

Um Novo Futuro para Sistemas de Informação: O Desafio da Consciência

Julio Cesar Sampaio do Prado Leite

Abstract

This chapter, based on the keynote of the 15th SBSI in Aracaju in 2019, aims to present the concept of awareness as an opportunity for research on Information Systems. The author's point of view refers to the understanding of Information Systems as an interdisciplinary field, in constant evolution, with the behavior of a System of E type as defined by Manny Lehman.

Resumo

Este capítulo, baseado em palestra proferida no décimo quinto SBSI na cidade de Aracaju em 2019, tem por objetivo apresentar o conceito de consciência como uma oportunidade de pesquisa para Sistemas de Informação. O ponto de vista utilizado pelo autor é o de entendimento de Sistemas de Informação como uma área interdisciplinar, em constante evolução, com comportamento de um Sistema do tipo E como definido por Manny Lehman.

2.1 Introdução

Os sistemas de informação computadorizados de apoio às organizações surgiram em meados de 1960 e evoluíram com o desenvolvimento

tecnológico. A característica particular dessa área de conhecimento era a junção do processamento de dados com teorias organizacionais.

O fato de que a informação é fundamental para a tomada de decisão justificou os enormes investimentos de adequação das organizações à crescente automação da sociedade. Esse fato é ancorado no truísmo: “a informação reduz a incerteza na tomada de decisão”. Dessa maneira, os sistemas de informação gerenciais (SIG) passaram, cada vez mais, a ter que lidar com contextos externos à organização, acarretando constante mudança dos padrões organizacionais e das tecnologias de apoio.

Novos nomes surgiram: TI, TIC, IdC. A avalanche de mudanças, que, em software, Lehman (1996) chamou de sistemas do tipo E, caracteriza a essência evolutiva desses sistemas. A visão funcional do que se deve fazer para atender ao cliente, hoje é acrescida da visão de qualidades que o sistema deve possuir. Essas qualidades são desde aquelas relacionadas à tecnologia, como também das demandadas pela sociedade como um todo, quer através de regulamentos explícitos, quer com base em padrões éticos vigentes.

Nessa Babel de inovação, a integridade dos sistemas está em constante questionamento. Como encarar esse grande desafio? Sabendo-se da falácia da completeza (do Prado Leite, 1988), mesmo assim é importante saber que horizontes de pesquisa podem ajudar a integridade dos sistemas. Nesse contexto, apresentamos o conceito de consciência, tanto interno como externo aos sistemas de informação.

Pretendemos abrir uma janela de oportunidade para pesquisas em sistemas, em que o conceito de evolução é uma premissa, daí a necessidade de tratar o conceito de consciência.

É importante ressaltar que esse capítulo parte de um conhecimento consolidado sobre sistemas de informação, fruto de 30 anos da cadeira de Sistemas de Informação na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Some-se a isso pesquisas desenvolvidas durante 34 anos na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) que levaram aos estudos iniciais de Consciência de Software (de Souza Cunha, 2014), (da Mota Moura, 2020).

2.2 Sistemas de Informação

A consolidação do conhecimento do autor sobre sistemas de informação adveio de várias fontes, sendo a coluna mestra a leitura de um conjunto de livros. As Figuras 1, 2, 3 e 4 mostram as capas desses livros. Para cada um deles, uma breve menção a sua principal contribuição nessa consolidação.

Figura 2.1 Capa dos Livros



Fonte: Os autores

O livro de Daniels, A. e Yeates, D. (1974) foi pioneiro ao tratar das “qualidades” dos analistas de sistemas, dentre as quais ressalto a necessidade de o analista ser detalhista, mas ao mesmo tempo ter uma visão global. Esse exemplo reflete a dificuldade de qualificar um profissional, tendo em vista que, de maneira geral, pessoas ou são generalistas ou detalhistas. Outro ponto a ressaltar é a apresentação do fluxograma organizacional, uma notação predecessora dos modelos de processos de negócio. No fluxograma organizacional, oriundo dos estudos de administração, os papéis ou atores ficavam nas colunas (vertical) e, nos modelos de processo de negócio atuais, ficam nas linhas (horizontal). Dias, D.S., no livro “O Sistema de Informação e a Empresa” (Dias, 1985), descreve a importância do alinhamento da empresa com o sistema de informação, fornecendo aspectos importantes ao planejamento de implantação desses sistemas.

Figura 2.2 Capa dos Livros



Fonte: Os autores

O livro de Koontz, H., O'Donnell, C. (1971), “Princípios de Administração”, é uma referência clássica em administração de empresas, ressaltando vários instrumentos de gerência, bem como discorrendo sobre a departamentalização e sua estruturação. É um livro com muito detalhe, mas importante para ter em conta os princípios fundamentais.

Mêlèse, J. (1973), em seu livro, trata dos sistemas de gestão de maneira geral, com ênfase especial no conceito de retroalimentação como fundamental para a gestão. Nele encontra-se uma descrição muito bem resumida do modelo ultra estável de Ashby. Esse modelo, oriundo dos estudos cibernéticos, é de extrema importância para o entendimento de sistemas diante da necessidade de uma evolução constante. O modelo de Ashby é uma semente do modelo de referência MAPE-K, proposto pela IBM para sistemas auto adaptativos (da Mota Moura, 2020).

O livro de Langefors (1985) é um marco da área, com várias definições que ajudam a ter uma visão fundamentada, em teoria, sobre sistemas de informação. Nele ressalta-se o foco sobre a construção de sistemas de forma construtiva, ou seja, baseada na constante verificação de que o refinamento de seus subsistemas coincide com a reificação destes. Langefors foi um dos líderes do movimento infológico, uma perspectiva que ressalta a perspectiva de dados no entendimento e construção de sistemas de informação.

Sanderson (1975), de uma maneira didática, apresenta os conceitos iniciais sobre o uso dos computadores nos Sistemas de Informação Gerenciais, ressaltando sua importância para as empresas.

Withington (1976) detalha distintas maneiras de organizar a equipe técnica de apoio à implantação e gestão de sistemas de processamento de dados. O livro é particularmente interessante porque resalta diferentes maneiras de organizar a equipe que cuida dos sistemas de informação, detalhando o perfil dos participantes.

Von Bertalanffy (2000) é o proponente da Teoria Geral de Sistemas, que é uma fonte básica para o entendimento do conceito de sistema como uma estrutura hierárquica para lidar com a complexidade. Vários de seus postulados foram fundamentais para caracterizar a perspectiva sistêmica, seu uso para descrever a natureza e seu uso na criação de artefatos artificiais, vistos como um sistema.

Figura 2.3 Capa dos Livros



Fonte: Os autores

O livro de Sá Carvalho (Carvalho, 1988) foi o outro livro utilizado durante o curso de Sistemas de Informação da UERJ. Nele o foco era mais centrado em expandir os conceitos da escola infológica com conceitos de teoria geral de sistemas para tratar de como definir e implantar os sistemas de informação. É notável, no livro, a analogia feita com fábricas, para criar o conceito de fábrica de informações,

como também o tratamento da construção construtiva, da ecologia da informação e do papel da ética na profissão de sistemas de informação.

Um ponto que ressalta a qualidade desses dois livros (Bio, 1985) e (Carvalho, 1988) é o fato de que foram utilizados como base durante mais de duas décadas, para passar os pontos fundamentais de sistemas de informação. A apresentação de seu conteúdo durante metade do semestre era base para trabalhos em grupo sobre temas correntes relacionados a sistemas de informação/tecnologias de informação. Dessa maneira o objetivo era consolidar o conhecimento básico, com métodos, técnicas e ferramentas em uso nas empresas ou em discussão no mercado profissional.

O livro de Morgan (1987) foi utilizado em um curso de Sistemas de Informação na pós-graduação da PUC-Rio, lecionado em conjunto com o Professor Antonio Furtado, um pioneiro da Informática. O livro categoriza visões sobre a organização através de uma extensa revisão bibliográfica sobre teoria organizacional. Seu ponto de partida é a análise organizacional feita sob a ótica das metáforas. Para Morgan, metáforas são uma maneira de pensar e uma maneira de ver as coisas. Morgan utiliza-se de 8 metáforas para entender a organização. Este livro é fundamental para que o profissional de Sistema de Informação entenda o contexto onde seus sistemas irão “viver”.

O livro de Motta (Motta, 1980) traz um resumo das escolas de administração desde a perspectiva de Taylor e Fayol até a perspectiva sistêmica. O sumário dessas distintas perspectivas elucida temporalmente os pontos principais de cada escola. Enquanto Morgan (Morgan, 1987) apresenta sua visão e classifica diferentes escolas, Motta é mais esquemático lidando pontualmente com cada uma. Novamente, o conhecimento de teoria organizacional/teoria administrativa é essencial para a formação em sistemas de informação.

O livro de Reix (Reix, 1998) ressalta uma visão holística de SI, focando na organização, mas levando em conta as tecnologias de apoio, principalmente aquelas relacionadas a banco de dados.

Em (Cook, 1996), o autor ressalta a importância de entender SI organizacionais sob a ótica de arquiteturas. Objetiva, por meio da reengenharia dos sistemas atuais, tornar os SI mais estruturados e organizados em consonância com a própria arquitetura organizacional. Considero um ganho poder olhar os SI sob a ótica arquitetural.

O livro de Imoniana (Imoniana, 2005) trouxe uma nova visão para o processo de garantia de qualidade dos SI, principalmente por fundamentar-se em uma área com grande conhecimento acumulado, Auditoria, para o contexto de Sistemas de Informação. Dessa forma, os Sistemas de Informação devem estar em constante auditoria, o que engloba tanto aspectos de Verificação como de Validação.

O livro de Johnson e Scholes (Johnson e Scholes, 1993) fornece uma visão estratégica da organização e introduz o conceito de análise de estratégias segundo as metas, as oportunidades e as condições do contexto. Dessa maneira fornece uma visão mais ampla da organização e os possíveis efeitos das estratégias organizacionais para os seus sistemas de informação.

Gates e Hemingway (1999) foi um livro que trouxe uma visão do futuro sobre a conectividade das organizações. Na época um livro importante para se preparar para a revolução da internet e dos sistemas de referência, ou seja, aqueles que expõe a organização ao mundo. Esse livro nos ajudou a entender os Sistemas de Informação como classificados em três tipos: a) **sistemas de decisão**, b) **sistemas operacionais** e c) **sistemas de referência**. Essa classificação parte da perspectiva de atores e sua relação com os SI. Então para (a) os atores principais são os clientes, ou seja, os tomadores de decisão na organização, para (b) os atores principais são usuários internos a organização, que lidam com o processamento transacional no dia a dia organizacional, e em (c) os atores principais são os usuários externos à organização, que utilizam esses sistemas como um preposto da própria organização. No caso (c), esses sistemas ao longo do tempo, usando tecnologias da Web, tornaram a organização um ente acessível de maneira global.

2.3 A Grande Mudança

O prenúncio de mudanças (Gates e Hemingway, 1999) começou a se consolidar em meados da primeira década do século XXI, com a Web se tornando cada vez mais o motor básico de várias organizações, que realizaram a integração de seus sistemas operacionais aos sistemas de referências, como também passaram a usar esses sistemas de referência como aliados dos sistemas de decisão.

Nos meados da segunda década, a ênfase de acesso à informação (sistemas de referência) deixou de ser da organização para o mundo, passando a representar uma troca direta de mão-dupla, enfatizando as características do sistema tipo E. Um caso típico dessa característica é o uso de sistemas de mídia social, como sistemas de referência das organizações, onde a troca entre organização e o mundo exterior não só é de mão dupla, mas torna-se um canal fundamental para o funcionamento da empresa.

Os seguintes pontos representam parte de um pano de fundo da grande mudança:

- **Grande Volume de Dados:** o volume de dados que foi vasculhado e armazenado por grandes vasculhadores permitiu não só um aprimoramento das máquinas de busca, mas principalmente a utilização dos dados por mineradores.
- **Tecnologia de Mineração (Inteligência Artificial):** as tecnologias de mineração de dados tiveram um grande avanço ao aprimorar os resultados da área de recuperação de dados, para modelos probabilísticos que permitiram um avanço considerável na área de aprendizado de máquina.
- **Internet Orientada a Serviços:** o uso de serviços através da interoperabilidade de sistemas na Web expandiu-se pela normatização de padrões de comunicação, pelas técnicas de virtualização e pela

difusão do conceito de nuvem. Esse tipo de infraestrutura permite que diferentes sistemas em distintas plataformas usem recursos entre si, através de contratos entre componentes usuários dos serviços e componentes fornecedores de serviço.

- **Arquitetura de Loja de Aplicativos:** o avanço das redes móveis e do hardware portátil (celulares) permitiu a popularização de aplicativos, ou seja, cada celular pode ter a organização com a qual se relaciona acessível desde sua plataforma móvel. Isso torna o sistema de referência de acesso de uma organização disponível de modo prático.
- **Redes Sociais / Sensores – Atuadores:** o uso das redes sociais como uma estratégia de marketing (atuador) e ao mesmo tempo como um portal para o subsistema de CRM (Customer Relationship Management - Gestão de Relacionamento com o Cliente), através do sensoriamento das opiniões dos clientes.
- **Repositórios de Software Abertos:** a maturidade do trabalho colaborativo na produção de software aberto foi marcada com o incrível crescimento da plataforma GitHub (GITHUB), que atualmente já incorpora software de aprendizado e de geração de código, baseada no extenso acervo de software dos mais variados domínios, utilizada de maneira privada em uma série de organizações (GITHUB).
- **Demanda por Características Qualitativas (Normas):** a demanda por mais qualidade, tanto de segurança como de privacidade, levou a que estados passassem a discutir normas e leis de proteção ao consumidor, forçando que os sistemas de informação e seus softwares de apoio passassem a ter uma qualidade superior. Além disso, torna-se cada vez mais frequente o uso dos tribunais para resolver aspectos legais referentes ao uso ou a ação de sistemas de informação.

A dependência cada vez maior das organizações em seus sistemas de informação, face à relevância dos sistemas de referência foi consequência

ência e motivadora para um volume considerável de novas tecnologias computacionais.

A tal ponto, que em 2020 o mundo estava preparado para funcionar on-line face à ameaça da pandemia. Só como um exemplo os software de colaboração com base na rede foram catapultados a grande popularidade, como o caso da plataforma Zoom. Um artigo sob a ótica de análise forense (Mahr et al., 2021) fornece uma visão da explosão do uso dessa ferramenta de software, na verdade um sistema de informação, apontando não só o crescimento gigantesco de seu uso, como implicações nos aspectos de segurança e privacidade.

Logo após o controle da pandemia e da gradativa volta ao trabalho presencial, uma nova onda de mudança surgiu, na qual duas empresas passaram a ser destaque. Uma de hardware, NVIDIA (2024), e outra de software, OpenAI (2024). A primeira com suporte computacional e infraestrutura de software para processamento e a segunda com um software que passou a ser a cara da inteligência artificial em 2023, o ChatGPT. Essa nova infraestrutura caracteriza-se pela inteligência artificial generativa, ou seja, a possibilidade de gerar textos e imagens com base no seu aprendizado. As duas companhias passaram a ser modelos a serem seguidos e que estabeleceram uma nova ecologia de hardware e software que impactará de maneira definitiva a arquitetura de sistemas de informação.

No entanto, existe uma série de desafios a serem transpostos para que os sistemas de informação possam fazer uso dessa nova ecologia de hardware e software. Trataremos isso na seção seguinte, tomando como base a visão de requisitos não-funcionais como um fator chave para lidar com esses desafios.

2.4 Os Desafios

Em 2019 exemplificamos os desafios com uma série de fotos. Na Fig. 4 temos exemplos dos desafios em segurança, privacidade, transparência e sustentabilidade.

Figura 2.4 Desafios



Fonte: Os autores

Em 2024 esses desafios estão no dia-a-dia da imprensa, não só com notícias sobre discussão sobre legislação referente a sistemas de referência, como também avisos de organizações para que o cidadão possa se proteger. Incrivelmente, dentre os maiores anunciantes estão os bancos, que apesar de pioneiros no uso de Sistemas de Informação fortemente baseados em softwares, hoje lidam com vários desafios de requisitos não-funcionais.

Uma recente coluna no jornal *Los Angeles Times* (Merchant, 2024) coloca o desafio enfrentado pelos softwares de inteligência artificial generativa, a violação ou não de leis de copyright, já havendo várias ações na justiça americana com pedidos dessa ordem, e existe a preocupação de que não só as companhias poderão ser penalizadas, como também os que usam os resultados dos geradores. Isso reflete a necessidade de lidar com o requisito de legalidade, ou seja, um requisito não-funcional.

Além do aspecto legal, é importante também levar em consideração aspectos éticos. Nesse ponto, vale lembrar o que é apresentado na Figura 5 que trata de Ética Profissional, trazendo um texto do livro do Professor Sá Carvalho (Carvalho, 1988). O referido texto foca na ética do profissional de Sistemas de Informação, mas hoje o desafio é que o Sistema de Informação tenha ética, ou seja mais um requisito qualitativo para ser tratado. Vale lembrar, também, que Sá Carvalho (Carvalho,

1988) já apontava para a necessidade de se ter uma visão ecológica, um dos aspectos da sustentabilidade.

Figura 2.5 Ética profissional de SI

Ética Profissional

A razão dessa nota é o final do Capítulo 8 do livro do Sá Carvalho, que diz:

“Assim, poderíamos, sem grandes pretensões, relacionar alguns itens de uma possível ética profissional do Analista de Sistemas, tal como o entendemos:

- 1- Trabalhar para a obtenção de benefícios reais, ao nível da empresa e do país, através da elaboração de sistemas de informações úteis, eficazes, que atendam às efetivas necessidades de informações dos usuários, dentro de uma perspectiva de apoio as suas ações concretas no seu meio ambiente; evitar a simples mecanização geradora de desemprego de outros profissionais.
- 2- Disseminar a informação tecnológica aberta e claramente, traduzindo, para o público leigo, todos os aspectos que, por terem possível influência sobre suas vidas, lhe interessarem; desmistificar permanentemente o jargão e as colocações publicitárias que tendam a transmitir idéias falsas acerca de custos, benefícios e conseqüências práticas da tecnologia sobre a vida das pessoas e das empresas.
- 3- Manter perfeito sigilo acerca de todas as informações que tiver, por força de sua atividade profissional, acesso, concernentes a pessoas físicas e jurídicas, sua intimidade e interesse diretos.
- 4- Defender e desenvolver, por todos os meios, a tecnologia nacional adequada e adaptada às necessidades do país, evitando contribuir para a desnacionalização de nossos meios de produção, de nossa economia e, principalmente, de nossa cultura.
- 5- Não estudar ou projetar sistemas que possam representar prejuízos sociais ou ambientais.” Luiz Carlos de Sá Carvalho (Análise de Sistemas O Outro Lado da Informática, Editora LTC, 1988)

Fonte: Os autores

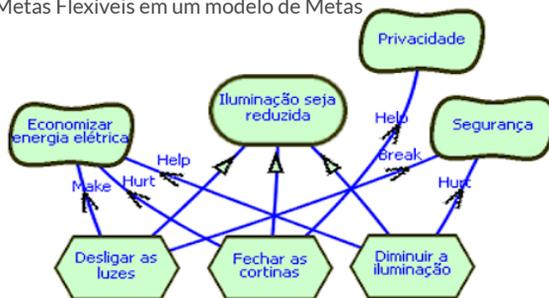
No nosso ponto de vista, influenciado por nossa pesquisa em engenharia de requisitos (Chung et al., 2009), a expressão de qualidades de um sistema de informação e de seus softwares de apoio deve ser entendida como um requisito não-funcional. Esse tipo de requisito tem como característica principal ser abstrato e ter várias possibilidades de ser realizado como uma operação ou uma ação, ao passo que os requisitos funcionais têm um viés claro de ação. Essa dicotomia foi registrada nos primórdios da categorização dessa diferença como requisito não-funcional. Claro que não é o melhor nome, mas é um legado, e, portanto, bastante corriqueiro na engenharia de software, como também em processos de negócio (Soffer et al., 2005) (Cappelli et al., 2010).

Com base no trabalho fundamental de Chung et al. na Universidade de Toronto (Chung et al., 2000), que propõe o NFR Framework, foi possível modelar/representar os requisitos não-funcionais como metas

flexíveis (softgoals) e dessa maneira ressaltar a característica de serem satisfeitas a contento (satisfied), em contraste com metas (goals) que podem ser satisfeitas. Isso significa que a satisfação a contento é função dos interessados, que assim definem seu grau de aceitação. Essa maneira de lidar com qualidade possibilita uma nova dimensão em modelagem, tornando possível a modelagem da variabilidade em alto nível de abstração, com diferentes níveis de contribuição pelas operações, que podem reificar a qualidade, ou seja tornar a qualidade uma função! Essa visão qualitativa e não quantitativa de requisitos é, de certo modo, uma noção que pode confundir aqueles que têm o costume de lidar com conceitos concretos. As contribuições no NFR Framework (Chung et al., 2000) são caracterizadas como make, help, ?, hurt, and break (++ , +, ?, -, --). Dessa maneira, qualifica a relação de como uma operação influencia a qualidade, segundo a ótica dos interessados. Além disso, essa modelagem permite identificar requisitos conflitantes (Cappelli et al., 2010).

Um exemplo que ajuda a entender o conceito de contribuição pode ser visto na Figura 6. Vejam que as operações contribuem de maneira distinta para cada RNF modelado. No caso de Economia, a operação Desligar as luzes tem uma relação make, mas tem uma relação hurt para Fechar as cortinas, e uma relação help com Diminuir a iluminação. Já no caso de Segurança, as contribuições são outras, assim como no caso da Privacidade. Pode-se notar também na figura o conflito entre economizar energia e a segurança.

Figura 2.6 O uso de Metas Flexíveis em um modelo de Metas



Fonte: Os autores

Portanto o *NFR Framework* (Chung et al., 2000) é uma linguagem de modelagem que permite que a variabilidade relacionada a um RNF seja modelada e que dê apoio à escolha da melhor alternativa, conforme o caso. Por outro lado, vemos também na Fig. 6 uma outra característica importante dos RNFs: sua transversalidade. Ou seja, como vimos no caso da Economia, essa qualidade permeia três operações, enquanto a Segurança permeia duas. A característica de transversalidade foi explorada em processos de negócio (Cappelli et al., 2010) e em (da Silva, 2006) e em (Yu et al., 2004).

Avanços na direção de requisitos de qualidade sociais, tratados pelos conceitos do *NFR Framework* (Chung, 2000), foram iniciados por Cysneiros e Leite (2020), tomando como base o preceito de CSR (*Corporate social responsibility* - Responsabilidade social corporativa). Nesse sentido, pesquisas recentes (Kwan et al., 2021), (Portugal et al., 2022), (do Prado Leite e Maciel, 2023) buscam ampliar o leque dos requisitos não-funcionais para que essas demandas reflitam requisitos sociais que afetam o contexto dos sistemas de informação.

Na próxima seção iremos explorar o conceito de consciência (Cunha, 2014) e (da Mota Moura, 2020), entendendo-o como um requisito não-funcional fundamental para encarar os desafios trazidos pelos requisitos não-funcionais de natureza social.

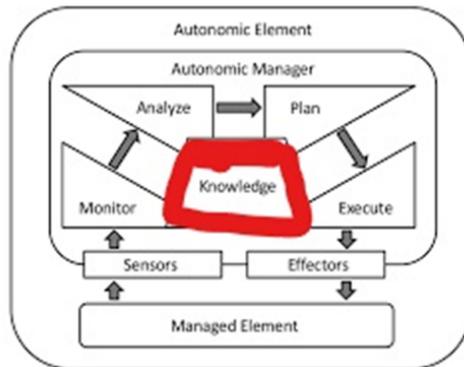
2.5 Novo Futuro

Nosso entendimento de consciência está fundamentado na tese de doutorado de Herbet Cunha (2014), que apresentou uma visão que consideramos um avanço sobre como a literatura de computação vinha tratando o tema. O ponto principal do conceito é ter noção do que ocorre ao redor, estar ciente. Na literatura de computação o termo usualmente empregado é *awareness*, com essa qualidade sendo aplicada com ênfase ao contexto, ao local.

Ao utilizar o termo em português, além de seguir a grande maioria das traduções, impõe uma visão mais holística como a advogada por

Joseph Goguen (2002): “*Consciousness studies is a new rapidly evolving highly interdisciplinary field. Disciplines involved include psychology, philosophy, physics, sociology, religion, dynamical systems, mathematics, computer science neuroscience, art, biology, cognitive science, anthropology, and linguistics. Even in the early 1990’s most scientists considered consciousness taboo, but now it is often presented as the most important unsolved problem in Science*”. É importante ter em conta que a referência a Goguen não impõe sobre nosso trabalho o grande desafio de resolver o problema, mas nos ajuda a ter uma visão mais ampla do conceito e de seu uso, principalmente na questão de evolução de um sistema de informação. De certo modo, ao reunir a questão de consciência com a observação de Lehman sobre sistemas tipo E, estamos ressaltando que, para evoluir no sentido do possível, é preciso ter consciência de uma série de fatores, a começar pelo conhecimento do ente que é alvo da evolução.

Figura 2.7 O modelo MAPE-K, conforme mostrado em (47)



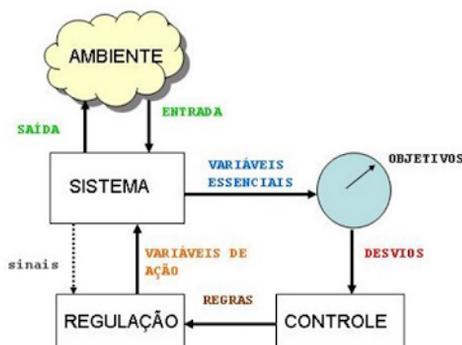
Fonte: Os autores

Nesse sentido, o modelo de computação autônoma proposto pela IBM (2006), “*Autonomic computing is about shifting the burden of managing systems from people to technologies.*”, representa uma visão

de consciência na medida em que sensores e atuadores comunicam-se com o meio ambiente, e que a tomada de decisões utiliza uma base de conhecimento. A Fig. 7 mostra um esboço do MAPE-K (*Monitor-Analyze-Plan-Execute-Knowledge* – Monitora-Analisa-Planeja-Executa-Conhecimento) (Ewing, 2015), feito com base em (IBM, 2006). Vejam que na figura a palavra conhecimento foi marcada, isso enfatiza a importância do volume e da qualidade do conhecimento disponível.

Lembrem que, na Seção 2, falamos do livro de Melése (1973). Mencionamos o modelo ultra estável de Ashby como precursor do MAPE-K, que foi utilizado no trabalho de doutorado de Ana Moura (da Mota Moura, 2000). A Fig. 8 mostra o modelo ultra estável (SISDINF BLOG). Vejam que na Fig. 7 sensores são variáveis essenciais e atuadores são variáveis de ação no modelo ultra estável. Sistema, nesse modelo, é o elemento gerenciado na Fig. 7. Interpretando o modelo MAPE-K com o modelo ultra estável, podemos dizer que a parte de monitorar trabalha os dados dos sensores, a parte de analisar compara com os objetivos e detecta os desvios, a parte de planejar faz controle, gerando regras, e a parte de executar gera os atuadores por meio da regulação. O conhecimento implícito no modelo ultra estável é apresentado como ponto central no MAPE-K.

Figura 2.8 O modelo ultra estável de Ashby (48)



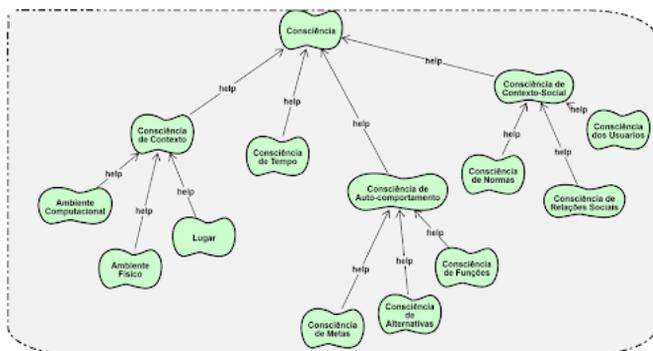
Fonte: Os autores

Usando o viés holístico de Goguen, Cunha (de Souza Cunha, 2014) modelou no NFR Framework (Chung et al., 2000) o conhecimento elicitado com base no estudo de várias fontes de conhecimento sobre quais seriam as qualidades que contribuem para a qualidade de consciência, gerando um catálogo de RNF (Requisitos Não-Funcionais) para consciência (Fig. 9), semelhante ao catálogo construído para a qualidade transparência (Leite, 2010).

Portanto, usando os relacionamentos de contribuição, o catálogo nos diz que a qualidade de consciência recebe contribuições do tipo help (+) das seguintes outras qualidades: consciência do contexto, consciência do tempo, consciência do auto comportamento, e consciência social. Por outro lado, essas qualidades têm contribuições do tipo help de outras qualidades, como, por exemplo: legalidade, sociabilidade e usabilidade, no caso da consciência social.

O catálogo expande a visão de consciência, primeiro tratando da consciência do mundo externo (contexto, tempo, social) e do mundo interno através da consciência do auto comportamento, com as contribuições do tipo help das qualidades de consciência relativas a: objetividade, variabilidade e funcional. Dessa maneira, o conceito de consciência expande a visão geral de tratar *awareness* como fundamentalmente uma

Figura 2.9 Catálogo de Consciência (3)



Fonte: Os autores

consciência contextual. Outra importante contribuição desse modelo é explicitar a qualidade temporal, fundamental para o objetivo de utilizar a consciência como maneira de tratar da evolução de sistemas.

Portanto, resumindo a principal mensagem transmitida em 2019 e reiterada neste texto, acreditamos que estudos avançados de sistemas de informação, voltados para sua evolução, devem levar em consideração a qualidade de consciência de forma a estarem bem preparados para garantir mais qualidade aos sistemas de referência, que são fundamentalmente a porta dos sistemas de informação organizacionais para a sociedade.

Um esboço inicial do uso do conhecimento sobre consciência no desenho de sistemas de informação públicos foi apresentado em um painel no SBSI 2023 (do Prado Leite e Maciel, 2023). Nesse caso específico o objetivo é o de que plataformas públicas de estado, no caso gov.br, sejam veículos que tenham consciência sobre sustentabilidade ambiental e agreguem aos seus serviços consciência ambiental como uma maneira de sensibilização dos cidadãos usuários para com o meio ambiente para cumprir a norma constitucional expressa no artigo 225 § 1º inciso VI, que ensina: “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”. Nesse caso, sensores de situações locais ou de interesses de contexto social poderiam ser utilizados, assim como situações internas do próprio software que poderiam informar sobre sua performance, referente ao uso de energia (Cordeiro et al., 2023).

2.6 Conclusão

Tomando por base a palestra de 2019, procuramos dar uma visão histórica dos sistemas de informação organizacionais, abordamos as grandes mudanças do início do século 21, os desafios que persistem face não só à situação existente em 2019, antes da pandemia, como a situação corrente, onde ondas de inovação que surgiram no pós-pandemia e estão ainda efervescentes no momento dessa escrita.

Como dissemos, a democratização do acesso a tecnologias baseadas em inteligência artificial passa a ser, ao mesmo tempo, uma grande oportunidade para os sistemas de informação organizacionais, como também impõem uma série de desafios, principalmente aqueles voltados para os requisitos não-funcionais de cunho social. Portanto, a arquitetura e construção de sistemas de informação têm que estar preparadas para lidar com a evolução tecnológica, mas também com os desafios gerados por seu uso.

Nossa visão é que sistemas de informação que levem em conta, na sua arquitetura, a preocupação com a consciência, têm a possibilidade de estarem mais preparados para evoluírem com a qualidade necessária. Claro que, ao se ter um cuidado especial com os sensores e atuadores relacionados com o sistema, ter-se-á um aumento do seu custo de construção, por aumento da quantidade de requisitos a serem tratados. No entanto, uma arquitetura que procure tratar da aquisição e uso da consciência é uma maneira mais organizada para o emprego de tecnologias de automação. Entendemos que a aquisição dos dados dos sensores (o M do MAPE-K), a gerência do conhecimento (o K do MAPE-K), sua interpretação (o A do MAPE-K), assim como seu planejamento e execução (o P e o E do MAPE-K) apresentam uma metáfora apropriada para o emprego de softwares, com capacidade de aprendizado e geração de artefatos, baseados em consciência.

Portanto, voltando ao que disse Goguen (2002): “... the most important unsolved problem in Science”, o desafio é enorme, mas acreditamos que entender melhor o conceito de consciência, como aqui apresentado, é uma proposta inicial de uma estratégia modular para o tratamento dessa avalanche de mudanças que estão acontecendo e que estão por vir. Esperamos que essa visão possa ser explorada por novas pesquisas, a ponto de sua operacionalização e posterior implantação.

Agradecimentos

O autor agradece o apoio do CNPq, que apoiou o trabalho oferecendo bolsa de pesquisador sênior, e do Instituto de Computação da UFBA. A palestra de 2019, contou com o apoio do CNPq, e da PUC-Rio. Faz-se necessário também um agradecimento à UERJ em que, por 30 anos, o autor atuou como professor da cadeira de sistemas de informação. É importante ressaltar a contribuição da revisão colaborativa efetuada nesse texto: muito obrigado!.

Referências

- BIO, R. S. Sistemas De Informação: Um Enfoque Gerencial. Atlas, 1985.
- CARVALHO, L. C. S. Análise de Sistemas - o Outro Lado da Informática. LTC, 1988.
- CAPPELLI, C., et al. Reflections on the modularity of business process models: the case for introducing the aspect-oriented paradigm. *Business Process Management Journal*, v.16, n.4, p.662-687, 2010.
- CAPPELLI, C., et al. Transparency versus security: early analysis of antagonistic requirements. In: *Proceedings of the 2010 ACM symposium on applied computing*, 2010.
- CHUNG, L.; LEITE, J. C. S. P. do Prado. On non-functional requirements in software engineering. In: *Conceptual modeling: Foundations and applications: Essays in honor of John Mylopoulos*, 2009, p.363-379.
- CHUNG, L., et al. *Non-functional requirements in software engineering*. Vol. 5. Springer Science & Business Media, 2000.
- CYSNEIROS, L. M.; LEITE, J. C. S. P. do Prado. Non-functional requirements orienting the development of socially responsible software. In: *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling: 21st International Conference, BPMDS 2020, 25th International Conference, EMMSAD 2020, Proceedings 21*, 2020.
- DANIELS, A.; YEATES, D. *Formação Básica Em Análise de Sistemas*. LTC/LTD, 1974.

- DA MOTA MOURA, A. M. Reengenharia de Sistemas Autoadaptativos Guiada pelo Requisito Não Funcional de Consciência de Software. Tese de Doutorado, Departamento de Informática, PUC-Rio, 2020.
- DA SILVA, L. F. Uma Estratégia Orientada a Aspectos para a Modelagem de Requisitos. Tese de Doutorado, Departamento de Ciência da Computação, PUC-Rio, 2006.
- DE SOUZA CUNHA, H. Desenvolvimento de Software Consciente com Base em Requisitos. Tese de Doutorado, Departamento de Informática, PUC-Rio, 2014.
- DIAS, D. S. O Sistema de Informação e a Empresa. LTC, 1985.
- DO PRADO LEITE, J. C. S. Viewpoint resolution in requirements elicitation. University of California, Irvine, 1988.
- DO PRADO LEITE, J. C. S.; MACIEL, R. S. P. Consciência Verde para Sistemas de Informação Públicos. Anais Estendidos do XIX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. SBC, 2023.
- EWING, J. M. Autonomic performance optimization with application to self-architecting software systems. George Mason University, 2015.
- GATES, B.; HEMINGWAY, C. Business at The Speed Of Thought Using A Digital Nervous System. Viking, 1999.
- GITHUB. 100 million developers and counting. Disponível em: <<https://github.blog/2023-01-25-100-million-developers-and-counting/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- GITHUB. Disponível em: <<https://github.com/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- GOGUEN, J. A. Consciousness and the Decline of Cognitivism. Advance Papers, Second Workshop on Distributed Collective Practice. San Diego: University of California, 2002.
- GORDON, D. B.; OLSON, M. H. Management information systems: Conceptual foundations, structure, and development. McGraw-Hill, Inc., 1984.
- IBM. An architectural blueprint for autonomic computing. IBM White Paper 31.2006, p.1-32, 2006.
- IMONIANA, J. O. Auditoria De Sistemas De Informação. Atlas, 2005.

- JOHNSON, G.; SCHOLE, K. Exploring Corporate Strategy. Prentice Hall, 1993.
- KOONTZ, H.; O'DONNELL, C. Princípios de Administração. Livraria Pioneira Editora, 1971.
- KWAN, D.; CYSNEIROS, L. M.; LEITE, J. C. S. P. Towards achieving trust through transparency and ethics. In: 2021 IEEE 29th International Requirements Engineering Conference (RE), 2021.
- LANGFORS, B. Teoría de los sistemas de información. El Ateneo, 1985.
- LANGFORS, B.; SAMUELSON, K. Information and data in systems. Petrocelli/Charter, 1976.
- LEHMAN, M. M. Laws of software evolution revisited. European workshop on software process technology. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1996.
- LOBOS, A. J. Comportamento Organizacional: Leituras Seleccionadas. Ed. Atlas, 1978.
- MAHR, A., et al. Zooming into the pandemic! A forensic analysis of the Zoom Application. Forensic Science International: Digital Investigation, v.36, 2021, p.301107.
- MARKUS, M. L. Systems in Organizations: Bugs & Features. Pitman, 1984.
- MERCHANT, B. The AI industry has a battle-tested plan to keep using our content without paying for it. Los Angeles Times, Jan, 12, 2024.
- MOTTA, F. C. P. Teoria Geral da Administração: Uma introdução. Livraria Pioneira Editora, 1980.
- MORGAN, G. Images of Organization. Sage, 1987.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. Administração ou Informática: compatíveis? Cartgraf, 1985.
- OPENAI. Disponível em: <<https://openai.com/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- NVIDIA. Disponível em: <<https://www.nvidia.com/pt-br/>>. Acesso em: 08 jul. 2025.
- PORTUGAL, R. L. Q.; CYSNEIROS, L. M.; LEITE, J. C. S. P. Explainability in a time of socially responsible software. In: 2022 IEEE 30th International Require-

ments Engineering Conference (RE), 2022.

REIX, R. Systemes D'Information Et Management Des Organisations. Vuibert, 1998.

SANDERSON, P. Management Information Systems and the Computer. Pan Books, 1975.

SISDINF BLOG. Retro alimentação (feedback). Disponível em: <<https://sisdinf.blogspot.com/2007/04/retro-alimentao-feedback.html?m=1>>. Acesso em: 08 jul. 2025.

SOFFER, P.; WAND, Y. On the notion of soft goals in business process modeling. Business Process Management Journal, v.11, n.6, p.663-679, 2005.

TARDIEU, H.; NANCI, D.; PASCOT, D. Conception d'un système d'information: construction de la base de données. Gaetan Morin, 1979.

VON BERTALANFFY, L. General System Theory. George Braziller Publishers, 2000.

WITHINGTON, F. G. A Organização da Função de Processamento de Dados. LTC, 1976.

YU, Y.; LEITE, J. C. S. P. do Prado; MYLOPOULOS, J. From goals to aspects: discovering aspects from requirements goal models. In: Proceedings. 12th IEEE International Requirements Engineering Conference, 2004.