

Vol XV, Ano 15, Núm 1, jan-jun, 2022, pág. 31-51.

## CONCEITOS E PRÁTICAS DE TI VERDE: UM BREVE ESTADO DA ARTE

Marcello Batista Ribeiro  
Tania Suely Azevedo Brasileiro

### Resumo

Proteger o meio ambiente e ao mesmo tempo obter lucro é algo que muitas empresas desejam ter, porém, na maioria das vezes só pode figurar uma delas, fora algumas exceções. A Tecnologia da Informação Verde (TI Verde) é uma dessas exceções, pois agrega práticas que protegem o meio ambiente ao mesmo tempo em que traz lucro às empresas. Mas seus conceitos e práticas são novos e algumas delas ainda não são bem difundidas. O objetivo deste estudo foi identificar o conceito de TI Verde e mostrar suas diversas formas de atuação em relação a preservação do meio ambiente por meio de um breve estado da arte em trabalhos publicados no Portal de periódicos CAPES, classificados com Qualis A. Foi utilizado o método SSF para a seleção e análise desses artigos e os resultados demonstram uma carência de publicações nesta base de dados em língua portuguesa, em relação ao nível de qualificação adotado. Quanto as práticas com maior evidência nos artigos analisados, constatou-se que são a eficiência energética e as técnicas de virtualização. Com isto, pode-se concluir que as práticas de TI Verde concentram-se na mitigação de impactos ambientais e que o conceito de TI Verde ainda encontra-se em disputa pelos estudiosos sobre a temática.

Palavras chave: Estado da arte. TI Verde. Systematic Search Flow. RSL.

### Abstract

Protecting the environment and at the same time making a profit is something that many companies want to have, however, most of the time there can only be one of them, apart from a few exceptions. Green Information Technology (Green IT) is one of those exceptions, as it adds practices that protect the environment while bringing profit to companies. But their concepts and practices are new and some of them are not yet well known. The aim of this study was to identify the concept of Green IT and show its different forms of action in relation to the preservation of the environment through a brief state of the art in works published on the CAPES journals portal, classified with Qualis A. SSF method for the selection and analysis of these articles and the results show a lack of publications in this database in Portuguese, in relation to the level of qualification adopted. As for the practices with greater evidence in the analyzed articles, it was found that they are energy efficiency and virtualization techniques. With this, it can be concluded that Green IT practices are focused on mitigating environmental impacts and that the concept of Green IT is still in dispute by scholars on the subject.

Keywords: State of the Art, Green IT, Systematic Search Flow, SLR.

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade de redimensionar a relação ser humano e meio ambiente tem despertado a atenção dos governantes, da iniciativa privada, da comunidade científica, da mídia e da sociedade civil organizada. São muitos os problemas de ordem ambiental, entre os quais destacam-se o aquecimento global, as mudanças climáticas, a escassez de recursos naturais e os resíduos sólidos. Dentre os problemas citados, o aquecimento global vem se destacando na Internet. Segundo Silva e Paula (2009, p. 43), "um dos termos mais pesquisados em sites de busca e enciclopédias eletrônicas como Google™, Alta Vista™, Wikipédia e institutos de proteção ambiental como a agência Norte-americana de Proteção ambiental (ePa), é o aquecimento global".

Entre as principais atividades humanas que emitem grande quantidade de gases formadores do efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), causadoras do aquecimento global e, conseqüentemente, de mudanças climáticas, estão o uso de combustíveis fósseis para atividades industriais, a geração de energia, os transportes, a conversão do uso do solo, a agropecuária, o descarte de resíduos sólidos (lixo) e o desmatamento (WWF, 2017). Apesar de todos os esforços para a produção de energia limpa e renovável, grande parte da matriz energética mundial ainda utiliza a queima de combustível fóssil. Enquanto a geração de energia muda de forma incipiente para uma produção limpa, uma das alternativas para minimizar a emissão de CO<sub>2</sub> é economizar no consumo. Em resposta a toda esta problemática, novos saberes têm sido gerados para a área ambiental, no campo da ciência, para que o ser humano se relacione melhor, e de forma sustentável com o meio ambiente, inclusive na tecnologia da informação (SULAIMAN, 2011).

O crescimento do setor de Tecnologias da Informação (TI) e suas inovações são responsáveis por uma parcela de emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Segundo Murugesan (2008, p. 25), um "PC em uso gera cerca de uma tonelada de dióxido de carbono por ano". Só o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) representa atualmente entre 2 e 2,5% das emissões globais de CO<sub>2</sub> e continua crescendo rapidamente (TOMLINSON; SILBERMAN; WHITE, 2011).

É importante frisar que a TI está entrando em uma nova era, ou seja, a Internet da Coisas e a Indústria 4.0. A respeito da Internet das Coisas, Santaella *et al.* (2013, p. 10) afirma que ela se relaciona:

[...] à fase atual da internet em que os objetos se relacionam com objetos humanos e animais, os quais passam a ser objetos portadores de dispositivos computacionais capazes de conexão e comunicação. Nesse sentido, os objetos tendem a assumir o controle de uma série de ações do dia a dia, sem necessidade de que as pessoas estejam atentas e no comando.

É importante observar que alguns autores se referem a TIC como apenas TI (Tecnologia da Informação), o que pode causar confusão quanto a terminologia. A respeito do conceito de Tecnologia de Informação, Moura Junior e Helal (2014, p. 325) que diz:

O termo “Tecnologia da Informação” foi introduzido na literatura organizacional para enfatizar a convergência entre as áreas de computação e telecomunicações, e surgiu em meio a termos em uso como “ciência da computação”, “estudos em computação”, “sistemas de informação”, “processamento da informação”, “informática”, “análise de sistemas” e “processamento de dados”. Para os fins deste ensaio, adotar-se-á TI como nomenclatura que abarca diversos termos na área, inclusive TIC ou TICs.

A Internet das coisas serve como um dos pilares para sustentação de uma nova Revolução Industrial, ou seja, a Indústria 4.0, que deve estar focada não mais em apenas fabricar coisas, mas sim na fabricação customizada. As previsões sobre quanto a TI deve poluir o meio ambiente no futuro dependerão da velocidade com que a indústria 4.0 avançará até que se torne parte do cotidiano (COELHO, 2016).

É evidente que a Tecnologia da Informação (TI) trouxe ganhos para as organizações, principalmente no que se refere ao âmbito econômico. Porém, gerou também questionamentos que passaram a ser incorporados ao cotidiano das grandes indústrias e empresas, dentre eles: o que fazer com equipamentos obsoletos? De que forma descartá-los, tendo em vista não se tratar de lixo comum? O descarte inadequado gera impactos de grandes proporções ao meio ambiente com resíduos e com substâncias tóxicas, que tendem a dizimar diferentes espécies no planeta, afetando também a existência de microrganismos responsáveis pelo desenvolvimento da matéria viva, que mantém a produtividade e fertilidade dos solos. E, como consequência, já existem, em alguns lugares do mundo, problemas voltados a baixa produtividade agrícola e o surgimento de processos voltados para a desertificação.

Neste contexto, a TI verde pode impulsionar a expansão de um conjunto de políticas e práticas que tendem a garantir que as atividades de uma empresa atinjam o menor impacto ambiental possível. Mas o que realmente significa TI Verde? Quais seus conceitos e práticas? E como ela pode contribuir? Para responder a estes questionamentos buscou-se apresentar e discutir neste artigo um breve estado da arte

sobre o conceito de TI Verde e identificar suas práticas, anunciando formas variadas de atuação em prol da preservação do meio ambiente nos artigos Qualis A encontrados no portal de Periódicos CAPES. Para isso, utilizou-se uma revisão sistemática da literatura (RSL) em relação ao termo “*Green IT*”, TI Verde em inglês.

## 2. Revisão Sistemática de Literatura (RSL)

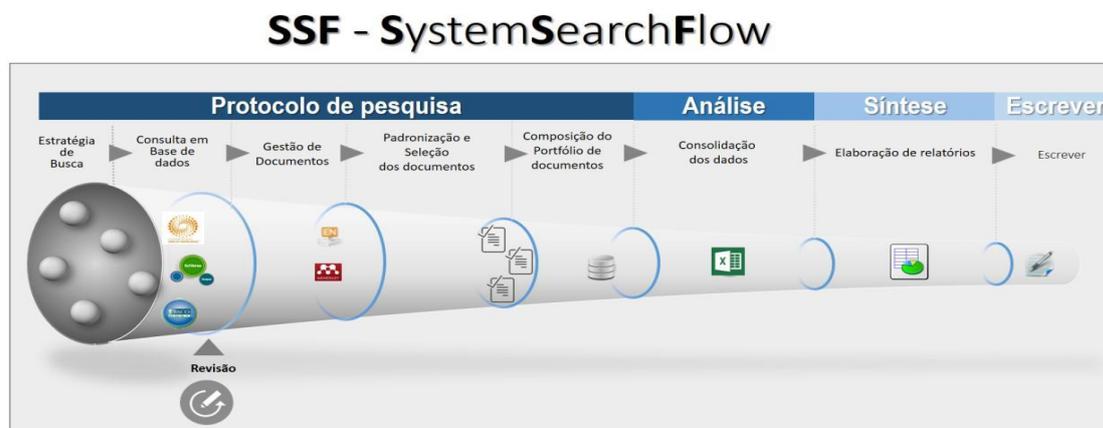
Conhecer em que ponto encontra-se o estado da arte e o que discutem os pesquisadores em uma área do conhecimento, não é uma tarefa fácil. Hoje é possível fazer uso de ferramentas de busca em bases de dados pelo mundo inteiro, porém o número de periódicos vem crescendo exponencialmente tornando o processo de pesquisa exaustivo, mesmo fazendo uso de ferramentas sofisticadas. Como é inviável selecionar e analisar todos os trabalhos encontrados, utiliza-se métodos que, quando aplicados corretamente, selecionam uma amostra dos principais trabalhos publicados sobre um determinado tema, proporcionando ao leitor uma noção a respeito do que está sendo discutido, pois no momento da revisão os pesquisadores identificam os autores que vêm escrevendo sobre o assunto abordado (FERENHOF; FERNANDES, 2016).

Um dos métodos utilizados para selecionar o conjunto de artigos chama-se Revisão Sistemática. Este tipo de revisão teve início na área de saúde, principalmente na medicina, onde eram selecionados artigos que tratavam sobre o mesmo procedimento cirúrgico. Com a leitura destes artigos os médicos podiam aprimorar suas técnicas ou identificar possíveis erros. Este tipo de revisão também se expandiu para outras áreas do conhecimento, sendo o mesmo aprimorado, podendo trazer um maior detalhamento e rigor no processo de sistematização.

Segundo Medina e Pailaquilén (2010), a Revisão Sistemática é um processo desenvolvido para identificar o núcleo de uma revisão de literatura de interesse, realizando a busca e extraindo o que é mais relevante de acordo com critérios analisados e respeitados por outros. Apesar de alguns autores descreverem como é realizada uma revisão sistemática de literatura, esta descrição normalmente não é feita com maiores detalhamentos. Pensando em preencher estas lacunas, foi criado o método Systematic Search Flow (SSF).

O método Systematic Search Flow (SSF) tenta solucionar a falta de detalhamento, principalmente do processo de como realizar uma busca. O SSF foi desenvolvido pelos cientistas da computação Hélio A. Ferenhof e Roberto F. Fernandes. Eles fizeram uso do trabalho de Jesson, Matheson e Lacey (2011), que serviu de base para a estruturação do método (FERENHOF; FERNANDES, 2016). A Figura 1 ilustra as atividades e fases do referido método.

Figura 1 - Representação do método SystemSearchFlow (SSF)



Fonte: Ferenhof e Fernandes (2016).

O método SSF é composto de 4 (quatro) fases: 1) definição do protocolo de pesquisa; 2) análise; 3) síntese; e, 4) escrita. A primeira fase é constituída de 5 (cinco) atividades, a saber:

- Atividade 1: que consiste na definição da estratégia de busca, onde são selecionados os descritores e montadas as equações de busca, usando operadores lógicos, que serão utilizados na busca;
- Atividade 2: onde é feita a consulta às bases de dados, onde o pesquisador faz uso das interfaces computacionais das bases de dados selecionadas para realizar as buscas;
- Atividade 3: que se destina a organizar as bibliografias, onde o uso de *softwares* organizadores de bibliografias e referências são essenciais tais como, Zotero®, EndNote®, dentre outros;
- Atividade 4: padronização dos artigos selecionados, sendo que nesta atividade ocorre a leitura de títulos, resumos e palavras-chave de cada artigo e,
- Atividade 5: onde é realizada a composição do portfólio de artigos, e é nesta etapa do processo onde todos os artigos são lidos na íntegra (FERENHOF; FERNANDES, 2016).

Na fase 2 – Análise do método *Systematic Search Flow (SSF)*, que se destina a consolidação dos dados, ocorre a Atividade 6. Nessa fase são conhecidos os artigos, *journals* e autores mais citados, além do ano que ocorreu o maior número de publicações sobre o tema pesquisado. A Atividade 7 ocorre na fase 3 – Síntese; nessa fase são construídas ilações sobre o tema e condensadas em relatório. Já na Fase 4 – Escrita do texto, a Atividade 8 encerra todo o processo, onde devem ser considerados os objetivos da pesquisa e as normas do evento ou *journal* onde o artigo produzido foi submetido (FERENHOF; FERNANDES, 2016).

Para responder aos questionamentos sobre TI Verde, realizados no início deste texto, foi aplicado o método SFF para identificar os principais trabalhos relacionados ao tema, no intuito de encontrar tais respostas. Quanto ao método, foram feitas algumas alterações em seu processo de aplicação. Na Fase 1 do método foram realizadas as Atividades de 1 a 4 como consta no método, porém, na Atividade 5 ocorreram alterações, que serão detalhadas adiante.

### 3. a rsl aplicada a ti verde

A pesquisa bibliográfica está baseada em artigos científicos, livros, teses e dissertações, disponibilizados de forma física ou digital, em língua portuguesa ou estrangeira. Porém, estas bibliografias não podem ser simplesmente selecionadas ao acaso. Segundo Lima e Miotto (2007, p. 38), “a pesquisa bibliográfica implica um conjunto ordenado de procedimentos de busca por soluções, atento ao objeto de estudo, e que, por isso, não pode ser aleatório”. Levando em consideração esta citação, foi adotada uma sistematização para a seleção da bibliografia da principal temática abordada nesse artigo - TI Verde, tendo sido aplicadas as Fases e Atividades do método *SSF*, que passamos a detalhar.

Na Atividade 1 foi montada a estratégia de busca. Neste momento, realizou-se a escolha do descritor “Green IT”, que significa TI Verde em inglês; não foram utilizados descritores em português, assumindo-se que os artigos pesquisados deveriam possuir *abstract* e *keywords*, o que torna possível a seleção dos mesmos com o descritor adotado. Não foram utilizados outros descritores com a finalidade de tornar a pesquisa o mais abrangente possível, deixando para o pesquisador a tarefa de fazer um filtro mais rigoroso. Somente os artigos nos idiomas inglês e português foram selecionados, considerando que os escritos em outras línguas e que tenham alto fator de impacto, em geral também têm suas versões na língua inglesa. Determinou-se também que, apenas artigos revisados por pares seriam considerados, com o intuito de garantir a qualidade dos textos selecionados. Cabe destacar que apenas artigos foram considerados na pesquisa, ou seja, todas as outras formas de publicação foram excluídas. Ficou decidido também que os artigos selecionados deveriam pertencer aos estratos Qualis<sup>1</sup> A1 e A2 da Capes.

Na Atividade 2 foi utilizado o Portal de Periódicos Capes, através de um acesso Café, fornecido pela Fundação Universidade Federal de Rondônia – UNIR. O Portal de Periódicos Capes foi escolhido considerando que o mesmo oferece acesso a textos completos disponíveis em mais de 38 mil publicações (CAPES-MEC, 2017). Não foi definida nenhuma base de dados, ou seja, a pesquisa foi realizada em todas as bases que se encontravam no Portal Capes, tendo em vista que o tema é interdisciplinar e pode ocorrer em qualquer das bases de dados. A seguir, passa-se a relatar, como informado nas Atividades 1 e 2, os resultados da busca pelo termo “Green IT”, entre aspas, no portal da CAPES<sup>2</sup>, partindo da aplicação de “nenhum” (zero) filtro, com resultado 4430 artigos selecionados, até a aplicação de idiomas, restando 450 artigos, conforme ilustrado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Demonstração da evolução da aplicação dos filtros e seus resultados**

Filtro do portal CAPES	Nº de artigos
Nenhum	4430

1 A estratificação da qualidade das produções é realizada pela CAPES, e é feita de forma indireta, ou seja, a qualidade dos artigos e de outros tipos de produção é feita a partir da análise da qualidade dos periódicos científicos e anais de eventos. Esses periódicos/Eventos são estratificados através dos indicativos de qualidade, sendo o A1, com o maior peso, seguido de A2; B1; B2; B3; B4; B5; até o C – com peso menor (zero) (CAPES, 2014).

2 A pesquisa na base de dados e o *download* dos artigos foram realizados nos dias 26 e 27/06/2017.

Periódicos Revisado p/ Pares	492
Refinado: Artigo	484
Idioma: Inglês e Português	450

**Fonte:** Elaboração própria (2017).

Com a finalização da pesquisa na Atividade 2, teve início a Atividade 3, onde as referências encontradas foram transportadas para um programa gerenciador de referências chamado Zotero®, que se instala, através de um *plugin*, no navegador FireFox® e no LibreOffice, automatizando o processo de citações e o manuseio de referências bibliográficas. A função do Zotero® nesta etapa foi eliminar os artigos repetidos, restando um total de 403, dos quais foi atribuído o Qualis a cada um dos artigos restantes. A distribuição dos mesmos pode ser observada no Tabela 2.

**Tabela 2 - Distribuição dos artigos usando o Qualis CAPES**

Qualis CAPES	Nº de artigos
A1	101
A2	100
Abaixo de Qualis A	158
Sem Qualis	44
Total	403

**Fonte:** Elaboração própria (2017).

Os artigos sem Qualis, ou abaixo do Qualis A, foram eliminados nesta Atividade, restando um total de 201, todos Qualis A1 ou A2, que foram copiadas do Zotero® para o LibreOffice Calc, visando um melhor manuseio dos dados.

Com a Atividade 4 teve início a leitura dos títulos e eliminação dos artigos que não estavam alinhados com o tema proposto; o mesmo procedimento foi realizado com os resumos. Ao fim desta atividade restaram 57 artigos na base de dados e deu-se então início a Atividade 5. Nesta Atividade acrescentou-se as citações de cada artigo selecionado e, posteriormente, todos foram classificados por ano e por citação. Os mesmos ainda foram filtrados pelo número de citações; para isso foram realizados os procedimentos a seguir: 1) 57 artigos foram classificados por ano, gerando blocos de artigos de mesmo ano; 2) cada bloco de ano de publicação foi classificado pelo número de citações, seguido do cálculo da mediana das mesmas; 3) os artigos de cada bloco de ano, que estavam abaixo de suas respectivas medianas, foram eliminados. Terminada a Atividade 5 restaram 32 artigos, que passaram a formar o portfólio utilizado neste estudo do estado da arte sobre TI verde<sup>3</sup>.

A Atividade 6 dá início a Fase 2 do método SSF. Nesta fase foram contabilizados os artigos, *journal*, o ano que houve mais publicações e os autores mais citados. Embora não tenha sido selecionado nenhum filtro de data das publicações no levantamento realizado, pode-se dizer que o portfólio gerado pela revisão sistemática é formado por arquivos recentes. Com isso, a grande maioria dos autores dos artigos

---

3 Dos artigos selecionados, 2 (dois) estão escritos em língua portuguesa e foram mantidos, apesar de que os mesmos ficaram abaixo da mediana pela regra de citação aplicada na Atividade 5; pretendeu-se dar visibilidade do que está sendo publicado, nos periódicos A1 e A2 do Qualis CAPES, sobre TI Verde no Brasil.

selecionados faz referência a outros autores quando se trata de conceituar TI Verde. Boa parte destes artigos menciona os trabalhos de Molla, um autor eliminado com a aplicação da metodologia utilizada. Já era esperado que muitos trabalhos relevantes fossem excluídos com o uso do método, mas isso é algo que pode ser revisto, tendo em vista que os artigos selecionados são apenas um ponto de partida para a pesquisa sobre a temática TI Verde.

Assim, dos 32 trabalhos selecionados, 20 são classificados com o Qualis A1 da CAPES e apenas 12 figuram entre os classificados com o Qualis A2. Com relação aos artigos classificados como A1 (ilustrados no Quadro 29), encontram-se 7 (sete) entre os mais citados (70%), sendo apenas 3 (três) (30%) dos artigos classificados como A2, o que reforça a seriedade da classificação realizada pela CAPES, ou seja, os artigos mais citados encontram-se na classificação mais significativa (Qualis A1).

É importante destacar que os autores praticamente não se repetem entre os Qualis, ou seja, quem aparece no Qualis A1 não está presente no A2. Esta constatação é possível ser confirmada quando observamos o Quadro 29, com o autor Cameron aparecendo com 2 (dois) trabalhos no Qualis A1. Da mesma forma pode-se observar o Qualis A2, no Quadro 30, onde Murugesan, Lunardi, Alves e Salles aparecem com mais de um trabalho publicado neste estrato. Mesmo Murugesan tendo o segundo trabalho mais citado, suas publicações aparecem no Qualis A2. Isto pode estar relacionado à preferência do autor por um determinado periódico. Esta inferência ganha consistência quando se identifica novamente os autores que aparecem com mais de uma publicação nos Quadros 1 e 2, ilustrados no texto.

Quando observado o conteúdo presente nesses quadros, identifica-se que Murugesan tem 2 (dois) trabalhos publicados na revista *IT Professional*, Lunardi, Alves e Salles priorizam publicar em Revistas da área de Administração no Brasil, e Cameron tem preferência pela revista *Computer*. Constata-se que o Qualis da Capes classifica o periódico e não o autor e a sua obra, portanto, não é conveniente afirmar que os trabalhos de Qualis A2 são inferiores aos que figuram nos periódicos de Qualis A1. Isto pode ser verificado através dos autores Capra, Francalanci e Slaughter, que figuram com trabalhos em ambos os Qualis (A1 e A2).

Pode-se verificar também que as publicações no Quadro 1 são recentes (2010 – 2016), com ênfase para o ano 2011, como já anunciado. As publicações encontradas no estrato Qualis A1 encontram-se mais de 70% delas em revistas relacionadas à área da Computação. As restantes buscam tratar a temática da TI Verde em periódicos que abordam questões ambientais, quer seja na sua especificidade, quer seja no seu gerenciamento.

**Quadro 1- Demonstrativo dos Artigos Qualis A1 (CAPES) pelo método SSF**

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Ano</b>	<b>Periódico</b>
Beloglazov, Abawayj Buyya	Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for Cloud computing	2012	Future Generation Computer Systems
Dao	From green to sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework	2011	Journal of Strategic Information Systems
Bose	Integrative framework for assessing firms' potential to undertake Green IT initiatives via virtualization – A theoretical perspective	2011	Journal of Strategic Information Systems
Butler	Compliance with institutional imperatives on environmental sustainability: Building theory on the role of Green IS	2011	Journal of Strategic Information Systems
Ruth	Green IT More Than a Three Percent Solution?	2009	IEEE Internet Computing
Li	CyberGuarder: A virtualization security assurance architecture for green cloud computing	2011	Future Generation Computer Systems
Faucheux; Nicolai	IT for green and green IT: A proposed typology of eco-innovation	2011	Ecological Economics
Uddin; Rahman	Energy efficiency and low carbon enabler green IT framework for data centers considering green metrics	2012	Renewable & Sustainable Energy Reviews
Kipp; Jiang; Mariagrazia; Salomie	Layered Green Performance Indicators	2012	Future Generation Computer Systems
Capra; Francalanci; Slaughter	Is software "green"? Application development environments and energy efficiency in open source applications	2011	Information and Software Technology
Carter; Rajamani	Designing energy-efficient servers and data centers	2010	Computer
Jenkin; Mcshane; Webster	Green Information Technologies and Systems: Employees' Perceptions of Organizational Practices	2011	Business & Society
Cecere; Corrocher; Gossart; Ozman	Technological pervasiveness and variety of innovators in Green ICT: A patent-based analysis	2014	Research Policy
Lee; Park; Trimi	Greening with IT: practices of leading countries and strategies of followers	2013	Management Decision
Bener; Morisio; Miransky	Green Software	2014	IEEE Software
Salahuddin; Alam	Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis	2016	International Journal of Electrical Power & Energy Systems
Cameron	Energy oddities, Part 2: Why green computing is odd	2013	Computer
Thomas; Costa; Oliveira	Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption	2016	Information Systems Frontiers
Arnfolk; Pilerot; Schillander; Grönvall	Green IT in practice: virtual meetings in Swedish public agencies	2016	Journal of Cleaner Production
Cameron	Energy efficiency in the wild: Why datacenters fear power management	2014	Computer

**Fonte:** Elaboração própria (2017).

Apresenta-se no Quadro 2, a seguir, o levantamento dos artigos Qualis A2 (CAPES).

**Quadro 2 - Demonstrativo dos Artigos Qualis A2 (CAPES) pelo método SSF**

Autor	Título	Ano	Periódico
Murugesan	Harnessing Green IT: Principles and Practices	2008	IT Professional
Garg <i>et al.</i>	Environment-conscious scheduling of HPC applications on distributed Cloud-oriented data centers	2011	Journal of Parallel and Distributed Computing
Donnellan; Sheridan; Curry	A capability maturity framework for sustainable information and communication technology	2011	IT Professional
Harmon; Demirkan	The Next Wave of Sustainable IT	2011	IT Professional
Parry	Going green: the evolution of micro-business environmental practices	2012	Business Ethics: A European Review
Sabharwal; Agrawal; Metri	Enabling Green IT through Energy-Aware Software	2013	IT Professional
Capra; Francalanci; Slaughter.	Measuring application software energy efficiency	2012	IT Professional
Noureddine; Rouvoy; Seinturier	Monitoring energy hotspots in software; Energy profiling of software code.(Report)	2015	Automated Software Engineering
Murugesan; Gangadharan; Harmon; Godbole	Fostering Green IT [Guest editors' introduction]	2013	IT Professional
Lunardi; Alves; Salles	Desenvolvimento de uma escala para avaliar o grau de utilização da tecnologia da informação verde pelas organizações	2014	Revista de Administração
Xavier; Rossi; De Rose; Calheiros; Gomes	Modeling and simulation of global and sleep states in ACPI-compliant energy-efficient cloud environments	2017	Concurrency and Computation
Salles; Alves; Dolci; Lunardi,	Tecnologia da informação verde: um estudo sobre sua adoção nas organizações. (Report)	2016	Rac. Revista de Administração Contemporânea

**Fonte:** Elaboração própria (2017).

Em relação aos autores das publicações levantadas, o ano de 2011 aparece em 7 (sete) das 10 mais citadas, o que induz a uma maior investigação destas publicações, a fim de buscar os motivos dessa concentração de publicações sobre TI Verde neste ano. Contudo, a obra mais citada foi publicada em 2012 por Beloglazov, Abawajy e Buyya, com o título *Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for Cloud computing*, com 1360 citações, ano que ocorreu a Conferência Rio+20 no Rio de Janeiro.

O Quadro 3 demonstra a relação do ano de publicação e os 10 autores mais citados, e seu respectivo número de citações.

### Quadro 3 - Os 10 autores mais citados, das publicações selecionadas pelo método SSF

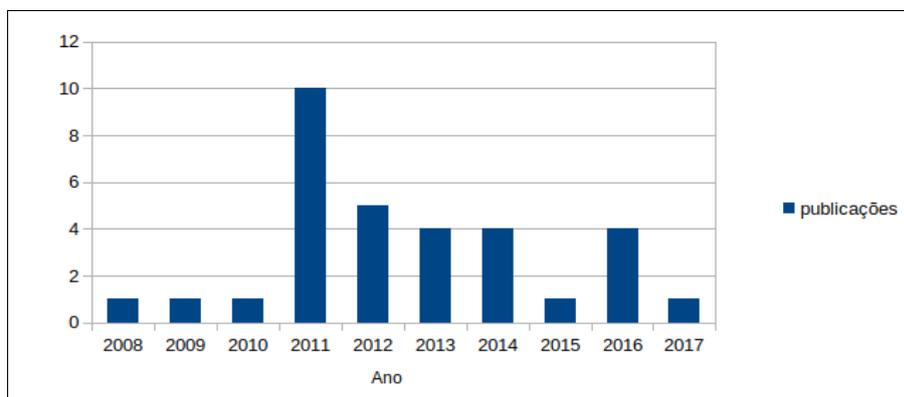
Ano de publicação	Autores	Citação
2012	Beloglazov, Abawajy e Buyya	1360
2008	Murugesan, S.	848
2011	Dao, Viet	320
2011	Garg, Saurabh Kumar	295
2011	Bose, Luo	214
2011	Butler, Tom	171
2009	Ruth, S.	140
2011	Li, Jianxin	114
2011	Faucheux, S.	86
2011	Donnellan, B.	81

**Fonte:** Elaboração própria (2017).

Após a triagem dos artigos, a Fase 3 se inicia com a Atividade 7, momento em que foram criados gráficos e ilustrações buscando sintetizar os dados coletados, com isso, criando a possibilidade de gerar novas informações e ter um panorama das publicações selecionadas. A publicação mais antiga data de 2008 e a mais recente de 2017. O Gráfico 1 anunciado na página seguinte, encontra-se a distribuição das publicações por ano. Nesta figura é possível observar que aquelas tiveram um maior número no ano de 2011 e vem decaindo gradativamente nos anos posteriores.<sup>4</sup>

É importante ressaltar que o Gráfico 1, a seguir, não se refere a totalidade das publicações sobre TI Verde, mas às 32 publicações obtidas através da metodologia aplicada neste estudo, portanto, são aquelas publicações citadas de cada ano. Caso seja realizado outra metodologia, sem a aplicação dos filtros utilizados, considerando a totalidade dos trabalhos encontrados, a ilustração poderá gerar outra imagem.

**Gráfico 1** - Número de Periódicos Selecionados pelo método SSF (2008-2017)



**Fonte:** Elaboração própria (2017).

<sup>4</sup> Para compreender o ápice de publicações do ano de 2011, serão necessários estudos mais aprofundados.

Quanto aos periódicos identificados neste gráfico, destacam-se: *TI Professional*, com 6 (seis) publicações; e, *Journal Of Stretegic Information Systems*, *Future Generation Computer Systems* e *Computer*, com 3 (três) publicações cada um.

Já o Gráfico 2 ilustra o panorama dos periódicos em relação ao número de publicações levantadas no estudo. É importante ressaltar que o número de publicações reais sobre o tema pode ser maior do que o apresentado, uma vez que este número é referente a contagem das publicações que sobreviveram à metodologia descrita.

**Gráfico 2- Número de publicações por periódicos identificados pelo método SSF**



**Fonte:** Elaboração própria (2017).

Finalizando o processo, deu-se início à Fase 4 – Escrita, com a realização da Atividade 8. Nela apresentam-se os resultados do levantamento, a partir dos conteúdos dos artigos selecionados, identificando-se os conceitos de TI-Verde aceito pela comunidade científica, e algumas práticas de atuação da TI-Verde para a preservação do meio ambiente. Cabe destacar que buscou-se o rigor metodológico durante todas as fases do processo, de forma a permitir replicabilidade desse estudo.

Os artigos selecionados na metodologia descrita serviram de base para a discussão sobre a TI Verde e a análise sobre esta temática não se limita ao conjunto desses 32 artigos. Na leitura desses artigos foram encontradas poucas definições de TI Verde, sendo que a maioria se limitou a relatar as práticas de TI Verde, sejam em estudos de caso ou na forma teórica. Nem mesmo o texto de Beloglazov, Abawajy e Buyya (2012), com suas 1.360 citações (ver Quadro 3), trouxe tal definição. Apesar de muitos autores não ousarem tecer uma definição própria, ainda restaram alguns que assim o fizeram (ver Quadro 4).

Quadro 4 - Definições de TI Verde no estado da arte realizado

Autor	Ano/ Página	Definição de TI Verde
San Murugesan	2008, p. 25	TI Verde refere-se a TI ambientalmente saudável. É o estudo e a prática de projetar, fabricar, usar e descartar computadores, servidores e subsistemas associados - como monitores, impressoras, dispositivos de armazenamento e sistemas de rede e de comunicação - de forma eficiente e efetiva com impacto mínimo ou nenhum sobre o meio ambiente. A TI verde também se esforça para alcançar a viabilidade econômica e a melhoria do desempenho e uso do sistema, respeitando nossas responsabilidades sociais e éticas. Assim, a TI verde inclui as dimensões da sustentabilidade ambiental, a economia da eficiência energética e o custo total de propriedade, que inclui o custo de descarte e reciclagem.
Bener <i>et al.</i>	2014, p. 37	TI VERDE é o estudo e a prática de usar recursos de computação de maneira eficiente para reduzir os impactos negativos no meio ambiente.
Salles <i>et al.</i>	2016, p. 43	TI Verde se refere a diferentes atividades implementadas para minimizar os impactos negativos e maximizar os impactos positivos do comportamento humano sobre o meio ambiente, através do uso da TI e dos serviços e produtos por ela oportunizados em todo o seu ciclo de vida.

Fonte: Elaboração própria (2017), a partir da revisão sistemática no Portal CAPES (2017).

O conceito de TI Verde proposto por Murugesan (2008), apresentado no quadro anterior, foi considerado referência de análise por Ribeiro (2020) em sua tese doutoral, tendo em vista a completude e detalhamento do mesmo. Neste seu artigo Murugesan (2008) também considera a eficiência energética como uma forma de TI Verde, sendo esta a mais encontrada nos artigos selecionados, primeiramente por Cameron (2014), seguido por Carter e Rajamani (2010) e Ranganathan e Chang (2011). É possível perceber que Murugesan demonstra preocupação com a parte física (*hardware*) e não faz menção ao *software*. Mas o *hardware* é controlado pelo *software*; com base em Capra, Francalanci e Slaughter (2012), ele também necessita ser levado em consideração na Temática TI Verde.

Verifica-se que não há um consenso sobre a definição de TI Verde nos artigos levantados neste estado da arte. Para Elliot (2011, p.208), “O termo TI verde é frequentemente usado, particularmente em associação com a redução do uso de energia em *data centers*, mas o termo é considerado enganoso. A TI Verde é um oxímoro; concentra a atenção na tecnologia e não na sua aplicação”. Nesta citação, o termo TI Verde ou Tecnologia da Informação Verde induz a um pensamento limitado sobre o escopo da mesma, pois a palavra Tecnologia chama a atenção apenas para o conceito de tecnologia, deixando suas aplicações em segundo plano.

Saindo do campo das definições para as práticas de TI Verde, é possível perceber que todos os trabalhos encontrados relatam pelo menos um exemplo de prática. A leitura dos artigos revelou uma concentração de práticas em torno da eficiência energética, significando que um gasto menor com energia elétrica pode levar a diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, considerando que em muitos países a geração de energia elétrica ainda provém da queima de combustíveis fósseis. Portanto, “o uso de técnicas de TI Verdes pode reduzir significativamente a pegada de carbono de uma organização e, em última instância, de um país” (CAMERON, 2010, p. 84). As especificações verdes fornecem uma maneira de indicar a pegada de carbono de um serviço e, eventualmente, especificar restrições operacionais para permitir mais

flexibilidade durante o fornecimento de serviços (BENER; MORISIO; MIRANSKY, 2014b).

Desligar o computador quando não está sendo utilizado, ativar os recursos de gerenciamento de energia, utilizar protetores de tela em branco, optar pela aquisição de computadores *thin-client* (que gastam menos energia que um PC normal) são algumas recomendações que um usuário comum pode adotar, que devem contribuir com o menor consumo de energia (MURUGESAN, 2008).

Outras medidas que podem ser tomadas diz respeito a escolha do sistema operacional. Um estudo realizado por Capra, Francalanci e Slaughter (2012) mostrou que no sistema *Linux* um aplicativo gasta em média 50% menos energia elétrica em suas operações do que no *Windows*, para realizar o mesmo serviço. Capra, Francalanci e Slaughter (2012) dão uma atenção especial para o *software*, ainda que o *hardware* esteja perfeitamente otimizado para consumir a menor quantidade de energia possível em suas operações, será inútil se o *software* também não for. Com isso, os autores chamam a atenção para a adoção de algoritmos ineficientes na resolução de problemas. Para exemplificar o anunciado utilizou-se uma função matemática adotada com frequência pelo setor financeiro para calcular a taxa interna de retorno sobre o investimento. Esta função conhecida como XIRR, pode ser implementada usando diferentes modelos matemáticos para identificar os zeros de um polinômio, como relatam os autores:

Começamos com uma implementação da função XIRR fornecida por um grande banco italiano. A implementação usou o método secant para calcular os zeros do polinômio. A abordagem mais óbvia para otimizar essa função é encontrar um algoritmo mais eficiente. O consumo de energia é reduzido em uma ordem de grandeza ao substituir o método secante pela busca experimental ou o método Newton (de 28 a 0,5 e 0,3 Joule por operação, respectivamente), que são matematicamente mais eficientes (CAPRA; FRANCALANCI; SLAUGHTER, 2012, p. 60).

No exemplo anterior, observa-se que uma simples mudança no algoritmo da função XIRR melhorou a eficiência energética da função em mais de 93 vezes. Segundo Murugesan (2008), além da Computação como eficiência energética, a TI Verde também aborda: *Design* para sustentabilidade ambiental; gerenciamento de energia; *Design, layout* e localização de *data center*; virtualização de servidores, encontrado no trabalho de Bose e Luo (2011); eliminação e reciclagem responsáveis; conformidade regulatória; métricas verdes, ferramentas de avaliação e metodologia como encontradas nos trabalhos de Xu (2012); mitigação de risco relacionada ao meio ambiente; uso de fontes de energia renováveis e rotulagem ecológica de produtos de TI.

Conhecida em inglês pelo termo *Cloud Computing*, a Computação em Nuvem "é um novo paradigma da informática com foco na prestação de serviços e na gestão e governança da infraestrutura computacional" (ZUFFO *et al.*, 2013 p.11). O fato da Computação em Nuvem retirar do *hardware* boa parte da sua função de processamento, passando a mesma para servidores que proporcionam serviços de acesso baseados na rede mundial de computadores, permite que os dispositivos que as pessoas usam no cotidiano fiquem cada vez menores, com maior mobilidade e, ao mesmo tempo, mais baratos, portanto, mais acessíveis (PARCHEN; FREITAS; EFING, 2013).

A Computação em Nuvem apresenta diversos tipos de abordagens, sendo que na atualidade é possível utilizar *softwares* sem que os mesmos necessitem de instalação

nos dispositivos locais, tais como programas para criação de documentos de textos, planilhas eletrônicas e apresentações no *Google Docs*, ou mesmo o armazenamento de fotos, documentos e vídeos no *Skydrive* da *Microsoft*, sendo tudo isso *online*. Esse novo tipo de abordagem recebe o nome de “*Software* como serviço” ou *Software – as - a - Service* (SaaS) (PRADO; TAKAOKA, 2008). No SaaS "as aplicações são hospedadas por um provedor de serviços e depois são acessadas via *Internet* pelo cliente" (VELTE, A. T.; VELTE, T. J.; ELSENPETER, 2012, *online*).

Outra abordagem da Computação em Nuvem é a Plataforma como serviço (PaaS), que fornece todos os recursos necessários para construir aplicativos e serviços diretamente da *Internet*, sem precisar baixar ou instalar o *software*. A Plataforma como serviço fornece para o cliente os recursos necessários para configurar e implementar aplicativos e serviços totalmente *online*, ou seja, além da infraestrutura de *hardware* o PaaS fornece ferramentas de *softwares* onde o cliente poderá configurar e gerenciar aplicativos ou *softwares* que ele precisar; desta forma a administração e atualização do *software*, em muitos casos, serão feitas pelo cliente, diferindo do modelo SaaS. Um exemplo de PaaS é o *Windows Azure*, da *Microsoft* e o *App Engine* da *Google* (GARCIA, 2016).

Utiliza-se também o termo *Infrastructure as Service* (IaaS), ou seja, a infraestrutura como serviço nessa modalidade o provedor de nuvem não se preocupa com o gerenciamento da aplicação, pois fornece apenas a infraestrutura onde essas aplicações serão executadas e armazenadas. Nela o cliente “aluga” espaço de armazenamento (geralmente em disco), processamento (CPU), memória, banda de rede, de acordo com a necessidade do negócio do cliente. Nessa abordagem, tanto a gerência do sistema operacional quanto a configuração das aplicações são de responsabilidade do cliente (GARCIA, 2016).

As abordagens de Computação em Nuvem citadas anteriormente têm como base um *Data Center*. Concentrar o consumo de energia nos *Data Center* se tornou possível e necessário, considerando o avanço tecnológico de seus processadores que consomem metade da energia utilizada para as cargas de processamento, onde o consumo de energia elétrica é dividido entre o consumo das cargas e os equipamentos de suporte (RICHTER, 2012).

Com a Computação em Nuvem, a eficiência energética dos *Data Center* passa a ter uma importância maior a cada ano. Algumas técnicas, como a virtualização de servidores, vêm colaborando para a redução de energia dos *Data Centers*. A virtualização melhora a eficiência energética dos servidores com o mínimo impacto em relação ao desempenho (CAMERON, 2014). Incentivar o uso de computação em Nuvem é, de certa forma, contribuir com o meio ambiente e, possivelmente, protelar o aquecimento global.

O meio ambiente também sofre impacto com a evolução da TI, da mesma forma que outras atividades humanas, sendo tanto pela demanda de energia elétrica quanto pelos materiais utilizados na fabricação do *hardware* (ARAUJO; CAVALCANTE, 2015). O elevado número de equipamentos de TI espalhados pelo mundo inteiro, e com forte tendência de aumento, coloca a Tecnologia da Informação como importante causadora de poluição do meio ambiente. De acordo com os estudos de Bener, Morisio e Miransky (2014), 2% das emissões de CO<sub>2</sub> em todo mundo são realizadas por equipamentos de Informática e a tendência é aumentar. Os *Data Centers* seriam os responsáveis por 23% da emissão de gases de toda TI, e os PCs, acompanhado de seus monitores, por 40%.

A maioria dos trabalhos analisados demonstra que o comprometimento com o uso de práticas ecológicas acarreta uma melhoria da performance dos sistemas e, conseqüentemente, na redução de emissão de CO<sub>2</sub>. Além disso, observa-se a redução do consumo de energia, o que leva a uma redução de custos, e também do impacto ambiental (MURUGESAN, 2008). A evolução dos *Data Centers* tornou viável a adoção de um novo paradigma da Computação, a Computação em Nuvem. Entender como a Computação em Nuvem combinada os *Data Centers* pode contribuir para a diminuição dos impactos da TI para o meio ambiente.

Diante de tanta incerteza, a prevenção é uma das formas de mitigar os impactos ambientais e a TI Verde busca minimizá-los. Para Mansur (2001) *apud* Medeiros e Nelma Baldin (2014, p. 6), “Essa TI passa, então, a ser foco em um processo de formação e amadurecimento social e profissional, o qual carece de atenção, principalmente com relação ao impacto que o uso da TI pode trazer ao meio ambiente”.

### **A MODO DE CONCLUSÃO!?**

A crescente preocupação da TI com o meio ambiente é possível notar diante das soluções sendo criadas neste sentido, anunciadas em alguns estudos analisados neste estado da arte. Uma delas está relacionada com as técnicas de virtualização, que proporciona menor custo no consumo de energia, pois utiliza um número menor de máquinas físicas envolvidas no processamento de dados (POLLON, 2008). A economia de energia através de computação em nuvem é apenas uma entre várias outras formas que a TI tem para mitigar os impactos no meio ambiente. Novos projetos de equipamentos e o uso adequado dos mesmos, redução do uso de papel e de descarte adequado de lixo eletrônico também são exemplos de como diminuir os impactos causados pela TI.

Neste contexto, percebe-se a urgência das instituições públicas e privadas se adequem ao novo modelo em nuvem que vem se configurando; esse ajuste incluirá a necessidade de reconsiderar a infraestrutura, readaptar a interface dos usuários com os sistemas e redirecionar o foco da área de tecnologia dentro das companhias (ARAÚJO; CAVALCANTE, 2015). Entretanto, para que toda esta infraestrutura funcione, o profissional de TI precisa estar bem capacitado, tanto com os conhecimentos específicos da computação, como o conhecimento sobre como aplicar as técnicas de TI Verde.

Contudo, toda essa tecnologia não tende, por si só, a evoluir para um estado ambientalmente correto. É necessário que alguém que tenha capacidade para isso a direcione. Mas quem seria indicado para esta tarefa? Quem estaria capacitado para lidar

com tecnologias como *Data Center*, Computação em nuvem, Inteligência artificial, Internet das coisas, entre outras, com conhecimento técnico suficiente para ter uma visão do todo e propor as mudanças necessárias?

Dos profissionais da área de Tecnologia da Informação destaca-se o Cientista da Computação, com formação abrangente no campo da Computação, que deve ter conhecimento suficiente para projetar, criar e manter tecnologias que podem, na maioria das vezes, afetar o meio ambiente ou o modo como a sociedade vive. Para que este profissional crie tecnologias ambientalmente corretas faz-se necessário que se aproprie dos conhecimentos de TI Verde.

Mas, será que os Cientistas da Computação estão saindo das instituições de ensino superior conhecendo TI Verde e conscientes de que seus atos e criações podem afetar a sustentabilidade do planeta? Estes e outros questionamentos são objeto de discussão por Riberio (2020) e seu estudo doutoral anuncia que há uma carência de trabalhos qualificados sobre TI Verde no Brasil quanto a formação do cientista da computação. O que sugere a necessidade de novos estudos com a finalidade de compreender esta lacuna, e a revisão sistemática da literatura, com a adoção do método SFF, é uma estratégia metodológica que contribui para este tipo de pesquisa do estado do conhecimento sobre um determinado objeto.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, B. D. L. de; CAVALCANTE, V. M. R. M. Computação em Nuvens: Contribuição para a Sustentabilidade Econômica e Ecológica. **Revista da Escola Regional de Informática**, Fortaleza, v. 1, n. 1. 2015. Disponível em: <http://www.ead.codai.ufrpe.br/index.php/eripe/article/download/301/252>. Acesso em: 23 jul. 2016.

ARNFALK, P.; PILEROT, U.; SCHILLANDER, P.; GRÖNVALL, P. Green IT in practice: virtual meetings in Swedish public agencies. **Journal of Cleaner Production**, v. 123, p. 101–112, jun. 2016.

BELOGLAZOV, A.; ABAWAJY, J.; BUYYA, R. Energy-aware resource allocation heuristics for efficient management of data centers for Cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, v. 28, n. 5, p. 755–768, maio 2012.

BENER, A. B.; MORISIO, M.; MIRANSKY, A. Green Software. **Software**, IEEE, Canadá, , v. 31, n. 3, p. 36-39, maio 2014.

BOSE, R.; LUO, X. Integrative framework for assessing firms? potential to undertake Green IT initiatives via virtualization? A theoretical perspective. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, n. 1, p. 38–54, mar. 2011.

BUTLER, T. Compliance with institutional imperatives on environmental sustainability: Building theory on the role of Green IS. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, n. 1, p. 6–26, mar. 2011.

CAMERON, K. W. Energy Oddities, Part 2: Why Green Computing Is Odd. **Computer**, v. 46, n. 3, p. 90–93, mar. 2013.

- CAMERON, K. W. Energy efficiency in the wild: Why datacenters fear power management. **Computer**, v. 47, n. 11, p. 89–92, 2014.
- CAMERON, K. W. Trading in Green IT. **Computer**, v. 43, n. 3, p. 83–85, mar. 2010.
- CAPRA, E.; FRANCALANCI, C.; SLAUGHTER, S. A. Is software “green”? Application development environments and energy efficiency in open source applications. **Information and Software Technology**, 2011.
- CAPRA, E.; FRANCALANCI, C.; SLAUGHTER, S. A. Measuring Application Software Energy Efficiency. **IT Professional**, v. 14, n. 2, p. 54–61, mar. 2012.
- CARTER, J.; RAJAMANI, K. Designing energy-efficient servers and data centers. **Computer**, v. 43, n. 7, p. 76–78, jul. 2010.
- CECERE, G.; CORROCHER, N.; GOSSART, C; OZMAN, M. Technological pervasiveness and variety of innovators in Green ICT: A patent-based analysis. **Research Policy**, v. 43, n. 10, p. 1827–1839, dez. 2014.
- COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. Dissertação—Coimbra: Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2016.
- DAO, V.; LANGELLA, I.; CARBO, J. From green to sustainability: Information Technology and an integrated sustainability framework. **The Journal of Strategic Information Systems**, v. 20, n. 1, p. 63–79, mar. 2011.
- ELLIOT, S. Transdisciplinary Perspectives on Environmental Sustainability: A Resource Base and Framework for IT-enabled Business Transformation. **MIS Q.**, v. 35, n. 1, p. 197–236, mar. 2011.
- FAUCHEUX, S.; NICOLAÏ, I. IT for green and green IT: A proposed typology of eco-innovation. **Ecological Economics**, v. 70, n. 11, p. 2020–2027, 2011.
- FERENHOF, H. A.; FERNANDES, R. F. Desmistificando a revisão de literatura como base para redação científica: método SFF. **Revista ACB**, v. 21, n. 3, p. 14, 2016.
- GARCIA, R. Desmistificando a computação em nuvem. **TI Especialistas**, 13 jan. 2016. Disponível em: <http://www.tiespecialistas.com.br/2016/01/desmistificando-computacao-em-nuvem/>. Acesso em: 28 jul. 2016.
- GARG, S. K.; YEO, C. S.; ANANDASIVAM, A.; BUYYA, R. Environment-conscious scheduling of HPC applications on distributed Cloud-oriented data centers. **Journal of Parallel and Distributed Computing**, v. 71, n. 6, p. 732–749, jun. 2011.
- HARMON, R.; DEMIRKAN, H. The Next Wave of Sustainable IT. **IT Professional Magazine**, v. 13, n. 1, p. 19–25, jan. 2011.
- JENKIN, T. A.; MCSHANE, L.; WEBSTER, J. Green Information Technologies and Systems: Employees’ Perceptions of Organizational Practices. **Business & Society**, v. 50, n. 2, p. 266–314, 1 jun. 2011.
- JESSON, J.; MATHESON, L.; LACEY, F. M. **Doing your literature review**: traditional and systematic techniques. Los Angeles, Calif; London: SAGE, 2011.

- KIPP, A. JIANG, T.; MARIAGRAZIA; F; SALOMIE, I. Layered Green Performance Indicators. **Future Generation Computer Systems**, v. 28, n. 2, p. 478–489, fev. 2012.
- LEE, S. M.; PARK, S.; TRIMI, S. Greening with IT: practices of leading countries and strategies of followers. **Management Decision**, v. 51, n. 3, p. 629–642, 22 mar. 2013.
- LI, J.; LI, B.; WO, T.; HU, C; HUAI, J; LIU, L; LAM, K.P. CyberGuarder: A virtualization security assurance architecture for green cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, 2011.
- LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Katál**, v. 10, n. especial, p. 37–45, 2007.
- LUNARDI, G. L.; ALVES, A. P. F.; SALLES, A. C. Desenvolvimento de uma escala para avaliar o grau de utilização da tecnologia da informação verde pelas organizações. **Revista de Administração**, v. 49, n. 3, p. 591–605, 2014.
- MEDEIROS, J. de; BALDIN, N. **TI verde: educação ambiental e sustentabilidade no ensino profissional e tecnológico**. Curitiba: Editora CRV, 2014.
- MEDINA, E. U.; PAILAQUILÉN, R. M. B. Systematic Review and its Relationship with Evidence-Based Practice in Health. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, v. 18, n. 4, p. 824–831, ago. 2010.
- MOURA JUNIOR, P. J.; HELAL, D. H. Profissionais e profissionalização em Tecnologia da Informação: indicativos de controvérsias e conflitos. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 12, n. 2, 2014.
- MURUGESAN, S. Harnessing Green IT: Principles and Practices. **IT Professional**, v. 10, n. 1, p. 24–33, 2008.
- MURUGESAN, S.; GANGADHARAN, G. R.; HARMON, R. R; GODBOLE, N. Fostering Green IT [Guest editors' introduction]. **IT Professional**, v. 15, n. 1, p. 16–18, jan. 2013.
- NOUREDDINE, A.; ROUVOY, R.; SEINTURIER, L. Monitoring energy hotspots in software; Energy profiling of software code.(Report). **Automated Software Engineering**, v. 22, n. 3, set. 2015.
- PARCHEN, C. E.; FREITAS, C. O. A.; EFING, A. C. Computação em nuvem e aspectos jurídicos da segurança da informação. **Revista Jurídica Cesumar**, v. 13, n. 1. 2013. Disponível em: <http://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/revjuridica/article/view/2705>. Acesso em: 28 jul. 2016.
- PARRY, S. Going green: the evolution of micro-business environmental practices. **Business Ethics: A European Review**, v. 21, n. 2, p. 220–237, abr. 2012.
- POLLON, V. **Virtualização de Servidores em ambientes heterogêneos e distribuídos**: estudo de caso. 2008. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/15988/000695318.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2016.
- PRADO, E. P. V.; TAKAOKA, H. Terceirização de serviços de tecnologia de informação em organizações brasileiras. **REGE Revista de Gestão**, v. 15, n. 2, p. 99–112, 2008.

RANGANATHAN, P.; CHANG, J. Saving the world, one server at a time, together. **Computer**, v. 44, n. 5, p. 91-93, maio 2011.

RIBEIRO, M. B. **TI verde na formação do cientista da computação**: um estudo voltado às práticas sustentáveis em uma universidade amazônica. Orientadora: Tania Suely Azevedo Brasileiro. 2020. 268 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Santarém-PA: Universidade Federal do Oeste do Para (UFOPA), 2020.

RICHTER, R. M. TI Verde: Sustentabilidade por meio da Computação em Nuvem. In. VII WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA. **Anais** [...]. São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.cps.sp.gov.br/pos-graduacao/workshop-de-pos-graduacao-e-pesquisa/007-workshop-2012/workshop/trabalhos/desenvgestti/ti-verde-sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

RIO+20. **Governos**: alguns compromissos assumidos durante a Rio+20. Disponível em: [http://www.rio20.gov.br/sala\\_de\\_imprensa/noticias-nacionais1/governos-alguns-compromissos-assumidos-durante-a-rio-20.html](http://www.rio20.gov.br/sala_de_imprensa/noticias-nacionais1/governos-alguns-compromissos-assumidos-durante-a-rio-20.html). Acesso em: 26 maio. 2018.

RUTH, S. Green IT More Than a Three Percent Solution? **IEEE Internet Computing**, v. 13, n. 4, p. 74–78, jul. 2009.

SABHARWAL, M.; AGRAWAL, A.; METRI, G. Enabling Green IT through Energy-Aware Software. **IT Professional**, v. 15, n. 1, p. 19–27, jan. 2013.

SALAHUDDIN, M.; ALAM, K. Information and Communication Technology, electricity consumption and economic growth in OECD countries: A panel data analysis. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 76, p. 185–193, mar. 2016.

SALLES, A. C. *et al.* Tecnologia da informação verde: um estudo sobre sua adoção nas organizações. **Report**, v. 20, n. 1, jan. 2016.

SANTAELLA, L. *et al.* Desvelando a Internet das Coisas. **Revista GEMInIS**, v. 4, n. 2, p. 19–32, 15 dez. 2013.

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. de. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, 2009. v. 5, n. 1, p. 42–49.

SULAIMAN, S. N. Educação ambiental, sustentabilidade e ciência: o papel da mídia na difusão de conhecimentos científicos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 3, p. 645–662, 2011.

THOMAS, M.; COSTA, D.; OLIVEIRA, T. Assessing the role of IT-enabled process virtualization on green IT adoption. **Information Systems Frontiers**, v. 18, n. 4, p. 693–710, ago. 2016.

TOMLINSON, B.; SILBERMAN, M. S.; WHITE, J. Can More Efficient IT Be Worse for the Environment? **Computer**, v. 44, n. 1, p. 87–89, jan. 2011.

UDDIN, M.; RAHMAN, A. A. Energy efficiency and low carbon enabler green IT framework for data centers considering green metrics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 6, p. 4078–4094, ago. 2012.

VELTE, A. T.; VELTE, T. J.; ELSERPETER, R. **Computação em Nuvem**: Uma Abordagem Prática. Rio de Janeiro: Alta Books, 2012.

WWF Brasil. **Saiba mais sobre Mudanças Climáticas.** Disponível em: [http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/reducao\\_de\\_impactos2/clima/mudancas\\_climaticas2/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/). Acesso em: 4 jul. 2017.

XAVIER, M. G.; ROSSI, F. D.; DE ROSE, C. A. F.; CALHEIROS, R. N.; GOMES, D, G. Modeling and simulation of global and sleep states in ACPI-compliant energy-efficient cloud environments. **Concurrency and Computation: Practice and Experience**, v. 29, n. 4, p. n/a-n/a, fev. 2017.

XU, Z. Measuring Green IT in Society. **Computer**, v. 45, n. 5, p. 83–85, maio 2012.

ZUFFO, M. K.; KOFUJI, S. T.; LOPES, R. D.; HIRA, A. A computação em nuvem na Universidade de São Paulo. **Revista USP**, v. 0, n. 97, p. 9, 30 maio 2013.

**Recebido: 20/9/2021. Aceito: 15/12/2021.**

**Autores:**

#### **Marcello Batista Ribeiro**

Doutor em Ciências Ambientais pelo PPGSND/UFOPA (2020). Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Rondônia (UNIR, 2008). Engenheiro da Computação pela Universidade Paulista (UNIP, 1996). Professor Adjunto IV junto ao Departamento de Ciências da Computação da UNIR. E-mail: [mribeiro@unir.br](mailto:mribeiro@unir.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0553-8761>

#### **Tania Suely Azevedo Brasileiro**

Pós doutora em Psicologia (IP/USP, 2009). Doutora em Educação (URV/ES, 2002). Mestrado em Tecnologias Educacionais (URV/ES, 2001) e Mestrado em Pedagogia do Movimento Humano (UGF/RJ, 1992). Professora Titular da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), docente da graduação (ICED) e pós-graduação, junto aos Programas de doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND/UFOPA) e Educação na Amazônia (EDUCANORTE/PGEDA), e de mestrados acadêmicos em Educação (PPFE/UNFOPA) e em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida (PPGSAQ/UFOPA). Líder do grupo de pesquisa PRAXIS UFOPA/CNPq. E-mail: [brasileirotania@gmail.com](mailto:brasileirotania@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8423-4466>.