados. Isso torna possível a definição de modelos de base que, com pequenos ajustes, podem ser utilizados para análise de outras simulações, facilitando a análise das métricas selecionadas pelos gestores universitários;
6. Propor ações sustentáveis: estabelecer ações sustentáveis que possam ser aplicadas no cenário estudado para promover a redução dos impactos ambientais identificados;
7. Aplicar as ações propostas: implementar as ações recomendadas no passo anterior para garantir que o foco seja mantido na obtenção de universidades sustentáveis;
8. Relatar e solucionar dificuldades de implementação: relatar as dificuldades é importante para evitar problemas futuros;
9. Monitorar: o monitoramento das ações implementadas é importante para melhorá-las e mantê-las;
10. Documentar: a documentação de todo o processo pode servir como guia para a manutenção de ações sustentáveis, a familiarização com o processo pelos novos membros da universidade, a facilidade de futuras modificações nos modelos desenvolvidos, e também como meio de organização e divulgação dos resultados.

Com o intuito de investigar a eficácia da implementação da TI Verde através dos benefícios obtidos, Latifah *et al.* (2016) realizaram um estudo com a utilização de entrevistas para a coleta de dados, que forneceu recomendações para universidades com o intuito de incentivar a adoção da estratégia de TI Verde para serem ambientalmente eficazes e eficientes. Dentre as recomendações apresentadas estão: serviço de armazenamento e processamento de dados em nuvem; criação de uma política sustentável de impressão de documentos; e utilização de ferramentas TI, como *softwares* de controle e automação para tornar o ambiente universitário mais sustentável.

4. Considerações finais

É notável o aumento do interesse da sociedade em relação às questões ambientais, o que leva a uma crescente busca por tecnologias sustentáveis e formas de implementá-las em diversos ambientes. Neste contexto, o presente artigo teve como objetivo pesquisar e analisar produções científicas sobre a adoção de práticas sustentáveis relacionadas à TI em universidades, por meio de uma revisão sistemática de artigos relacionados à área temática.

Com base na revisão de literatura realizada, é possível afirmar que o tema da sustentabilidade por meio da TI tem sido discutido na academia nos últimos anos, mas os esforços para atender a essa demanda ainda são limitados. A pesquisa mostrou que há uma quantidade reduzida de publicações que contribuem com o assunto, evidenciando a falta de trabalhos que possam auxiliar na adoção de ambientes e práticas de TI sustentáveis nas universidades.

Os artigos selecionados de acordo com os objetivos deste trabalho relatam estudos que podem ajudar a entender melhor o universo da TI Verde e as formas de aplicá-la na universidade. Foi possível verificar que existem diferentes técnicas para auxiliar a implementação da TI Verde. Mas geralmente as universidades iniciam o processo com a conscientização da comunidade acadêmica sobre as tecnologias sustentáveis, seguindo com a redução do consumo de energia de equipamentos eletrônicos utilizando políticas internas de gerenciamento de energia, virtualização de servidores, redução do lixo eletrônico e ferramentas para a utilização de data centers em nuvem.

Para a utilização de tais tecnologias, é necessário um investimento inicial em equipamentos e *softwares* para a migração de servidores para máquinas virtuais e serviços em nuvem, custos de licenciamento e treinamento da equipe envolvida. Porém, vários benefícios podem ser observados com o passar do tempo como o melhor uso do computador, padronização de hardware, diminuição do consumo de energia e melhorias no processo de compras de

equipamentos mais eficientes, o que pode viabilizar um rápido retorno do investimento realizado.

Para futuras pesquisas, sugere-se a realização de buscas em outras bases de dados nacionais e internacionais para identificar novos aspectos relacionados ao tema. Além disso, é importante aprimorar as ferramentas já existentes e promover um maior conhecimento sobre a adoção da TI Verde nas Universidades.

REFERÊNCIAS

AHMED, A. I. **Understanding the factors affecting the adoption of green computing in the Gulf universities.** International Journal of Advanced Computer Science and Applications, v. 9, n. 3, 2018.

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

BATISTA, W. DA S.; SOUZA, M. P. DE. **TI Verde: Processo de Gestão de Descarte de Equipamentos Eletrônicos de Informática na Universidade Federal de Rondônia.** REUNIR: Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade, 2019.

DA ROSA, M. R.; SMEK, D. J. **Práticas sustentáveis para utilização de recursos de TI na Administração Pública Federal.** Revista Gestão & Tecnologia, v. 17, n. 3, 2017.

DEZDAR, S. **Green information technology adoption: Influencing factors and extension of theory of planned behavior.** Social Responsibility Journal, v. 13, n. 2, 2017.

DIAS, G. F.; RAMOS, A. S. M.; NETO, R. A. S.; BASTOS, E. M. **Green information technology: A study in light of Belief-Action-Outcome theory.** ERA Revista de Administração de Empresas, v. 57, n. 6, 2017.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. **Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação.** Logeion: Filosofia da Informação, v. 6, n. 1, 2019.

GIANELLI, Á. **Práticas Sustentáveis em TI Verde no Instituto Federal de São Paulo: limites e possibilidades.** Unifae, 2016.

HANELT, A.; BUSSE, S.; KOLBE, L. M. **Driving business transformation toward sustainability: exploring the impact of supporting IS on the performance contribution of eco-innovations.** Information Systems Journal, v. 27, n. 4, 2017.

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

KITCHENHAM, B. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE, 2007.

LATIFAH, M. A.; Ah-Lian, K.; COLIN, P. **Effective Green IT Strategy in a UK Higher Education Institute**. IEEE 14th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 2016.

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

NASCIMENTO, E. P. DO. **Trajatória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico**. Estudos Avançados, v. 26, n. 74, p. 51–64, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100005&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 11 jul. 2022.

PARAÍSO, M. R. DE A.; SOARES, T. O. R.; ALMEIDA, L. A. DE. **Desafios e Práticas para a Inserção da Tecnologia da Informação Verde nas Empresas Baianas: um estudo sob a perspectiva dos profissionais de Tecnologia da Informação**. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 3, n. 3, 2009.

ROSA, M. R. DA. **Adoption of Green IT in the university environment: systematic review of sustainability practices in educational institutions**. AtoZ: novas práticas em informação e conhecimento, v. 9, n. 2, 2020.

SARAC, M.; ADAMOVIC, S.; STAMENKOVIC, D. **Experimental analysis of energy efficiency of server infrastructure in university datacenters**. Tehnicki Vjesnik, v. 27, n. 5, 2020.

SCHULZ, M. A.; SILVA, T. N. **TI Verde e Eficiência Energética em Data Centers**. Revista de Gestão Social e Ambiental, v. 6, n. 2, 2012.

SIDDAWAY, A. P.; WOOD, A. M.; HEDGES, L. V. **How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses**. Annual Review of Psychology, 2019.

SINGHAL, R. et al. **E-cloud: A solution towards E-waste management for educational institutions**. International Journal of Recent Technology and Engineering, v. 8, n. 2 Special Issue 6, 2019.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. **Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review**. British Journal of Management, 2003.