

Um Estudo Preliminar Sobre a Saúde de Ecossistemas de *Software*

Francisco Mateus dos Anjos Silva², Francisco Victor da Silva Pinheiro^{1,2},
Emanuel Ferreira Coutinho^{1,2}

¹Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP)

²Universidade Federal do Ceará (UFC) – Quixadá – CE – Brasil

{mateus.16745, victor.pinheiro.ce}@alu.ufc.br, emanuel.coutinho@ufc.br

Abstract. *Software ecosystems (SECO) refer to a collection of software products that have some degree of relationship, bringing several benefits to organizations as they enable a global view of suppliers, customers and relationships. An issue related to SECO is health, being an extremely important factor. Assessing the health of SECO is a critical activity for common organizations, partners or even developers. This allows to know the real health status of all those interested to get involved in the ecosystem. This work seeks to analyze the health of SOLAR SECO, from a model, to contribute to the literature with ECOS assessments. The analysis and evaluation carried out in this article can be a reference to support further research.*

Resumo. *Ecossistemas de software (ECOS) se referem a uma coleção de produtos de software que possuem algum determinado grau de relação, trazendo vários benefícios para organizações pois possibilitam uma visão global dos fornecedores, clientes e relacionamentos. Um assunto relacionado a ECOS é a saúde, sendo um fator de extrema importância. Avaliar a saúde do ECOS é uma atividade fundamental para organizações, parceiros ou mesmo desenvolvedores comuns. Isso permite saber o estado de saúde real de todos os interessados a se envolver no ecossistema. Este trabalho busca analisar a saúde do ECOS SOLAR, a partir de modelo, para contribuir com a literatura em avaliações de ECOS. A análise e avaliação realizadas neste artigo podem ser referência para apoiar novas pesquisas.*

1. Introdução

Ecossistemas de *software* (ECOS) ganharam muita atenção nos últimos anos, existindo vários conceitos. Por exemplo, Messerschmitt e Szyperski (2005) afirmaram que um ECOS se refere a uma coleção de produtos de *software* que têm algum determinado grau de relação. Diz-se que os ECOS fornecem vários benefícios para organizações que adotam essa abordagem. Eles inovam de forma mais rápida, aumentam a atratividade para novos clientes, compartilham o custo da inovação e ao compartilhar essa atividade com terceiros, conseguem diminuir o custo de manutenção de *software* [Bosch 2009]. Nesse cenário, muitas organizações estão adotando essa abordagem. Como exemplo tem-se o sucesso de muitos códigos abertos e comerciais ou organizações como *Hadoop*, *Eclipse*, *Apple*, entre outros.

Nesse contexto, existem diversas características que podem ser estudadas em ECOS, a partir de um modelo de ECOS e outras informações sobre ele, como modelagem, experimentação e saúde de ECOS. Este artigo aborda a saúde dos ecossistemas de *software*, que é um fator de extrema importância. Em Iansiti e Levien (2004), os autores afirmaram que um ecossistema saudável oferece oportunidades de crescimento duradouro para seus membros e para aqueles que dependem dele. Avaliar a saúde é uma atividade fundamental para organizações, parceiros ou mesmo desenvolvedores comuns. Isso permite saber o estado de saúde real de todos os interessados a se envolver no ecossistema.

Os resultados de pesquisas sobre saúde de ECOS devem ser publicados para a comunidade do ecossistema de *software*. Organizações podem usar um processo de avaliação consolidado para considerar a participação e o investimento de recursos no ecossistema. Além disso, os resultados de uma avaliação de saúde eficaz podem ajudar outras organizações a avaliar e comparar plataformas antes de basear novos produtos nos ativos disponíveis no ecossistema.

Diante da importância de se obter estudos de avaliações em ECOS, decidiu-se por realizar uma análise e avaliação parcial da saúde do ECOS SOLAR para contribuir com a literatura em avaliações de ECOS. A análise e avaliação realizadas neste artigo podem ser referência para apoiar novas avaliações e pesquisas.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 aborda o referencial teórico, onde apresentam-se definições de ecossistemas de *software* e saúde em ecossistemas de *software*. Na Seção 3 são discutidos os trabalhos relacionados ao trabalho proposto. A Seção 4 aborda a metodologia. Posteriormente, a Seção 5 apresenta o Ambiente Virtual de Aprendizagem SOLAR e ECOS SOLAR. Na Seção 6 a análise dos resultados é descrita. Por fim, na Seção 7 apresenta-se a conclusão.

2. Referencial Teórico

Esta seção apresenta alguns conceitos de ecossistema de *software* (ECOS) e de saúde de ECOS, importantes para auxiliar no entendimento do trabalho.

2.1. Ecossistemas de *Software* (ECOS)

Ecossistemas podem ser denominados de conjuntos, ou seja, grupos que embora sejam distintos entre si, interagem de maneira mútua e disciplinada. O termo ecossistema foi proposto pela primeira vez pelo ecólogo Arthur Tansley em 1935, onde se definiu ecossistema como parte dos sistemas que existem na natureza e se desenvolvem gradualmente, tornando-se cada vez mais integrados e ajustados em equilíbrio [Tansley 1935]. Apesar de cabível, esta definição se distancia da discussão sobre ECOS, sendo a noção de ecossistemas humanos mais correspondente.

A partir do momento em que uma empresa conduz seus produtos de *software* além de seus limites organizacionais, passando a disponibilizar sua plataforma e a interagir com atores externos à sua organização, é formado um ECOS [Bosch 2009]. ECOS é uma metáfora de engenharia de *software* que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de *software* centrada em plataformas de *software* na última década [Coutinho et al. 2019]. Na literatura existem algumas definições de ECOS. Uma delas é apresentado em Messerschmitt e Szyperiski (2005): “Tradicionalmente, um ecossistema

de *software* se refere a uma coleção de produtos de *software* que têm algum determinado grau de relações simbióticas”.

Além disso, Jansen et al. (2007) propuseram que um ECOS pode ser definido como um conjunto de atores funcionando como uma unidade, interagindo com um mercado distribuído entre *softwares* e serviços, junto com as relações entre eles, que são geralmente apoiadas por uma plataforma tecnológica ou um mercado em comum, funcionando através da troca de informações, recursos e artefatos.

Segundo Bosch (2019), um ecossistema humano é um conjunto de atores e suas conexões e atividades, tais como as transações realizadas em torno dessas conexões, onde são considerados os fatores físicos e não físicos, podendo ser discernido entre ecossistemas comerciais e sociais.

Em um ecossistema comercial ou de negócios, os atores são os negócios, fornecedores e clientes, os fatores são os serviços e as transações são, além das financeiras, o compartilhamento de conhecimento e de informação, contatos pré e pós vendas, e outras coisas [McGregor 2010].

2.2. Saúde em Ecossistemas de Software

De acordo com Santos et al. (2014), saúde em ECOS é a capacidade de um ECOS permanecer estável e expandir, atendendo às demandas diárias. Medir a saúde de um ECOS é definir o grau em que este oferece oportunidades para as companhias e os atores que dependem dele. É importante que a rede de relações de um ECOS seja forte, e que isso não diminua ou acabe. Isso se deve ao grau de investimento que existe tanto por parte da empresa que mantém a plataforma, quanto por empresas e comunidades de desenvolvimento externas [Bosch 2009].

Desse modo, pode-se definir que um ECOS saudável é aquele que mantém seu potencial produtivo e a capacidade de atrair mais interessados, sem ser comprometido por problemas de fragmentação [Silva et al. 2018]. Ao mesmo tempo que se mantém e se expande, adota estratégias para manter seu bom funcionamento ao longo do tempo [da Silva Amorim et al. 2017a].

Iansiti e Levien (2004) e Hartigh et al. (2006) apresentam que a saúde em ECOS é a capacidade de desenvolver o ecossistema e mantê-lo atraente para todos os membros da comunidade. Eles também fornecem três indicadores de saúde: robustez, produtividade e criação de nicho.

A robustez é a capacidade do ECOS de sobreviver a interrupções, tais como mudanças tecnológicas imprevistas. Os benefícios são óbvios: uma empresa que faz parte de um ecossistema robusto goza de relativa previsibilidade e as relações entre os membros do ecossistema são protegidas contra choques externos. Por exemplo, na relação entre a *Microsoft* e sua comunidade de fornecedores independentes de *software*, o ecossistema coletivamente tem sobrevivido à adoção da *World Wide Web (WWW)* [Iansiti and Levien 2004]. A robustez descreve quão bem um ECOS pode se recuperar após um forte estresse, por exemplo, a perda de participantes que compõem organização chave ou de agentes de nicho em lote, e avanços tecnológicos que afetam grande parte do ECOS, isto é, sua comunidade ou plataforma [Santos et al. 2014]. Portanto, a robustez é a capacidade do ECOS sustentar a sua rede de relacionamentos e manter a arquitetura

da plataforma estável. Para ter boa robustez é necessário: criar modelo de parceria, fazer *marketing*, aumentar os lucros, estabelecer programas de desenvolvimento de parceiros, formar alianças, estabilizar APIs, aumentar as barreiras de entrada, tornar os parceiros explícitos e propagar o conhecimento da operação [Wnuk et al. 2014].

A produtividade é a capacidade do ECOS adaptar e entregar novas tecnologias, processos e ideias aos seus participantes, e descreve o nível de atividade do ECOS, isto é, volume de transações criadas (comerciais ou não), de valor agregado e de novos atores atraídos [Hartigh et al. 2006] [Santos et al. 2014]. Para ter boa produtividade é necessário: organizar dias de desenvolvedor, marketing colaborativo, criar programa de parceiro de vendas e criar novos canais de vendas [Wnuk et al. 2014].

A criação de nicho é a capacidade do ECOS de ter potencial de inovação produtiva. A melhor medida disso é a capacidade do ecossistema aumentar a diversidade significativa através da criação de novas funções ou nichos valiosos. Uma forma de avaliar a criação de nichos é analisar até que ponto as tecnologias emergentes estão realmente sendo aplicadas sob a forma de uma variedade de novos negócios e produtos [Iansiti and Levien 2004]. Portanto, a criação de nicho é a capacidade do ECOS inovar ou propiciar que a sua comunidade o faça, e descreve a capacidade de criar oportunidades para que atores novos e antigos explorem novas possibilidades comerciais ou não [Hartigh et al. 2006] [Santos et al. 2014]. Para ter boa criação de nicho é necessário: expandir a aplicabilidade, tornar a estratégia explícita, criar APIs, co-desenvolvimento, desenvolver plataformas complementares e desenvolver novos modelos de negócios [Wnuk et al. 2014].

O ecossistema KDE é um exemplo de ecossistema saudável. Esse ecossistema têm uma organização sem fins lucrativos que apoia questões comerciais e financeiras para melhorar sua robustez. O KDE também possui algumas práticas para aumentar a produtividade fornecendo um conjunto de ferramentas para desenvolvimento e testes. Por último, o ecossistema possui políticas específicas para atrair novos incorporadores e receber novos projetos, aumentando sua capacidade de criação de nicho [Da Silva et al. 2017].

Ainda sobre o conceito de saúde de *software*, no trabalho de Manikas e Hansen (2013), os autores afirmaram que a saúde do ecossistema de *software* é composta pela saúde de seus componentes. A interação entre esses componentes afeta todo o ecossistemas de *software*.

Lingen et al. (2013) analisaram a saúde de ECOS das três plataformas de sistemas de gerenciamento de conteúdo de código aberto mais populares (*WordPress*, *Joomla* e *Drupal*) de acordo com os seguintes indicadores de saúde que eles estabeleceram:

- Crescimento da plataforma em módulos;
- Crescimento da plataforma em número de desenvolvedores;
- Identificação dos contribuidores;
- Atualização de módulos;
- Localizabilidade do ecossistema;
- Centralidade da plataforma;
- Mercado de ações;
- Nível de contribuição.

Em Silva Amorim et al. (2017b), os autores definiram os seguintes indicadores de saúde de ECOS: produtividade, atratividade, capacidade de sobrevivência, longevi-

dade, sucesso, melhoria, conexão, interações e dependências. Além disso, eles apresentaram um conceito para saúde de ecossistemas de *software*: “Um ecossistema de *software* saudável tem a capacidade de manter sua produtividade e atratividade, enfrentando problemas, interrupções e junções. Ao mesmo tempo, eles também monitoram e implementam avanços de suas estratégias para alcançar o sucesso ao longo do tempo”. Esse sucesso deve incluir todos os seus elementos internos, considerando suas interações e dependências.

3. Trabalhos Relacionados

No artigo de Santos et al. (2014), os autores apresentaram uma discussão inicial sobre qualidade em ECOS visando identificar alguns desafios e oportunidades. Como o Desenvolvimento Distribuído de *Software* (DDS) já é uma realidade na comunidade de *software*, alguns dos desafios de qualidade em ECOS identificados vêm do DDS, mas com muitas questões relacionadas à arquitetura e aos modelos de negócio. Os principais itens de qualidade incluem a aplicabilidade dos métodos atuais para maturidade e capacidades de processos de *software* relacionados ao ambiente ECOS, bem como a gestão de conhecimento e os aspectos sociais dos diferentes atores, a fim de proporcionar ao ECOS maior qualidade e saúde. Contudo, ainda são necessários trabalhos que investiguem mais a fundo ECOS. Pensando nisso, os autores sugeriram como trabalhos futuros desenvolver um *framework* para gestão e monitoramento da qualidade em ECOS, bem como explorar a qualidade de processos e produtos a partir de elementos de DDS.

A complexidade do ambiente de ECOS, no qual o gerenciamento de projetos não é simples, gera desafios muito difíceis para o controle de qualidade. Esses fatos são referentes à saúde de um ECOS, que é a capacidade que o ecossistema tem de se manter e expandir ao longo do tempo diante de desafios. Por conta deste problema, Carvalho (2018) propôs uma arquitetura chamada Heal Me, com a finalidade de analisar a saúde de ECOS. Foi efetuado um mapeamento sistemático e identificadas as soluções atuais. Além disso, foi encontrado um conjunto de métricas para avaliação de saúde. Com isso, uma ontologia de domínio foi desenvolvida para analisar o ambiente de ECOS e aplicar regras semânticas para análise de saúde. Com base na ontologia, foi proposta e desenvolvida a arquitetura Heal Me, que é uma arquitetura de *software* que pode realizar análises automatizadas de saúde de ECOS. Foi realizado um estudo de caso com especialistas para avaliar a eficácia da análise da primeira implementação. Os resultados obtidos indicam a possibilidade da utilidade da arquitetura em seus objetivos e as vulnerabilidades a serem abordadas nas próximas versões.

Neste artigo, um estudo sobre a saúde do ECOS SOLAR foi conduzido. Os trabalhos relacionados citados anteriormente apresentam uma arquitetura, uma discussão sobre qualidade em ECOS e algumas métricas, que são de grande contribuição para definição de saúde em ECOS [Carvalho 2018] [Santos et al. 2014]. Todavia, eles enfatizam que ainda são necessários trabalhos que investiguem mais a fundo ECOS. Portanto, nesse contexto, decidiu-se por explorar, analisar e avaliar a saúde do ECOS SOLAR.

4. Metodologia

Nesta seção são descritos os procedimentos necessários para a execução deste trabalho. A Figura 1 exhibe os passos para a execução do trabalho proposto.



Figura 1. Procedimentos para a execução do trabalho

Baseado em Santos et al. (2014), pode-se medir a saúde de um ECOS de acordo com o grau com que ele oferece oportunidades para os colaboradores e para os que dele dependem. Então, é importante que a rede de relações de um ECOS seja fortalecida cada vez mais para que se consiga uma melhor saúde. Para isso acontecer, depende do grau de investimento que existe tanto por parte da empresa que mantém a plataforma, quanto por empresas e comunidades externas de desenvolvimento.

O ECOS SOLAR foi selecionado para analisar a sua saúde. A escolha dessa plataforma foi dada pelo fato de já existirem estudos na literatura sobre ela e um modelo do ECOS SOLAR, construído com a notação SSN, apresentado em Coutinho et al. (2017).

Baseado no conceito de saúde de ECOS apresentado em Santos et al. (2014), a análise da saúde do ECOS SOLAR ocorrerá de acordo com os indicadores de saúde fornecidos em Iansiti e Levien (2004) e Hartigh et al. (2006): robustez, produtividade e criação de nicho. Esses indicadores foram escolhidos porque são apontados, por estudos encontrados na literatura, como os mais relevantes para analisar a saúde de ECOS. Além de estarem presentes em diversas abordagens sobre avaliação de saúde em ECOS [da Silva Amorim et al. 2017b].

Alguns componentes do ECOS SOLAR serão analisados. Analisar a sua produtividade, ou seja, sua capacidade de adaptar e entregar novas tecnologias aos seus participantes. Analisar sua robustez, isto é, sua capacidade de manter a arquitetura da plataforma estável diante de mudanças tecnológicas imprevistas, como, por exemplo, uma mudança do banco de dados PostgreSQL para o MongoDB. E por último, analisar sua criação de nicho, ou seja, a capacidade dos seus componentes gerarem novos negócios e produtos.

5. Ambiente Virtual de Aprendizagem SOLAR e ECOS SOLAR

O SOLAR é um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) projetado para possibilitar a criação de um espaço virtual para cursos presenciais ou semi-presenciais, baseado na utilização de *software* livre em uma arquitetura integrável a outros ambientes [Coutinho and Bezerra 2019][Coutinho and Bezerra 2020]. Sua versão principal e mais completa é uma aplicação *web*.

Ele serve como ponto de convergência para a criação do *Blended Education*, ou seja, a mescla de características de ambas as modalidades de Educação, para formação de um novo modelo educacional que utiliza fortemente as TICs. O *Blended Education* ou *Blended Learning* é um derivado do *e-learning*, e refere-se a um sistema de formação onde

a maior parte dos conteúdos é transmitido em curso à distância, normalmente pela internet. Porém, ele inclui necessariamente situações presenciais, daí a origem da designação “*blended*”, algo misto, combinado. Ele pode ser estruturado com atividades síncronas, ou assíncronas, da mesma forma que o *e-learning*, ou seja, em situações onde professor e alunos trabalham juntos em horários pré-definidos, ou não, com cada um a cumprir suas tarefas em horários flexíveis.

O AVA SOLAR é composto pelos seguintes módulos: Núcleo de Integração de Módulos, Gerência de Usuários e Controle de Acesso, Integrador do AVA com o sistema de gestão acadêmica da universidade, Espaço Pessoal do Interagente, Avaliação e Acompanhamento, Ferramenta de Autoria para Conteúdos, Ferramentas de Comunicação, Ferramentas de Conteúdo, Ferramentas Administrativas, Ferramentas de Curso, e Ferramentas Colaborativas e Cooperativas.

Ao redor do SOLAR, um conjunto de relacionamentos foi formado entre usuários, fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de soluções e relações comerciais [Coutinho et al. 2017]. Vários sistemas foram desenvolvidos em torno da plataforma central, e muitas versões e manutenção também surgiram. A disponibilização de uma API para a construção de soluções para a plataforma também contribuiu para a integração e difusão do ambiente. Nesse contexto, surgiu o ECOS SOLAR.

Uma SSN (*Software Supply Network*) é uma série de *software*, *hardware* e serviços interconectados que cooperam entre si para atender à demanda do mercado [Jansen et al. 2007]. A Figura 2 apresenta o ECOS SOLAR modelado na notação SSN, baseada em Boucharas et al. (2009) com a extensão proposta em Costa et al. (2013). O SOLAR e seus produtos são a Empresa de Interesse, apoiada por diversos tipos de fornecedores: *software*, *hardware*, equipes de desenvolvimento, bancos de dados e outros sistemas. Como intermediários, temos a equipe de desenvolvedores SOLAR, lojas de aplicativos e um comitê de pesquisa. Esse comitê, na época em que a pesquisa foi conduzida (2017), consistiu em um grupo de pessoas que analisavam as oportunidades de pesquisa no departamento. Existem vários tipos de Clientes no ECOS SOLAR, desde instituições como universidades, usuários de plataformas, pesquisadores, sistemas de gerenciamento, até desenvolvedores externos, que por sua vez têm seus próprios clientes. A extensão da notação proposta propôs o papel do Agregador, que no caso do ECOS SOLAR é representado pelo Coordenador Técnico do SOLAR. Ele é responsável, além de gerenciar o desenvolvimento do SOLAR, de intermediar novos produtos e serviços, alinhados às necessidades do negócio, agregando valor e aproveitando as oportunidades que surgem com o uso da plataforma.

6. Resultados e Análises

Nesta Seção analisamos a saúde do ECOS SOLAR, sob os aspectos de produtividade, robustez e criação de nicho. Não se tem a intenção de aprofundar esse assunto, tendo em vista que apenas três aspectos serão analisados, e sim iniciar um estudo sobre a saúde do ECOS que se desenvolverá em outras pesquisas.

6.1. Produtividade

Em relação ao indicador de saúde produtividade, considerado o tipo de serviço principal que o SOLAR entrega para a sociedade (serviços educacionais), pode-se considerá-lo

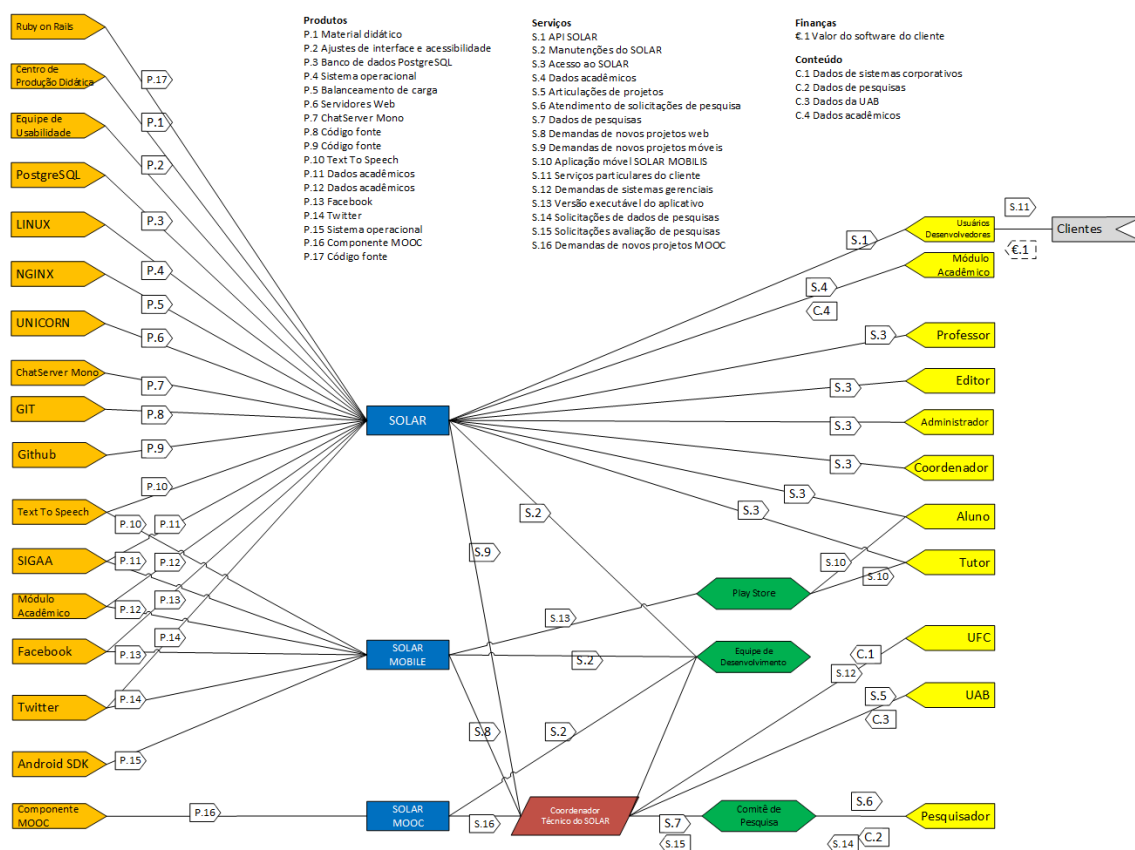


Figura 2. Modelo do ECOS SOLAR com a notação SSN [Coutinho et al. 2017]

como uma plataforma estável e bem consolidada neste mercado. Isto também se deve ao fato do SOLAR conseguir entregar o que as universidades e aos que dela dependem (estudantes, docentes, administradores, etc) precisam para o provimento de suas atividades educacionais.

O SOLAR também já entregou novos produtos. Por exemplo, a princípio só existia o SOLAR *Web*, mas depois foi desenvolvida a versão do SOLAR *Mobile*. Isso possibilita que universidades possam adotar essa plataforma para fazer parte do grupo de sistemas que já existem nelas. Com isso, a produtividade do SOLAR cresce e chama a atenção de mais instituições para também aderirem essa plataforma, fazendo com que a produtividade aumente cada vez mais. Nesse contexto, pode-se considerar que o ECOS SOLAR é produtivo.

6.2. Robustez

Para o indicador de saúde robustez, uma análise de um componente do ECOS SOLAR foi conduzida. Para isso, selecionou-se o PostgreSQL. Ao se questionar de uma mudança no banco de dados que o SOLAR utiliza, no caso o PostgreSQL, por algum motivo específico, por outro banco dados, MySQL, por exemplo, a plataforma seria prejudicada ou conseguiria se recuperar o mais breve possível?

Refletindo em alto nível, a princípio a plataforma não sofreria grandes problemas, pois a substituição do banco de dados pode ser feita de forma consideravelmente simples e gradativa. É claro que na prática não é tão simples assim, pois é necessário um

estudo do impacto, como a plataforma central se comportaria diante de mudanças, se ela rapidamente estaria disponível para os clientes. Além disso, alguns serviços do ECOS podem ter que ficar acessando o banco de dados de maneira ininterrupta, o que provocaria um momento de interrupção do serviço de maneira controlada ou em algum momento a coexistência de mais de um banco de dados.

Seguindo esse raciocínio para outros componentes, acontecerão situações parecidas com a descrita previamente. Caso o SOLAR se mantivesse funcional diante da maioria das situações, então o ECOS teria uma boa robustez.

6.3. Criação de Nicho

Para a análise do indicador de saúde criação de nicho do SOLAR, observou-se que há uma quantidade considerável de papéis utilizando o SOLAR, como professores, alunos e pesquisadores. A atratividade do SOLAR para diferentes papéis possibilita a geração de novas funcionalidades, como troca de mensagens entre alunos e professores, prova *online*, *web* conferência, entre outras.

A quantidade de usuários também é alta, pois existem vários cursos de graduação presenciais e semi-presenciais que desenvolvem suas atividades didáticas no AVA SOLAR. Com isso, o potencial de expansão de funcionalidades no ambiente é alto, pois todos os papéis envolvidos podem apresentar ideias que podem ser incorporadas ao AVA SOLAR, ou ao ECOS SOLAR, caso não sejam funcionalidades internas ao AVA.

A pesquisa envolvida no ECOS, com aplicações de laboratórios inteligentes, novos elementos de interação e acessibilidade promovem a criação de novos produtos e podem ser consideradas inovação diante de outras aplicações. Esses laboratórios inteligentes eram, basicamente, uma ideia de fazer laboratório virtual que simulava um ambiente de laboratório de ciências. Assim, produtos em colaboração podem surgir, ou mesmo envolver e indicar o SOLAR para novos negócios com outras instituições. Nesse contexto, pode-se considerar que o SOLAR tem uma boa criação de nicho, pois seus colaboradores podem se envolver em mais negócios e também tem oportunidades de criar novos produtos.

6.4. Discussões Gerais

Existem poucos estudos categorizados como avaliação de um ECOS. E a maioria dos estudos que existem nessa categoria apresentam falta de certas informações para ser considerado um estudo completo. Com este pensamento, iniciou-se um estudo sobre a saúde do ECOS SOLAR com base nos indicadores produtividade, robustez e criação de nicho que será mais explorado em pesquisas posteriores. Durante o estudo percebeu-se que esses três indicadores de saúde de ECOS estão relacionados.

Observou-se que os indicadores possuem certa ligação, pois na produtividade foi comentado que à princípio existia apenas o SOLAR *Web*, e posteriormente foi desenvolvido o SOLAR *Mobile*. Imaginando que, por algum motivo específico, tenha que se alterar o banco de dados, como comentado no indicador robustez (Seção 6.2), que relata que para um ECOS ter boa robustez deve suportar bem possíveis mudanças tecnológicas. Além disso, a partir da criação do SOLAR *Mobile* surgem mais usuários, pois a criação de um aplicativo para o SOLAR tornou mais fácil a interação dos estudantes, professores e com certeza aumentou a quantidade de usuários do SOLAR como um todo. Seguindo

esse raciocínio, surgiram também novas ideias, aumentaram as oportunidades de negócios envolvendo o SOLAR e, conseqüentemente, faz evoluir a criação de nicho do ecossistema.

Apesar de não termos analisado o ECOS com muitos indicadores de saúde, apenas três, eles abordam aspectos muito significativos para saúde de ECOS. Além disso, os resultados aqui discutidos têm várias implicações para pesquisadores e profissionais. Eles podem continuar a pesquisa que fizemos ou utilizar este artigo como exemplo para outras pesquisas. Portanto, a comunidade de Engenharia de *Software* pode ser incentivada a explorar e a melhorar a avaliação da saúde dos ecossistemas de *software*.

7. Conclusão

Ecossistemas de *software* é uma área que está sendo bem explorada no contexto da Engenharia de *Software*. E como sendo uma área emergente, muitas oportunidades de pesquisa surgem, como qualidade, manutenção e evolução do ECOS. Este trabalho discutiu sobre três aspectos da saúde de um ECOS: produtividade, robustez e criação de nicho. Como exemplo, analisou a saúde do ECOS SOLAR.

Percebeu-se que existem muitas vertentes que podem ser analisadas sob a ótica da saúde do ECOS. Ainda há certa dificuldade em obter valores relacionados à saúde do ECOS, mas diversos trabalhos citam itens que podem ser utilizados para se analisar a saúde do ECOS, mesmo que de maneira qualitativa.

Neste trabalho não foi analisada nenhuma medida da saúde de ECOS de maneira quantitativa, pois só se discutiu alguns aspectos em alto nível da saúde do ECOS SOLAR, consistindo uma limitação desta pesquisa. O ideal seria obter medidas quantitativas e qualitativas da saúde do ECOS de maneira mais sistemática, e analisar mais profundamente. Além disso, apenas um ECOS foi estudado. Analisando mais de um ECOS seria possível a comparação entre diferentes plataformas e assim fazer uma validação tanto das medidas de saúde do ECOS quanto dos resultados, e assim verificar se o processo de obtenção da saúde do ECOS foi eficiente.

Como trabalhos futuros pretende-se aprofundar conceitos relacionados à saúde do ECOS e formas de obter dados quantitativos. Também selecionar outros ECOS para estudo de casos e aprofundar a análise da saúde do ECOS.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com recursos do projeto **Uma Ferramenta para Modelagem de Ecossistemas de Software**, EDITAL Nº 5/2020 - PIBITI, da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Referências

- Bosch, J. (2009). **From software product lines to software ecosystems**. In 2009 13TH INTERNATIONAL SOFTWARE PRODUCT LINE CONFERENCE, volume 9, pages 111–119.
- Boucharas, V., Jansen, S., and Brinkkemper, S. (2009). Formalizing software ecosystem modeling. In *Proceedings of the 1st International Workshop on Open Component Ecosystems*, IWOCE '09, pages 41–50, New York, NY, USA. ACM.

- Carvalho, I. A. (2018). Uma arquitetura para avaliação de saúde de ecossistemas de software. Dissertação (mestrado)—Mestrado em Ciência da Computação, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Costa, G., Silva, F., Santos, R., Werner, C., and Oliveira, T. (2013). From applications to a software ecosystem platform: An exploratory study. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems*, MEDES '13, pages 9–16, New York, NY, USA. ACM.
- Coutinho, E. F. and Bezerra, C. I. M. (2019). Um estudo sobre a variabilidade de aspectos dinâmicos no ecossistema de software educacional solar. In *Anais do I Workshop em Modelagem e Simulação de Sistemas Intensivos em Software*, pages 59–68, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Coutinho, E. F. and Bezerra, C. I. M. (2020). A study on dynamic aspects variability in the solar educational software ecosystem. *Journal of the Brazilian Computer Society (JBCS)*, 26(1):1–19.
- Coutinho, E. F., Santos, I., and Bezerra, C. I. M. (2017). A software ecosystem for a virtual learning environment: Solar seco. In *2017 IEEE/ACM Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems (JSOS)*, pages 41–47.
- Coutinho, E. F., Santos, I., Moreira, L. O., and Bezerra, C. I. M. (2019). A report on the teaching of software ecosystems in software engineering discipline. In *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES 2019, pages 130–139, New York, NY, USA. ACM.
- Da Silva, R. T., Gustavo, F. L., Audacio, E. D., and Genvigir, E. C. (2017). Identifying actors to support software ecosystem health. In *2017 IEEE/ACM Joint 5th International Workshop on Software Engineering for Systems-of-Systems and 11th Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems (JSOS)*, pages 76–77.
- da Silva Amorim, S., McGregor, J. D., de Almeida, E. S., and Chavez, C. v. F. G. (2017a). Understanding the effects of practices on kde ecosystem health. In *IFIP International Conference on Open Source Systems*, pages 89–100. Springer, Cham.
- da Silva Amorim, S., Neto, F. S. S., McGregor, J. D., de Almeida, E. S., and von Flach G. Chavez, C. (2017b). How has the health of software ecosystems been evaluated? a systematic review. In *Proceedings of the 31st Brazilian Symposium on Software Engineering*, SBES'17, page 14–23, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Hartigh, E. D., Tol, M., and Visscher, W. (2006). The health measurement of a business ecosystem.
- Iansiti, M. and Levien, R. (2004). Strategy as ecology. *Harvard business review*, 82(3):68—78, 126.
- Jansen, S., Brinkkemper, S., and Finkelstein, A. (2007). Providing transparency in the business of software: a modeling technique for software supply networks. In *Working Conference on Virtual Enterprises*, pages 677–686. Springer.

- Lingen, S. V., Palomba, A., and Lucassen, G. (2013). On the software ecosystem health of open source content management systems. In *IWSECO@ICSOB*.
- Manikas, K. and Hansen, K. (2013). Reviewing the health of software ecosystems – a conceptual framework proposal. In Alves, C., Hanssen, G., Bosch, J., and Jansen, S., editors, *Proceedings of 5th International Workshop on Software Ecosystems (IWSECO 2013)*, CEUR Workshop Proceedings, pages 33–44. ceur workshop proceedings. 5th Workshop on Software Ecosystems (IWSECO), IWSECO ; Conference date: 11-06-2013 Through 14-06-2013.
- McGregor, J. D. (2010). A method for analyzing software product line ecosystems. In *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume*, pages 73–80.
- Messerschmitt, D. G. and Szyperski, C. (2005). *Software Ecosystem: Understanding an Indispensable Technology and Industry*. The MIT Press.
- Santos, R., Valença, G., Viana, D., Estácio, B., Fontão, A., Marczak, S., Werner, C., Alves, C., Conte, T., and Prikladnicki, R. (2014). Qualidade em ecossistemas de software: Desafios e oportunidades de pesquisa. In *Proceedings of VIII Workshop on Distributed Software Development, Software Ecosystems and Systems-of-Systems*, pages 41–44.
- Silva, R. T. d. et al. (2018). Fatores críticos que afetam a saúde de ecossistemas de software. Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. volume 16, pages 284–307. JSTOR.
- Wnuk, K., Manikas, K., Runeson, P., Lantz, M., Weijden, O., and Munir, H. (2014). Evaluating the governance model of hardware-dependent software ecosystems – a case study of the axis ecosystem. In Lassenius, C. and Smolander, K., editors, *Software Business. Towards Continuous Value Delivery*, pages 212–226, Cham. Springer International Publishing.