

# Estudo Preliminar sobre a Modelagem de Ecossistemas de Software: O Caso do ECOS SIPPA

Francisco Victor da S. Pinheiro<sup>2,3</sup>, Maria Erilane L. da Silva<sup>3</sup>

Ronier da Silva Lima<sup>3</sup>, Emanuel Ferreira Coutinho<sup>1,3</sup>

Carla I. M. Bezerra<sup>1,3</sup>, Rossana M. C. Andrade<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Computação (PCOMP)

<sup>2</sup>Programa de Mestrado e Doutorado em Ciência da Computação (MDCC)

<sup>3</sup>Universidade Federal do Ceará (UFC) – Quixadá – CE – Brasil

{ronier.lim, mariaerilane12}@alu.ufc.br

{victorpinheiro, emanuel.coutinho, carlailane, rossana}@ufc.br

**Abstract.** *Software Ecosystems (SECO) are sets of actors and components that operate as a unit, relating to each other based on a common interest to provide solutions or services to the software industry. The SSN notation represents a network of interconnected software, hardware and service organizations that cooperate to meet market demands. Given the importance of SECO modeling studies, this paper aims to present the SSN modeling of SECO SIPPA, an academic management application. Some modeling elements present in the literature on SECO were preliminarily identified, and were explored in the context of a real ecosystem in the educational domain.*

**Resumo.** *Ecossistemas de Software (ECOS) são conjuntos de atores e componentes que operam como uma unidade, relacionando-se a partir de um interesse comum para fornecer soluções ou serviços à indústria de software. A notação SSN representa uma rede de organizações de software, hardware e serviços interligados que cooperam para atender às demandas do mercado. Dada a importância dos estudos de modelagem de ECOS, este trabalho tem como objetivo apresentar a modelagem SSN do ECOS SIPPA, um aplicativo de gestão acadêmica. Foram identificados, de forma preliminar, alguns elementos de modelagem presentes na literatura sobre ECOS, os quais foram explorados no contexto de um ecossistema real, no domínio educacional.*

## 1. Introdução

Com as constantes mudanças na indústria e a criação de novos paradigmas, a área de Engenharia de Software (ES) tem progredido em pesquisa teórica e aplicada, buscando lidar com uma gama de novos conhecimentos do mercado atual [Wouters et al. 2019]. Dentre esses novos conhecimentos está o conceito de Ecossistemas de Software (ECOS) que tem crescido rapidamente, tanto em número de casos reais como em volume de publicações, o que tem tornado o tema mais maduro nos últimos anos [Pinheiro et al. 2024].

Tradicionalmente, um ECOS é uma metáfora de ES que foi aplicada para a compreensão da dinâmica da rede de fornecimento de software centrada em plataformas de

software [Coutinho et al. 2019]. Boucharras et al. (2009) propuseram o uso da notação SSN - Rede de Produção de Software, uma notação já utilizada pela comunidade de ECOS para a modelagem. O SSN é uma série de software, hardware e organizações de serviços interligados que cooperam para atender às demandas do mercado. A notação foi estendida por Costa et al. (2013), adicionando mais componentes e fornecendo uma maior explicação sobre cada um deles, como também para o seu uso de modo geral.

Modelos são construídos para fornecer uma melhor compreensão de sistemas ou ambientes [Coutinho et al. 2017]. Uma grande barreira para a evolução em ECOS, no sentido de auxiliar a tomada de decisões na indústria real, é a falta de apoio à modelagem de ECOS [Coutinho et al. 2019]. Jansen et al. (2015) argumentam que a modelagem de ECOS é importante para fornecer ideias a partir de representações, além de possibilitar a análise e comparação de ecossistemas “estáticos”, baseados em conceito chave (e.g., organizações, relacionamentos e fluxos) e métodos existentes (e.g., redes sociotécnicas e redes de produção de software).

Para a compreensão do comportamento do ECOS é importante se perceber a estruturação e os papéis dos atores e seus relacionamentos, assim como a plataforma central onde os mesmos atuam [Coutinho 2020]. Contudo, tanto a definição de ECOS quanto suas aplicações em diversos domínios são emergentes nos campos da pesquisa, ensino e indústria. Lacunas e limitações são encontrados na literatura relacionados a modelagem e modelos SSN de ECOS. Com a escassez de trabalhos sobre modelagem de ECOS e aplicações no campo da pesquisa, ensino e indústria, este trabalho apresenta o modelo SSN do Sistema de Presenças e Planos de Aula (SIPPA), desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará (UFC) *Campus* Quixadá. O SIPPA é uma aplicação web cujo modelo de participação é voltado para o professor e para o aluno, possibilitando a postagem de frequências, planos de aula, notas e trabalhos.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre a modelagem SSN do ECOS SIPPA, além de realizar uma avaliação do modelo por meio de uma entrevista guiada com um profissional da indústria de software ligado à manutenção do SIPPA e apresentar alguns direcionamentos futuros. Como contribuições este trabalho apresenta: (i) um modelo SSN para o ECOS SIPPA, (ii) uma avaliação e apresentação do modelo a um integrante da equipe de manutenção do SIPPA, e (iii) um conjunto de desafios e oportunidades de pesquisa.

Este trabalho está dividido nas seguintes seções além desta introdução: na Seção 2 alguns trabalhos relacionados são discutidos; a Seção 4 apresenta o modelo SSN do ECOS SIPPA; a Seção 5 apresenta a entrevista guiada com profissional da indústria de software sobre o ECOS SIPPA; a Seção 6 discute a saúde do ECOS SIPPA; e por fim, a conclusão e trabalhos futuros são apresentados na Seção 8.

## 2. Trabalhos Relacionados

Na literatura algumas iniciativas de ECOS com modelagem, modelos, ferramentas e educação foram identificadas. Entretanto, há uma lacuna de estudos que abrangem diferentes níveis de ECOS a modelagem em si, e de como os sistemas evoluem. Com isso alguns trabalhos relacionados a este são apresentados a seguir.

Silva (2018) realizou um estudo na especificação de atores, identificação e classificação de seus papéis dentro do contexto de ECOS, visando ampliar a compreensão

das relações envolvidas e a visão geral do sistema. Foi apontada uma dificuldade iminente para a realização do trabalho, que é a não existência de padrão consolidado para a modelagem de ecossistemas, e com isso o trabalho visou selecionar a técnica mais adequada de modelagem de ECOS, aplicada ao Sistema de Gestão Acadêmica, além de adaptar estratégias para identificação dos papéis de atores que influenciam no ecossistema.

Coutinho et al. (2020a) discutiram a variabilidade dinâmica do ecossistema de software educacional SOLAR e a modelagem de software. Neste estudo foram discutidos aspectos da variabilidade dinâmica do modelo de recursos da funcionalidade do fórum de discussão SOLAR VLE, um dos serviços mais utilizados dentro do ECOS SOLAR. Como principal conclusão deste trabalho, identificou-se que a utilização do diagrama de características contextuais permite o estudo dos aspectos dinâmicos de um sistema, ainda mais apoiado em ferramentas de apoio à coleta automática de medidas.

Silva et al. (2023) apresentam um estudo em andamento sobre a modelagem de ECOS (ambientes de computação em nuvem) nas plataformas *Google Cloud Platform* (GCP) e *Amazon Web Services* (AWS), com foco na comparação e análise dos modelos gerados sobre os principais serviços disponibilizados pelas plataformas. Isso possibilita uma visão geral sobre o ECOS de cada plataforma e seus impactos entre sistemas.

A Tabela 1 compara os trabalhos relacionados. Os critérios de comparação foram: se realiza modelagem, se utiliza SSN, se modela em ferramenta própria e se avalia o modelo. A maioria dos trabalhos relacionados estão de acordo com os critérios, porém percebe-se que ainda é pouco o apoio à modelagem de ECOS de maneira geral.

**Tabela 1. Comparativo dos trabalhos relacionados.**

Trabalho	Modelagem	Utiliza SSN	Utiliza Ferramenta	Realiza Avaliação
Silva 2018	Sim	Sim	Não	Não
Coutinho 2020	Não	Não	Não	Não
Silva et al. 2023	Sim	Sim	Sim	Não
Trabalho proposto	Sim	Sim	Sim	Sim

### 3. Referencial teórico

#### 3.1. Ecossistemas de Software

Por ECOS pode-se definir como um conjunto de elementos podendo ser: os atores envolvidos, dentro e fora da organização, o produto de software principal, a plataforma de apoio ao software e os ativos do ECOS [Lima 2015]. Estes elementos são tratados de maneira integrada, ou seja, levando em consideração as interações, as trocas de informações e artefatos entre eles.

A metáfora do ecossistema reforça atores externos ou desconhecidos que estão contribuindo para desenvolver uma plataforma tecnológica comum, transferindo a cadeia de valor tradicional centrada na organização para uma rede de entrega de software em que vários componentes desenvolvidos em plataformas diferentes coexistem e afetam os negócios do comprador [Boucharas et al. 2009]. Manikas (2016) atualizou a definição de ECOS como sendo: “a interação do software e ator em relação a uma infraestrutura tecnológica comum, que resulta em um conjunto de contribuições e influencia direta ou indiretamente o ecossistema”.

### 3.2. Software Supply Network - (SSN)

Um dos problemas enfrentados na modelagem de ECOS é a falta de padronização. Boucharas et al. (2009) propuseram uma maneira de padronizar a modelagem de ECOS usando a estratégia da *Software Supply Network* (SSN - Rede de Produção de Software). Como uma das notações de modelagem ECOS mais famosas, o SSN é uma série de software, hardware e organizações de serviços ligados, que cooperam para atender às demandas do mercado [Costa et al. 2013]. Usando elementos chave, o SSN representa os principais atores e sua interação dentro de um ECOS. A Figura 1 exibe os elementos utilizados na notação SSN para modelagem de um ECOS.

<b>Empresa de Interesse</b>	Empresa de Interesse: Distribui o produto no modelo comercial definido para o ambiente. Pode ser o produto em si.
<b>Fornecedor</b>	Fornecedor: Fornecem um ou mais produtos ou serviços necessários.
<b>Cliente</b>	Cliente: Elemento que direta ou indiretamente, adquire ou utiliza o produto.
<b>Intermediário</b>	Intermediário: Atores que atuam como intermediários entre dois elementos. Ex: distribuidores, revendedores, etc.
<b>Cliente do Cliente</b>	Cliente do Cliente: Um cliente pode ter seus próprios clientes com um produto ou serviço direto ou indiretamente da empresa de interesse. Ex: suporte ao produto, atualizações, etc.
<b>Agregador</b>	Aggregador: Empresas, produtos ou serviços que operam entre dois agentes para agregar valor a um produto ou serviço. Também pode distribuir-lo ou revende-lo.
<b>X.Y</b>	Relacionamento Comercial: Representa um artefato ou fluxo de serviço de um ator para outro. Pode ser um dado, um software, dinheiro, serviços, etc.
	Fluxo: Conecta dois atores. Um relacionamento pode ser complexo, constituindo muitos fluxos de direções arbitrárias.

Figura 1. Notação SSN [Boucharas et al. 2009] e extensão de [Costa et al. 2013].

### 3.3. Modelagem de ECOS

Jansen et al. (2015) identificam três pontos importantes para a utilização da modelagem em ECOS, que são: (i) a forma mais significativa para que seja possível compreender os ECOS, independente do tipo ao qual eles se referem, (e.g., aberto, comercial, social); (ii) acredita-se que a análise é realizada mais satisfatoriamente através da modelagem; e (iii) presume-se que a previsão de como o ecossistema está pendente de determinadas decisões, sendo essas feitas de forma mais eficiente com o apoio da modelagem.

Embasados na literatura e entrevistas realizadas, Jansen et al. (2015) descobriram que os objetivos da modelagem são comuns: (i) **fornecer informações**, para os pesquisadores uma imagem em um documento é capaz de fornecer uma visão geral do aspecto do ECOS, facilitando na identificação de atores com papéis chave, como o *keystone* e fornecendo informações sobre os relacionamentos; (ii) **analisar ecossistemas estáticos**, com a análise real do ECOS é possível identificar relacionamentos chaves, densidade de relacionamentos, conexão dentro do ECOS e diferenças no tamanho da importância dos atores; e (iii) **comparar o ecossistema**, através da visualização é conveniente para analisar a maturidade, desenvolvimento da dinâmica do ECOS, e constatar como as formas, conectividade e objetos nos modelos de ECOS diferem.

### 3.4. Sistema de Presenças e Planos de Aula - SIPPA

O SIPPA é um sistema de controle acadêmico utilizado pela comunidade da UFC Quixadá, como um sistema auxiliar que opera de forma a contribuir aos seus usuários, permitindo uma interação mais próxima, rápida e fácil. Seu desenvolvimento é baseado na utilização de software livre e uma arquitetura integrável com outros ambientes. O SIPPA é utilizado em sua maioria por alunos e professores, onde nele existem turmas virtuais dos semestres vigentes, com as informações sobre todos os seus participantes, funcionalidades de entrega de trabalhos, frequência, etc. O sistema não é necessariamente considerado um *e-learning*, pois ele é apenas um sistema de apoio básico a comunidade acadêmica. A Figura 2 apresenta a tela inicial e tela de cadastro de plano de aula.

**Figura 2. Tela inicial e tela de cadastro de plano de aula do SIPPA.**

#### 4. Ecossistema de Software do SIPPA

Em torno do SIPPA há um conjunto de atores e artefatos com respectivos papéis que formam um ECOS e realizam um conjuntos de relacionamentos simbóticos, tais como: fornecedores de tecnologia, desenvolvedores de soluções e alunos, professores, servidores, etc. Com a análise dessas relações e trocas de artefatos, surge a necessidade de se estudar o ecossistema formado por estes atores e relacionamentos encadeados a uma série de outros atores externos a plataforma central. Segundo Jansen et al. (2007) a rede de produção de software propõe um estudo embasado em softwares, hardwares, serviços, relações, trocas de artefatos que cooperando entre si atendem as demandas existentes de mercado.

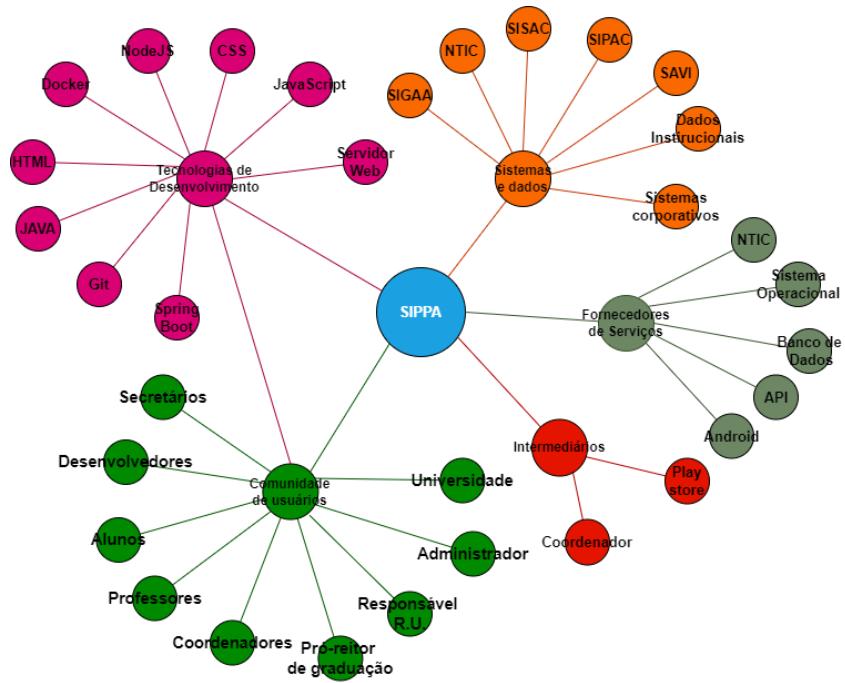
##### 4.1. Rede sociotécnica

A rede sociotécnica do SIPPA está apresentada na Figura 3. Nesta rede destacam-se em torno da plataforma central SIPPA vários elementos que se relacionam e colaboram entre si. Quatro grupos se destacam: (i) tecnologias de desenvolvimento (ii) sistemas e dados, (iii) comunidade de usuários e (iv) intermediários. Podemos identificar alguns pontos de integração com produtos e fornecedores de terceiros através da rede. Os elementos envolvidos se relacionam com a plataforma central fazendo o uso de alguma tecnologia ou serviço fornecido pela plataforma através de suas funcionalidades com a finalidade de suprir necessidades dos usuários. Os perfis de usuários são diversos, variando entre alunos, professores, universidade dentre outros.

##### 4.2. Considerações sobre o ECOS SIPPA

Considerando os três principais tipos de funções descritos em Hanssen (2012), temos que: (i): *keystone*: uma organização ou um pequeno grupo agindo como a organização principal e, de alguma forma, está liderando o desenvolvimento de uma tecnologia de software central; (ii): *endusers*: usuários finais de tecnologia central que precisam para realizar seus negócios, sejam eles quais forem; e (iii): *organizations*: atores que usam a tecnologia central como uma plataforma para a produção de soluções ou serviços relacionados. O SIPPA e seus produtos são a Empresa de Interesse, apoiado por vários tipos de fornecedores: software, hardware, banco de dados e outros sistemas. Como intermediário tem-se a loja de aplicativos do *Google*. Existem vários tipos de Clientes no ECOS SIPPA, variando de instituições, usuários, gestão de sistemas, desenvolvedores.

Campbell e Ahmed (2010) propuseram três dimensões para um ECOS: negócio, arquitetônica e social. Para a dimensão do negócio, os envolvidos com a plataforma



**Figura 3. Rede sociotécnica para o ECOS SIPPAs.**

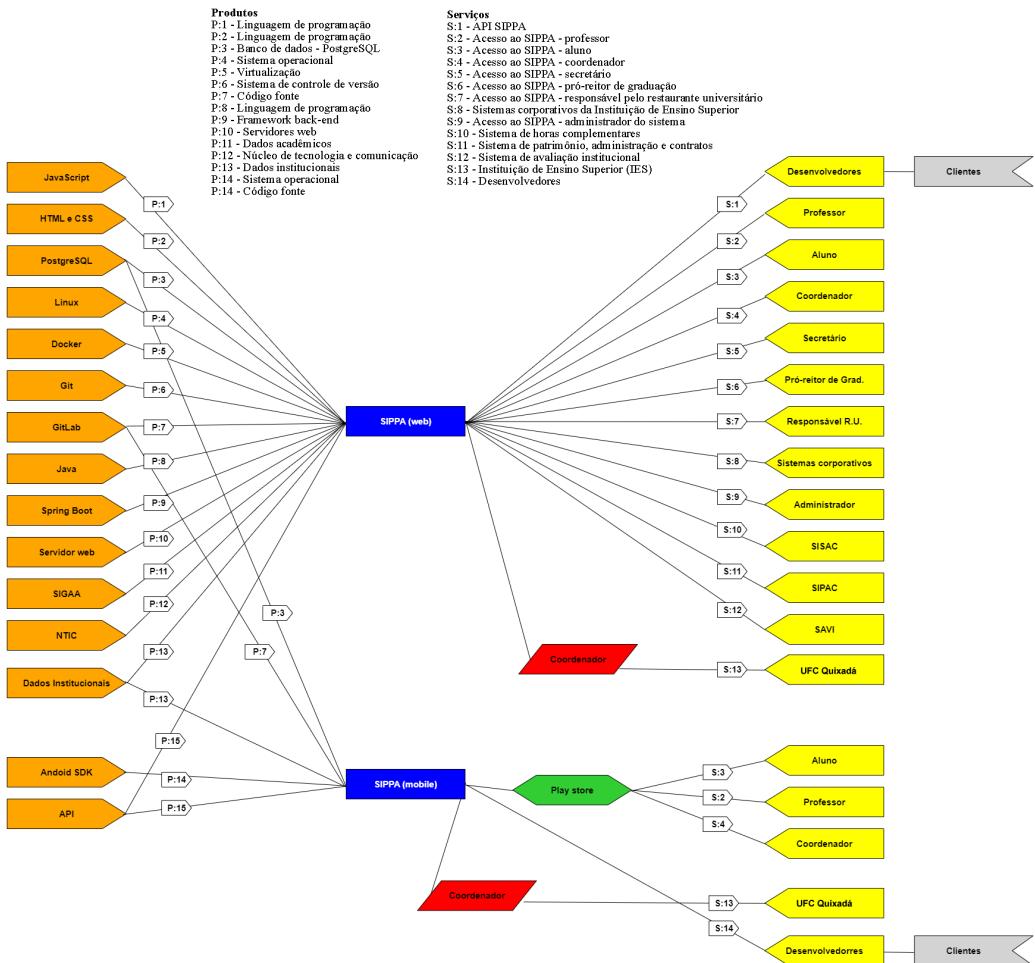
possuem conhecimento de mercado, e atuam como tomadores de decisão, identificando necessidades e expansões da plataforma, além de manter o portfólio de produtos (SIPPA *web* e *mobile*). Na dimensão arquitetônica, a definição e manutenção das tecnologias utilizadas nas plataformas, o que a plataforma precisa para melhorar a qualidade, e a interoperabilidade entre sistemas e avaliações de desempenho são aspectos comumente analisados. Por fim, a dimensão social, representada mais à direita na Figura 4, permite uma visão de vários atores, com papéis de usuários, fornecedores e desenvolvedores, interagindo uns com os outros.

### 4.3. Modelo SSN para o ECOS SIPPÁ

O ECOS SIPPRA foi modelado utilizando a ferramenta de modelagem ECOS *Modeling*, proposta [Pinheiro et al. 2022] e estendida por [Pinheiro et al. 2025]. Algumas ramificações do SIPPRA foram desenvolvidas em torno da plataforma central, o que levou ao surgimento de novas versões e manutenções. O fornecimento de uma API para a construção de soluções para a plataforma *mobile* também contribuiu para a integração e difusão do ambiente. Nesse contexto surge o ECOS SIPPRA composto por um conjunto de elementos de diferentes níveis que produzem relações simbióticas e trocam recursos e artefatos.

A Figura 4 apresenta a modelagem SSN para o ECOS SIPP, onde podemos identificar os atores dos ECOS, as relações, e o que essas relações produzem, assim como seus respectivos papéis dentro do ecossistema. Pode-se observar a plataforma central (SIPP), os fornecedores, os clientes, os clientes do cliente, os intermediários e agregadores e as relações produzidas por eles, sendo um serviço ou produto. Estabelecendo o SIPP *web* como a plataforma central do ECOS, nós temos uma organização que desenvolve e mantém suas versões de tecnologia. Os usuários finais que são muito diversificados,

variando entre professores, alunos, coordenadores e outros. Uma comunidade de desenvolvedores que possibilita a expansão do sistema.



**Figura 4. Modelagem SSN para o ECOS SIPPA.**

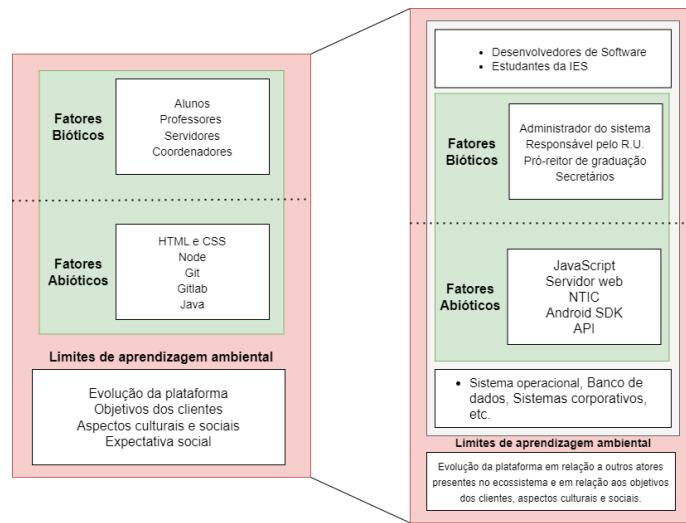
A diversidade e quantidade de atores presentes no ecossistema evidenciam a complexidade e a abrangência do ECOS SIPPA. Essa complexidade e abrangência do ECOS SIPPA destacam-se ainda mais ao considerar a multiplicidade de atores envolvidos. A presença de diversos fornecedores reflete a variedade de fontes de recursos e tecnologias que contribuem para o desenvolvimento e aprimoramento contínuo do sistema. Além disso, a interação entre clientes e clientes do cliente revela a extensão do impacto do ECOS SIPPA na experiência de usuários finais diretos e indiretos, como professores, alunos e outros *stakeholders*.

#### 4.4. Visão geral sobre o ECOS SIPPA

De acordo com os três tipos de papéis chave descritos por Hanssen (2012), estabelecendo o SIPPA como a plataforma central do ecossistema temos uma organização que desenvolve e mantém suas versões, serviços e tecnologias. Os usuários finais são bem diversificados variando de universidade, alunos, professores, servidores dentre outros.

A Figura 5 permite uma visão geral desses três tipos de papéis principais relacionados a plataforma central SIPPA. Como fatores bióticos do ECOS SIPPA há desenvolve-

dores de software, estudantes, professores, secretários, coordenadores, administrador do sistema, responsável pelo restaurante universitário e pró-reitor de graduação.



**Figura 5. Visão geral do ECOS SIPPRA.**

## 5. Avaliação do ECOS SIPPRA

Para avaliar o ECOS SIPPRA, uma entrevista com um profissional da indústria de software foi conduzida. O profissional participante é servidor público da UFC Quixadá, atuando na área de análise e desenvolvimento de sistemas, e responsável por manter alguns sistemas utilizados sendo um deles o SIPPRA. O participante possui ensino superior completo em Engenharia de Software e mestrado incompleto em Computação.

### 5.1. Planejamento e Execução

A entrevista guiada ocorreu em 17/01/2023, com duração de 35 minutos, de forma remota por meio da aplicação de videoconferência *Google Meet*. As perguntas da entrevista foram divididas em 3 (três) seções: perguntas demográficas, perguntas sobre o conhecimento em ECOS e notação SSN, e perguntas ligadas diretamente ao SIPPRA e seu modelo SSN. O foco da entrevista foi analisar o diagrama SSN do ECOS SIPPRA sob o olhar de um profissional que atua diretamente com a manutenção do sistema. Outro ponto é mostrar a evolução do ECOS SIPPRA ao longo do tempo em relação a tecnologias, fornecedores de serviços de software e evoluções na criação ou remoção de módulos do sistema. Esta entrevista juntamente com estudo de caso sobre a evolução do ECOS SIPPRA utilizando a abordagem proposta por este trabalho irá validar a abordagem de análise de evolução de ECOS deste trabalho e permitir a constatação da evolução do ECOS real ao longo do tempo.

### 5.2. Resultados

A Tabela 2 apresenta os resultados para cada uma das perguntas feitas na realização da entrevista guiada com profissional da indústria de software sobre o ECOS SIPPRA estão dispostas a seguir. A pergunta sobre o nome do participante foi omitida na apresentação dos resultados para preservar a identidade do participante.

**Tabela 2. Perguntas e respostas da avaliação do ECOS SIPPA**

Pergunta	Resposta
QD1 - Qual sua idade?	27 anos
QD2 - Grau de instrução?	Ensino superior completo
QD3 - Sua ocupação?	Analista de Tecnologia da Informação
QD4 - Quantos anos de experiência?	7 anos
QD5 - Qual seu papel/história no SIPPA?	<i>A primeira vez utilizei o sistema SIPPA ainda como aluno de graduação, quando cursei engenharia de software na UFC Quixadá. Atualmente auxilio a equipe de TI na manutenção do SIPPA e de outros sistemas utilizados na UFC Quixadá. Mais recentemente fornecei ajuda à equipe de TI no sentido de corrigir alguns bugs e configurar o SIPPA em um novo ambiente para produção.</i>
<b>Perguntas sobre ECOS e SSN</b>	
QECOS1 - Você conhece o termo ECOS ou conheceu agora na participação desta pesquisa?	<i>Sim, já conhecia o termo e o conceito de ECOS mas ainda não havia tido contato com informações mais aprofundadas sobre o tema como tive participando desta entrevista.</i>
QECOS2 - Você conhece o termo Software Supply Network (SSN) ou conheceu agora na participação desta pesquisa?	<i>Eu particularmente não conhecia o termo em si nem tampouco as definições da notação, entretanto já havia visto de forma esporádica alguns diagramas utilizando a notação SSN.</i>
<b>Perguntas sobre o ECOS SIPPA</b>	
QSIPPA1 - É útil o modelo SSN para o ECOS SIPPA?	<i>A notação SSN cumpriu o seu objetivo pois conseguiu representar com clareza e exatidão os elementos envolvidos no ECOS SIPPA, sendo assim, eu acredito que pelo fato de a notação funcionar adequadamente, o modelo SSN do ECOS SIPPA é sim útil</i>
QSIPPA2 - A notação SSN ajuda na compreensão do ECOS do SIPPA?	<i>Ao meu ver a notação SSN consegue expressar de forma exata, clara e minimalista o ECOS SIPPA o que facilita o entendimento. Vale ressaltar que em um sistema com muitos elementos como no SIPPA é importante ter uma visão dessas para facilitar o processo de manutenção uma vez que é possível mapear (pelo menos em alto nível) os impactos das mudanças.</i>
QSIPPA3 - O modelo condiz com o software SIPPA?	<i>Apesar de eu não trabalhar há muito tempo com manutenção do SIPPA em si, eu acredito particularmente que o modelo SSN representa com bastante exatidão e clareza o ecossistema de software do SIPPA</i>
QSIPPA4 - Você sentiu falta de algo no modelo?	<i>A única coisa que eu senti falta foi a modelagem do relacionamento entre a instância web e mobile do SIPPA. Como não conheço profundamente as regras da SSN uma coisa que poderia ser feita é destacar a API SIPPA no lado do fornecedor no relacionamento que traz o produto P:14</i>
QSIPPA5 - Na sua opinião o modelo poderia ser usado para quê?	<i>O modelo pode ser utilizado para facilitar a compreensão de softwares nos quais a quantidade de elementos/relacionamentos o torna complexo. Mas falando em termos mais práticos eu acredito que o modelo facilita a compreensão do sistema, por exemplo, para novos integrantes da equipe de desenvolvimento e que nunca tiveram contato com o sistema, para clientes interessados em adquirir o software, para os responsáveis por implementar manutenções preventivas ou corretivas, etc</i>
QSIPPA6 - Em que o modelo auxilia em relação a tecnologias, usuários e serviços?	<i>Através do modelo é possível prever os recursos (humanos, físicos e tecnológicos) necessários para a operação e manutenção de um ECOS, e visualizar o impacto da evolução do SIPPA em relação aos fornecedores de tecnologias e serviços, usuários e equipe de manutenção</i>

### 5.3. Discussão dos resultados

Os resultados obtidos com a entrevista guiada apontam que o diagrama SSN para o ECOS SIPPA apresentado neste trabalho afim de realizar estudos sobre modelagem e evolução e validar a abordagem de análise de evolução de ECOS é útil e consegue representar com clareza, exatidão e de forma simplificada cada um dos elementos presentes no ECOS SIPPA de acordo com a visão tanto do autor como a validação do modelo por parte do profissional entrevistado.

Em relação a notação SSN, a mesma auxilia tanto na visualização dos atores e relacionamentos presentes no ECOS SIPPA, de acordo com a resposta do entrevistado, *"vale ressaltar que em um sistema com muitos elementos como é o caso do SIPPA é importante ter uma visão de modelagem para facilitar o processo de manutenção uma vez que é possível mapear (pelo menos em alto nível) os impactos das mudanças"*. O mapeamento em alto nível de possíveis mudanças e alterações auxiliam na manutenção do software e beneficia a equipe de desenvolvimento na visualização dessas possíveis mudanças.

Sobre o modelo SSN apresentado em contraste com o software SIPPA em si, a resposta foi que o modelo representa com muita exatidão o SIPPA com seus respectivos atores e relacionamentos e traz com clareza uma visualização das interações que o SIPPA tem em relação a comunidade de usuários, fornecedores de tecnologias e fatores externos.

Em relação a necessidade de algo que faltou no modelo por ventura, o entrevistado

tado apresenta uma ideia sobre a representação do relacionamento entre o SIPPAA web e mobile por meio da API SIPPAA disponível que traz o produto P:14. Sobre a utilização do modelo em relação a equipe de manutenção na prática, o participante apresenta um relato da utilização do modelo para a compreensão da complexidade do software em relação a quantidade de atores e relacionamentos. O modelo auxilia na compreensão geral do sistema sobre as tecnologias, usuários, desenvolvedores e auxilia principalmente em mapear possíveis manutenções que o sistema possa necessitar ao longo do tempo.

Os resultados apontam que o modelo SSN do ECOS SIPPAA é válido útil e de fácil compreensão, e pode sim ser utilizado para auxiliar aos desenvolvedores responsáveis pela manutenção do SIPPAA na compreensão do próprio sistema como um todo. Outro ponto é auxiliar no mapeamento de possíveis manutenções e evoluções que por ventura possam ocorrer ao longo do tempo. O modelo apresentado evidencia uma evolução do ECOS SIPPAA em relação a adição do SIPPAA na plataforma mobile, com a adição de alguns fornecedores, clientes, intermediários e relacionamentos a mais no ECOS.

## 6. Saúde do ECOS SIPPAA

Nesta Seção analisamos a saúde do ECOS SIPPAA, 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 e Robustez

Em relação ao indicador de saúde produtividade, considerado o tipo de serviço principal que o SIPPAA entrega para a sociedade (serviços educacionais), pode ser considerada como uma plataforma estável e bem consolidada neste mercado. Isto também se deve ao fato do SIPPAA conseguir entregar o que as universidades e aos que dela dependem (estudantes, docentes, administradores, etc) precisam para o provimento de suas atividades educacionais. O SIPPAA também já entregou novos produtos. Por exemplo, a princípio só existia o SIPPAA *Web*, mas depois foi desenvolvida a versão do SIPPAA *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 SIPPAA 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 SIPPAA é produtivo.

Para o indicador de saúde robustez, uma análise de um componente do ECOS SIPPAA foi conduzida. Para isso, selecionou-se o PostgreSQL. Ao se questionar de uma mudança no banco de dados que o SIPPAA utiliza, no caso o PostgreSQL, por algum motivo específico, por outro banco de 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.

## 6.2. Criação de Nicho

Para a análise do indicador de saúde criação de nicho do SIPPA, observou-se que há uma quantidade considerável de papéis utilizando o SIPPA, como professores, alunos e pesquisadores. A atratividade do SIPPA 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 SIPPA.

## 6.3. 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 SIPPA 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 SIPPA *Web*, e posteriormente foi desenvolvido o SIPPA *Mobile*. Imaginando que, por algum motivo específico, tenha que se alterar o banco de dados, como comentado no indicador robustez, que relata que para um ECOS ter boa robustez deve suportar bem possíveis mudanças tecnológicas. Além disso, a partir da criação do SIPPA *Mobile* surgem mais usuários, pois a criação de um aplicativo para o SIPPA tornou mais fácil a interação dos estudantes, professores e com certeza aumentou a quantidade de usuários do SIPPA como um todo. Seguindo esse raciocínio, surgiram também novas ideias, aumentaram as oportunidades de negócios envolvendo o SIPPA e, consequentemente, evolui 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. Análise sobre Sistemas Colaborativos e o ECOS SIPPA

Na categoria de sistemas colaborativos distribuídos, o ECOS SIPPA se encaixa pois envolve múltiplos atores, como professores, alunos e administradores, interagindo por meio de uma plataforma web. Conforme discutido por Gomes et a. (2011), sistemas colaborativos apresentam desafios específicos no contexto de arquiteturas distribuídas, especialmente na sincronização de dados compartilhados, escalabilidade e tolerância a falhas. O SIPPA, ao centralizar a gestão acadêmica e permitir o compartilhamento de informações entre seus usuários, se beneficia de princípios como transparência de distribuição, garantindo que os usuários acessem dados sem precisar conhecer a complexidade da infraestrutura subjacente, e controle de concorrência, que assegura a consistência das informações acessadas simultaneamente.

No contexto do desenvolvimento colaborativo de software, pois envolve múltiplos atores desempenhando diferentes papéis no ciclo de vida do sistema, desde professores e alunos que utilizam a plataforma até desenvolvedores responsáveis por sua evolução contínua. Segundo Souza et al. (2011), o desenvolvimento de software é inherentemente uma atividade colaborativa, pois exige a coordenação entre engenheiros, gerentes e analistas para garantir qualidade e alinhamento com os requisitos dos usuários finais. No contexto do SIPPA, práticas como o uso de sistemas de controle de versão e gestão de defeitos são essenciais para garantir a consistência e evolução da aplicação, permitindo que múltiplos desenvolvedores contribuam simultaneamente sem comprometer a integridade do sistema.

Dessa forma, o ECOS SIPPA exemplifica como sistemas colaborativos distribuídos e o desenvolvimento colaborativo de software se interconectam para viabilizar uma plataforma acadêmica robusta e escalável. A combinação de arquiteturas distribuídas híbridas com práticas colaborativas de engenharia de software permite não apenas a comunicação eficiente entre seus usuários, mas também a evolução contínua do sistema por meio da coordenação entre desenvolvedores.

## 8. Conclusão e Trabalhos Futuros

O SIPPA é um sistema que atinge uma grande variedade de perfis (clientes, desenvolvedores, estudantes, instituições, fornecedores) e é atualmente disponível em versões web e para dispositivos móveis. Este trabalho apresentou o ECOS SIPPA, descrevendo as relações entre seus vários componentes e atores, além de desafios e oportunidades de pesquisa. Como continuação do trabalho é disponibilizar os requisitos do ECOS SIPPA para usuários de diferentes versões, alinhados a bons softwares e práticas de engenharia, e sempre visando a melhor qualidade possível. Por fim, mais trabalhos futuros são a investigação no ECOS SIPPA todos os desafios descritos neste trabalho.

## Referências

- Boucharas, V., Jansen, S., and Brinkkemper, S. (2009). Formalizing software ecosystem modeling. *IWOCE '09*.
- Campbell, P. R. J. and Ahmed, F. (2010). A three-dimensional view of software ecosystems. In *Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume*, ECSA '10, pages 81–84, New York, NY, USA. ACM.
- 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*.
- Coutinho, Emanuel e Bezerra, C. (2020). A study on dynamic aspects variability in the solar educational software ecosystem. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 26(1):1–19.
- 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.
- Coutinho, E. F., Viana, D., and dos Santos, R. P. (2017). An exploratory study on the need for modeling software ecosystems: The case of solar seco. In *9th International Workshop on Modelling in Software Engineering (MISE)*, MISE '17.

- Gomes, R. L., Willrich, R., and Rivera, G. (2011). Arquiteturas distribuídas para sistemas colaborativos. *Sistemas Colaborativos*. Rio de Janeiro: Elsevier, pages 328–346.
- Hanssen, G. K. (2012). A longitudinal case study of an emerging software ecosystem: Implications for practice and theory. *Journal of Systems and Software*, 85(7).
- 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.
- Jansen, S., Handoyo, E., and Alves, C. (2015). Scientists' needs in modelling software ecosystems. In *Proceedings of the 2015 European Conference on Software Architecture Workshops*, pages 1–6.
- Lima, T. M. P. (2015). Uma abordagem socio-técnica para apoiar modelagem e análise de ecossistemas de software. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação e Informação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.
- Manikas, K. (2016). Revisiting software ecosystems research: A longitudinal literature study. *Journal of Systems and Software*, 117:84 – 103.
- Pinheiro, F., Coutinho, E., Lima, R., Silva, M., Bezerra, C., and Andrade, R. (2025). Ecos modeling: A modeling tool, repository for models and evolution analysis of software ecosystems. In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 369–378, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Pinheiro, F. V., Coutinho, E., Silva, M. E., and Bezerra, C. (2024). A systematic mapping of health, quality, evolution, simulation and modeling in software ecosystems. In *Proceedings of the 20th Brazilian Symposium on Information Systems*, SBSI '24, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Pinheiro, F. V. d. S., Coutinho, E. F., Santos, I., and Bezerra, C. I. M. (2022). A tool for supporting the teaching and modeling of software ecosystems using ssn notation. *Journal on Interactive Systems*, 13(1):192–204.
- Silva, M. E., Pinheiro, F., Bezerra, C., and Coutinho, E. (2023). Modelagem de ecossistemas de software das plataformas de computação em nuvem aws e gcp. In *Anais Estendidos do XIX Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação*, pages 172–177, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Silva, P. R. (2018). Um enfoque da identificação de papéis e modelagem de ecossistemas de software em um sistema de gestão acadêmica. Monografia (Bacharel em Ciência da Computação), UFRR (Universidade Federal de Roraima), Boa Vista, Brazil.
- Souza, C. d., Marczak, S., and Prikladnicki, R. (2011). Desenvolvimento colaborativo de software. *Sistemas Colaborativos*, 1:122–134.
- Wouters, J., Ritmeester, J., Carlsen, A., Jansen, S., and Wnuk, K. (2019). A seco metamodel. In *International Conference on Software Business*, pages 31–45. Springer.