

PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE: UM ESTUDO DE CASOS

MIGUEL MORAIS SILVA VARELLA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP BAURU

PAULA DE CAMARGO FIORINI

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP BAURU

Resumo

Com o intuito de abordar as questões ambientais relacionadas às tecnologias, emergiu o campo da computação verde, que se refere às práticas de projeto, produção, uso e descarte de recursos computacionais de forma ambientalmente sustentável. Além do suporte das tecnologias e sistemas de informação por meio de aplicações com o propósito de melhorar processos para alcançar metas de sustentabilidade, a área de computação também pode contribuir com o desenvolvimento de soluções computacionais que considerem requisitos de sustentabilidade e com a produção e uso de dispositivos computacionais ambientalmente amigáveis. Contudo, poucos estudos têm se concentrado em estudar a sustentabilidade como um requisito no projeto e desenvolvimento de softwares, em especial de forma empírica. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar como desenvolver soluções computacionais que contribuam com a sustentabilidade ambiental. Para a execução da pesquisa, primeiramente, foi realizada uma revisão sistemática da literatura de modo a identificar as principais práticas sustentáveis no desenvolvimento de software. Em seguida, o método aplicado foi o estudo de casos. Foi conduzida a análise de três empresas (Empresa A - Plataforma financeira; Empresa B - Fornecedora de software; Empresa C - Plataforma educacional), a partir da realização de entrevistas com profissionais da área de desenvolvimento de software, utilizando um roteiro com questões abertas. Após a coleta dos dados, as entrevistas foram transcritas e submetidas à análise de conteúdo por meio do software Atlas.ti. Como principais resultados, verificou-se que mesmo em empresas de diferentes segmentos, algumas práticas e características do desenvolvimento de software são alvos comumente perseguidos por elas. A adoção de uma metodologia ágil é comum entre as organizações. Além disso, o procedimento operacional do desenvolvimento segue o padrão de Coleta de requisitos, Planejamento, Desenvolvimento, Testes, Homologação e Publicação. Nas três empresas, a etapa de coleta de requisitos é preferencialmente feita de maneira remota, por meio de videoconferência. Observou-se que questões como redução do desperdício de tempo entre processos e de consumo energético foram frequentemente mencionadas pelos entrevistados. A respeito do uso da computação em nuvem, na Empresa A, a adesão atual é de 66. Já a Empresa B tem uma taxa de adoção em torno 90%. A Empresa C, por sua vez, tem 100% dos seus serviços hospedados na nuvem. Além disso, a Empresa A menciona a reutilização de códigos e sistemas existentes, assim como o uso de inteligência artificial generativa no processo de desenvolvimento. Em conclusão, apesar de poucas pesquisas apresentarem práticas sustentáveis no desenvolvimento de software, foi possível identificar que as práticas mencionadas na literatura já são adotadas pelas empresas entrevistadas. Verificou-se que tais práticas estão ligadas não somente a aspectos ambientais, mas também econômicos e técnicos. Espera-se que esse trabalho contribua para a popularização do tema, bem como da importância da sustentabilidade ambiental no processo de desenvolvimento de software.

Palavras Chave

Computação verde, Sustentabilidade, Engenharia de Software Verde

Agradecimento a órgão de fomento

À Reitoria da Unesp pela concessão de Bolsa RT para o desenvolvimento deste projeto de iniciação científica.

PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NO DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE: UM ESTUDO DE CASOS

1. Introdução

O desenvolvimento sustentável e a mitigação das mudanças climáticas adquiriram relevância em âmbito mundial. Os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030, entrelaçam questões econômicas, sociais e ambientais, incluindo a importância de se garantir ações de combate às mudanças do clima e padrões de produção sustentáveis.

Com o intuito de abordar essas questões ambientais, emergiu o campo da computação verde, que se refere às práticas de projeto, produção, uso e descarte de recursos computacionais de forma ambientalmente sustentável (Murugesan, 2008). Assim, dois novos conceitos foram desenvolvidos na área de computação, a Tecnologia da Informação Verde – TI verde (*Green Information Technology - Green IT*, em inglês) e o Sistema de Informação Verde – SI verde (*Green Information Systems - Green IS*, em inglês).

SI verde se refere ao uso de sistemas de informação para melhorar a sustentabilidade ambiental por meio da automatização, informação e transformação de produtos, processos de negócio, práticas e relações de negócios (Melville, 2010). Por outro lado, TI verde se refere à minimização do efeito ambiental negativo das tecnologias da informação de hardware e software, tornando o projeto, produção, utilização e eliminação da TI mais verde (Murugesan, 2008). Dessa forma, além do suporte dos SI através de aplicações com o propósito de melhorar processos para alcançar metas de sustentabilidade, a área de SI também pode contribuir com o desenvolvimento de soluções computacionais que considerem requisitos de sustentabilidade e com a produção e uso de dispositivos computacionais ambientalmente amigáveis (Molla; Cooper; Pittayachawan, 2011).

Contudo, poucos estudos têm se concentrado em estudar a sustentabilidade como um requisito no projeto e desenvolvimento de softwares, em especial de forma empírica (Lago et al., 2015). Dwivedi et al. (2022) argumentam que é necessário compreender melhor os *tradeoffs* que as tecnologias podem gerar em termos ambientais. Sendo assim, há necessidade de pesquisas que elucidem os métodos e técnicas da computação que as empresas desenvolvedoras de software têm utilizado para o projeto e desenvolvimento de sistemas que considerem a sustentabilidade ambiental, bem como investiguem de que forma a indústria de equipamentos de TI tem adotado práticas sustentáveis na produção de dispositivos e componentes computacionais, além do impacto dessas práticas no desempenho ambiental dos produtos de TI. Logo, o objetivo geral desta pesquisa é analisar como desenvolver soluções computacionais que contribuam com a sustentabilidade ambiental.

2. Revisão da Literatura

Para compreender os conceitos envolvidos neste estudo e identificar as práticas ambientais utilizadas no contexto da computação verde, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Esta revisão se caracteriza pela transparência no processo de identificação e análise dos artigos selecionados para leitura. A revisão sistemática foi conduzida com os artigos presentes nas bases de dados Scopus e Web of Science (Wos). As palavras-chave selecionadas foram: “*green information systems*”, “*green IS*”, “*green software*”, “*green software engineering*”, “*green system development*”, “*sustainable software*” e o operador lógico utilizado foi *OR*. A área de pesquisa selecionada foi Ciência da computação e o idioma escolhido foi o inglês. Foram excluídos da busca os livros ou capítulos de livros, bem como artigos que não estavam disponibilizados integralmente. Dos artigos remanescentes após a

leitura dos resumos foram selecionados para a leitura integral os 10 artigos mais citados e os 10 mais recentes. A análise desses documentos fundamentou os conceitos e práticas apresentados a seguir.

2.1 Software Verde

A redução do consumo energético do setor de TI é frequentemente ligada ao consumo do hardware, mas a preocupação com o software deve ser levada em consideração, uma vez que este faz o controle do uso de hardware (Ibrahim; Yahaya; Sallehudin, 2022; Ibrahim et al., 2021). Diante disso, existem diversas práticas fundamentais para o desenvolvimento de TI/SI/software verde, dentro delas destaca-se a computação em nuvem, considerada primordial para um software verde (Chowdhury, 2012). A redução do consumo de energia é o principal fator a favor da utilização de nuvens, observando-se uma redução de 64% do consumo energético (Verdecchia et al., 2021).

É importante observar que quando se fala de SI verde ou software verde, existe uma divisão em como tal sistema é verde: (a) softwares que são utilizados para tornar equipamentos ou processos mais sustentáveis (*Green by software*, em inglês), como gerenciamento de nuvens e centros de dados (*data centers*, em inglês); (b) softwares que são intrinsecamente verdes (*green in software*, em inglês), ou seja, adotam práticas sustentáveis em todo seu ciclo de vida (Ibrahim; Yahaya; Sallehudin, 2022). Neste último caso, a área de engenharia de software é encarregada pelo estudo de técnicas e práticas verde no desenvolvimento de softwares.

2.2 Engenharia de Software Verde e suas práticas

A engenharia de software verde (*green software engineering*, em inglês) é o campo responsável pelo desenvolvimento de práticas que ajudem a mitigar o impacto ambiental da produção de software (Freed et al., 2023). Nesse sentido, é necessário compreender as etapas da produção de um software e como é possível tornar cada uma delas mais sustentável. Sobre as etapas de tal processo, entende-se que “geralmente, o desenvolvimento de software tem cinco fases principais, sendo elas: coleta de requisitos, projeto, implementação, testes e manutenção” (Ibrahim et al., 2021, p. 590).

Ibrahim et al. (2021) mencionam também que a produção de software verde pode ser alcançada por meio da eliminação de desperdícios materiais, como papel, bem como os desperdícios de tempo e energia elétrica. Nesse sentido, a fase de coleta de requisitos é essencial para a compreensão das necessidades dos *stakeholders*, a fim de evitar a implementação de recursos desnecessários ou o reajuste de requisitos mal implementados. Dick et al. (2010) propõem inclusive que evitar viagens para reuniões é uma atitude importante para a redução dos impactos ambientais durante o processo de produção de um sistema, o que é algo que pode ser adotado, dentre outras etapas, na coleta de requisitos. Na etapa de projeto, Edérlyi (2013) destaca quatro importantes pilares, sendo eles a eficiência computacional, eficiência de dados, atenção ao contexto do software e a eficiência enquanto a aplicação está em segundo plano.

Na fase de desenvolvimento, um dos principais problemas apresentados são viagens para reuniões com o time de desenvolvimento ou com os clientes, a solução proposta é a adesão de videoconferências. Na fase de distribuição, o uso de armazenamentos reutilizáveis e o tamanho do software caso esse seja disponibilizado para download, considerando sempre o consumo energético do dispositivo.

De maneira semelhante, Raisian et al. (2021) abordam métricas a serem observadas, principalmente relacionada ao aumento da eficiência do uso de energia e recursos, sejam eles materiais ou humanos. Dentre essas métricas o autor destaca a eficiência energética e de recursos, usabilidade, produtividade, redução de custos, suporte ao funcionário e suporte às

ferramentas. O Quadro 1 apresenta uma síntese das práticas de desenvolvimento de software verde.

Quadro 1 – Práticas sustentáveis de desenvolvimento de software encontradas na revisão da literatura

Métricas ou práticas de desenvolvimento de software verde	Descrição
Reutilização de código	Fazer a reutilização de trechos de código que sejam aplicáveis em outras partes do programa, evitando escrever dois códigos que exercem a mesma função.
Eficiência computacional	Algoritmos rápidos e eficientes, utilizando de meios como a vetorização ou <i>multi-threading</i> , por exemplo.
Eficiência de dados	Minimizar a movimentação de dados, utilizando de um bom gerenciamento de memória cache.
Atenção ao contexto do software	Como o software reage em determinados ambientes, como em contextos em que o dispositivo está usando uma bateria ou está conectado à tomada.
Eficiência em segundo plano	Assegurar que quando o aplicativo estiver em segundo plano, ou seja, inativo, esse estado será o mais profundo possível, evitando atividades desnecessárias em segundo plano
Computação em Nuvem	Utilização de serviços de nuvem ao invés de servidores próprios.
Refatoração de código	Reescrever trechos de código, eliminando código duplicado, diminuindo classes e tornando-o mais legível.
Uso de videoconferências	Utilização de videoconferências a fim de evitar grandes deslocamentos.
Metodologia ágil	Uso do padrão ágil de desenvolvimento de software.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

2. Método de pesquisa

Neste projeto foi aplicado o método de estudo de casos. Essa abordagem qualitativa é indicada para pesquisas de caráter exploratório (Yin, 2010). Portanto, mostra-se uma estratégia adequada para o tema emergente e ainda incipiente sobre o desenvolvimento de produtos de software que incorporem a sustentabilidade como um requisito e propriedade de qualidade (Lago et al., 2015).

a. Processo de coleta de dados

O processo de coleta de dados envolveu a condução de entrevistas com profissionais pertencentes a empresas desenvolvedoras de software. A partir da revisão sistemática da literatura, foi elaborado um roteiro de entrevistas, inspirado no trabalho feito por Ibrahim et al. (2022), que caracteriza o processo de produção de software verde como um processo multifatorial, incluindo não somente fatores ambientais, mas também pessoais, recursos, organizacionais, técnicos e tecnológicos na formulação do roteiro de entrevistas. O questionário foi construído com perguntas predominantemente abertas, com o intuito de compreender como as empresas estão incorporando aspectos de sustentabilidade no setor de desenvolvimento de software. Ao final, foram entrevistados profissionais de três empresas (Quadro 2).

Quadro 2 – Características da empresa e profissionais entrevistados

Empresa	Informações da empresa	Entrevistado	Informações do entrevistado
Empresa A	Empresa atuante no setor financeiro, com mais de 90 mil funcionários.	Entrevistado A	Há mais de 18 anos na organização, atuando hoje como gerente de engenharia de software, atuando em regime híbrido.
Empresa B	Empresa fornecedora de softwares focados no varejo, atuando em diversos seguimentos do setor, atualmente conta com mais de 4 mil funcionários.	Entrevistado B	Há mais de 10 anos na empresa, atualmente é desenvolvedor especialista.
Empresa C	Empresa do setor de educação, com mais de 2 mil funcionários, que conta com materiais e plataformas digitais de educação.	Entrevistado C	Há cerca de dois anos na organização, atua como desenvolvedor em regime de trabalho remoto.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

b. Processo de análise dos dados

A análise de conteúdo e codificação foram realizadas com o auxílio do software Atlas.ti, permitindo o cruzamento e verificação das diferenças e semelhanças entre os casos para alcançar um padrão de convergência (Yin, 2010).

No software Atlas.ti, as respostas foram classificadas de acordo com o assunto da pergunta, o que permitiu observar semelhanças entre as respostas dos entrevistados. Dessa forma, foi possível uma melhor observação das convergências e divergências entre as respostas, facilitando a análise.

3. Análise e discussões dos resultados

Tendo em vista os resultados encontrados nas entrevistas conduzidas, nota-se que mesmo em empresas de diferentes segmentos, algumas práticas e características do desenvolvimento de software são alvos comumente perseguidos por elas. A adoção de uma metodologia ágil de desenvolvimento é comum entre as Empresas A, B e C. Além disso, o procedimento operacional do desenvolvimento das soluções segue o padrão de Coleta de requisitos, Planejamento, Desenvolvimento, Testes, Homologação e Publicação, assim como definido em Ibrahim et al. (2021), tendo apenas diferentes nomenclaturas para cada estágio do processo. Segundo os entrevistados das três empresas, a etapa de coleta de requisitos em suas organizações é preferencialmente feita de maneira remota, por meio de videoconferência, conforme sugerido por Naumann (2011).

No que diz respeito às tecnologias utilizadas, a maioria dos sistemas recentes das organizações dos entrevistados utilizam de linguagens e frameworks populares no mercado, com grande comunidade e amplo suporte, como Java, Python e C#. Contudo, foi relatada a existência de sistemas legados, que utilizam tecnologias mais antigas ou de suporte descontinuado, como Cobol, mencionado pelo Entrevistado A e Delphi, mencionado pelo Entrevistado B. O Entrevistado C também afirmou fazer refatoração, e que atualmente o sistema que está sendo refatorado foi implementado em Ruby com Rails, cerca de oito anos atrás. Nesse sentido, nota-se que a manutenção dos serviços é um fator relevante para as organizações, que vem utilizando tecnologias consolidadas, mas ao mesmo tempo atualizadas, além de buscar modernizar o que há de antigo por meio da refatoração, apontada como boa prática sustentável por Freed et al. (2023).

A respeito dos desperdícios presentes no processo de desenvolvimento de software, o

Entrevistado A menciona que apesar de facilitar os encontros e ser uma importante aliada na redução dos deslocamentos e viagens, a videoconferência tem ocasionado desperdício de tempo por muitas vezes ocasionar a existência de cerimônias desnecessárias ou a participação de pessoas além do preciso nas reuniões, o que gera desperdício de tempo para os envolvidos. Além disso, o retrabalho, funcionalidades desnecessárias, falta de reutilização e a falta de alinhamento entre as equipes são fatores que no entendimento dos entrevistados representam desperdícios, corroborando com que foi levantado em Ibrahim et al.(2021).

Acerca da utilização da computação em nuvem, os entrevistados responderam que suas respectivas organizações fazem uso. Segundo o entrevistado da Empresa A, a adesão atual em sua organização é de 66%, mas com o objetivo de chegar a 100% em 2027. Já o profissional da Empresa B disse que a adoção em sua organização gira em torno de 90% atualmente. A empresa C, por sua vez, tem 100% dos seus serviços hospedados na nuvem. Observa-se, portanto, que a utilização de computação em nuvem, mais especificamente os servidores, é algo que vem crescendo e tende a continuar nos próximos anos, uma vez que essa medida reduz os custos das empresas, pois dentre outros motivos, reduz o consumo de energia elétrica (Verdecchia et al., 2021).

4. Considerações finais

Esta pesquisa teve o objetivo de analisar como desenvolver soluções computacionais que contribuam com a sustentabilidade ambiental no contexto da indústria 4.0. Dentre os resultados observados, o mais relevante foi a grande adesão ao uso de computação em nuvem, principalmente para o armazenamento de dados. Foi possível identificar que grande parte das práticas mencionadas na literatura já são adotadas pelas empresas entrevistadas. Verificou-se também que tais práticas estão ligadas não somente a aspectos de sustentabilidade ambiental do desenvolvimento de software, mas também econômicos e técnicos, como a computação em nuvem, que diminui o gasto com energia elétrica, o que é não só considerado verde, mas também econômico financeiramente.

É válido ressaltar que este estudo possui limitações. Foram conduzidos apenas três casos e somente um profissional de cada empresa foi entrevistado. Sugere-se, portanto, que os estudos futuros conduzam um número maior de entrevistas a fim de chegar em resultados mais robustos e garantir mais perspectivas acerca do assunto.

Dessa forma, espera-se que este projeto contribua para o desenvolvimento da área de práticas verdes de desenvolvimento de software, demonstrando como o mercado de tecnologia brasileiro se enquadra nessas práticas. Por fim, é desejado que esse trabalho contribua para a popularização do tema, além da compreensão acerca da importância da sustentabilidade ambiental no processo de desenvolvimento de software.

Referências

CHOWDHURY, G. Building environmentally sustainable information services: A green is research agenda. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 63, n. 4, p. 633–647, 2012.

DICK, M.; NAUMANN, S.; KUHN, N. A model and selected instances of green and sustainable software. **IFIP Advances in Information and Communication Technology**, v. 328, p. 248–259, 2010.

DWIVEDI, Y. K. et al. Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action. **International Journal of Information Management**, v. 63, p. 102456, 2022.

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

FREED, M. et al. An Investigation of Green Software Engineering. **Communications in Computer and Information Science**, v. 1890 CCIS, p. 124–137, 2023.

IBRAHIM, S. R. A et al. The Development of Green Software Process Model: A Qualitative Design and Pilot Study. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 12, n. 8, p. 589–598, 2021.

IBRAHIM, S. R.A.; YAHAYA, J.; SALLEHUDIN, H. Green Software Process Factors: A Qualitative Study. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 18, 2022.

LAGO, P. et al. Framing sustainability as a property of software quality. **Communications of the ACM**, v. 58, n. 10, p. 70-78, 2015.

MOLLA, A.; COOPER, V.; PITTAYACHAWAN, S. The green IT readiness (G-readiness) of organisations: An exploratory analysis of a construct and instrument. **Communications of the Association for Information Systems**, v. 29, n. 1, p. 67-96, 2011.

MURUGESAN, S. Harnessing green IT: Principles and practices. **IT professional**, v. 10, n. 1, p. 24-33, 2008.

NAUMANN, S. et al. The GREENSOFT Model: A reference model for green and sustainable software and its engineering. **Sustainable Computing: Informatics and Systems**, v. 1, n. 4, p. 294–304, 1 dez. 2011.

RAISIAN, K. et al. The Green Software Measurement Structure Based on Sustainability Perspective. In: **2021 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)**. IEEE, 2021. p. 1-6. RAJPUT, S.; SINGH, S. P. Connecting circular economy and industry 4.0. **International Journal of Information Management**, v. 49, p. 98-113, 2019.

VERDECCHIA, R. et al. Green IT and Green Software. **IEEE Software**, v. 38, n. 6, p. 7–15, 2021.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. Beverly Hills: Sage Publishing, 2010.