

Compreendendo o Ecossistema de Software Elixir: Uma Abordagem Baseada em Redes de Suprimento de Software

**Francisco Victor da Silva Pinheiro, Maria Erlane L. da Silva
Emanuel Ferreira Coutinho, Rossana M. C. Andrade**

Universidade Federal do Ceará (UFC) – CE – Brasil

victorpinheiro@ufc.br, mariaeriane12@alu.ufc.br

emanuel.coutinho@ufc.br, rossana@ufc.br

Abstract. This paper presents a modeling of the SECO programming language Elixir using Software Supply Network (SSN) notation. The goal is to represent the main actors, their roles, and the relationships established in the ecosystem, promoting a deeper understanding of the dynamics of development, adoption, and evolution of the language. The methodology adopted involves surveying the elements and actors of SECO Elixir, modeling them using SSN notation with the support of the SECO Modeling tool, and analyzing the main resulting characteristics. As a result, we hope to contribute to the advancement of research on software ecosystems, highlighting the potential of the SSN approach for analyzing and representing complex ecosystems, as well as identifying challenges and opportunities for future research.

Resumo. Este trabalho apresenta uma modelagem do ECOS da linguagem de programação Elixir utilizando a notação Software Supply Network (SSN). O objetivo é representar os principais atores, seus papéis e os relacionamentos estabelecidos no ecossistema, promovendo uma compreensão mais profunda das dinâmicas de desenvolvimento, adoção e evolução da linguagem. A metodologia adotada envolve o levantamento dos elementos e atores do ECOS Elixir, a modelagem por meio da notação SSN com apoio da ferramenta ECOS Modeling e a análise das principais características resultantes. Como resultado, espera-se contribuir para o avanço das investigações sobre ecossistemas de software, destacando o potencial da abordagem SSN para análise e representação de ecossistemas complexos, além de apontar desafios e oportunidades para pesquisas futuras.

1. Introdução

Conforme destacado por Jansen (2020), as empresas de software têm reconhecido que a excelência do produto, por si só, não é mais suficiente para garantir competitividade. O sucesso de uma plataforma está fortemente ligado ao ecossistema que a envolve como sistemas operacionais, aplicações corporativas e redes sociais. Diante disso, torna-se essencial que as organizações desenvolvam estratégias e ferramentas capazes de fortalecer seus ecossistemas, ainda que isso implique reinventar soluções já existentes em outros contextos.

Com o objetivo de atender às novas demandas do mercado de desenvolvimento de software, muitas organizações têm adotado a estratégia de abertura de suas arquiteturas, permitindo a colaboração de desenvolvedores externos na criação e evolução de

componentes em torno de uma plataforma tecnológica comum. Essa prática caracteriza o conceito de Ecossistemas de Software (ECOS), nos quais múltiplos atores contribuem, consomem e influenciam o desenvolvimento de sistemas interconectados [Santos 2016]. 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]. ECOS também consistem em um conjunto de atores interagindo como uma unidade, que por sua vez interagem com um mercado distribuído entre software e serviços, juntamente com as relações entre as mais variadas entidades [Jansen et al. 2009].

A construção de modelos tem como principal objetivo promover uma compreensão mais aprofundada de sistemas ou ambientes [Coutinho et al. 2017, Pinheiro et al. 2024]. No contexto dos ECOSs, uma das principais barreiras para sua evolução, especialmente no apoio à tomada de decisões no setor industrial é a escassez de suporte à modelagem desses ecossistemas [Coutinho et al. 2019]. De acordo com Jansen et al. (2015), a modelagem de ECOS é fundamental, pois permite gerar ideias a partir de representações estruturadas, além de viabilizar a análise e a comparação de ecossistemas “estáticos”, fundamentados em conceitos-chave (como organizações, relacionamentos e fluxos) e em métodos consolidados, como redes sociotécnicas e redes de produção de software.

A linguagem de programação Elixir tem ganhado destaque nos últimos anos por sua eficiência em aplicações concorrentes, distribuídas e tolerantes a falhas, sustentada pela robusta máquina virtual BEAM. Contudo, seu sucesso não se deve apenas às qualidades técnicas da linguagem, mas também à rede complexa de atores, ferramentas, comunidades e empresas que compõem seu ecossistema. Compreender essas relações é fundamental para avaliar a sustentabilidade, evolução e impacto da linguagem no cenário tecnológico. Nesse contexto, a modelagem de ecossistemas de software por meio da notação Software Supply Network (SSN) surge como uma abordagem promissora para representar, analisar e refletir sobre a estrutura que sustenta Elixir como um projeto coletivo e dinâmico [Bose et al. 2022].

Este trabalho tem como objetivo modelar o ecossistema de software da linguagem de programação Elixir por meio da notação SSN, buscando representar os principais atores envolvidos, seus papéis e os relacionamentos estabelecidos entre eles. A proposta visa promover uma compreensão mais profunda da dinâmica que sustenta o desenvolvimento, a adoção e a evolução da linguagem Elixir, a partir de uma abordagem sistêmica que permite visualizar fluxos de influência, dependência e colaboração dentro do ecossistema.

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.

Bose et al. (2022) conduziram um estudo empírico pioneiro sobre vulnerabilidades em programas Elixir, analisando 4.446 *commits* provenientes de 25 repositórios *open source* populares no *GitHub*. Aplicando técnicas qualitativas de codificação fechada para identificar *commits* relacionados à mitigação de vulnerabilidades, os autores constataram que 2% dos *commits* eram associados a vulnerabilidades e que 18% dos programas

analizados sofreram modificações desse tipo, com destaque para o crescimento desses casos em 2020. Apesar da percepção de Elixir como uma linguagem “segura”, o estudo evidencia a presença de vulnerabilidades e ressalta a importância de integrar práticas de desenvolvimento seguro à comunidade Elixir, recomendando tanto a adoção de ferramentas de análise estática quanto a investigação dos fatores que levam à introdução desses problemas.

Silva et al. (2023) apresentam um estudo sobre a modelagem de ecossistemas de software (ECOS) das plataformas de computação em nuvem AWS e GCP utilizando a notação Software Supply Network (SSN). O trabalho propõe uma metodologia estruturada para mapear atores, serviços e relações nos ecossistemas dessas plataformas, comparando elementos, serviços equivalentes e preços simulados em ambos os ambientes. Foram modelados e analisados os principais serviços de AWS e GCP, destacando-se a diversidade de atores e a dinâmica dos relacionamentos nos ecossistemas, além da aplicação da ferramenta ECOS Modeling para criação e análise dos modelos. Os resultados oferecem uma visão comparativa dos ECOS das duas plataformas e abrem espaço para estudos futuros sobre evolução, impacto e práticas de modelagem de ecossistemas de software em ambientes de computação em nuvem.

Pinheiro et al. (2025) apresentam um estudo preliminar sobre a modelagem de ecossistemas de software, utilizando a notação SSN para mapear o ECOS do SIPPA, um sistema acadêmico desenvolvido pela UFC Quixadá. O trabalho destaca a identificação de atores, papéis, fornecedores, clientes, intermediários e agregadores, além de avaliar a aplicação prática do modelo SSN por meio de entrevista com profissional da área de software. Os autores analisam também aspectos como saúde do ecossistema (produtividade, robustez e criação de nicho) e ressaltam a utilidade da modelagem SSN para facilitar o entendimento, manutenção e evolução do sistema, além de apontar desafios e oportunidades de pesquisa para a área de ecossistemas de software em ambientes acadêmicos.

Em relação aos trabalhos anteriores, observa-se que Bose et al. (2022) investigam vulnerabilidades em projetos Elixir, mas não abordam a modelagem formal do ecossistema. Silva et al. (2023) e Pinheiro et al. (2025) utilizam a notação SSN para modelar ecossistemas (AWS/GCP e SIPPA, respectivamente), sendo que apenas o último realiza uma avaliação prática da modelagem com atores do domínio. O trabalho proposto diferencia-se por aplicar a modelagem SSN ao ecossistema da linguagem Elixir, integrando modelagem, uso de ferramenta própria e avaliação prática, oferecendo uma análise sistêmica e validada do ecossistema Elixir – aspecto ainda não explorado nos trabalhos anteriores.

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.

3. Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho está estruturada em quatro etapas principais: (i) Identificação e levantamento dos principais elementos e atores que compõem o ECOS da linguagem Elixir; (ii) Modelagem do ECOS utilizando a notação SSN e a ferramenta ECOS Modeling, representando graficamente os atores, papéis e seus relacionamentos;

Tabela 1. Comparativo dos trabalhos relacionados.

Trabalho	Modelagem	Utiliza SSN	Utiliza Ferramenta	Foco em Linguagem
Bose et al. 2022	Não	Não	Não	Não
Silva et al. 2023	Sim	Sim	Sim	Não
Pinheiro et al. 2025	Sim	Sim	Sim	Não
Trabalho proposto	Sim	Sim	Sim	Sim

(iii) Sistematização dos resultados obtidos, apresentando o modelo construído e suas principais características; (iv) Levantamento de desafios e oportunidades de pesquisa a partir das lacunas observadas durante o processo de modelagem. A Figura 1 ilustra o fluxo metodológico adotado neste estudo.



Figura 1. Metodologia da proposta.

4. ECOS Elixir

O ecossistema de software da linguagem Elixir foi modelado utilizando a ferramenta ECOS Modeling, com base na notação SSN (*Software Supply Network*). A Figura 2 apresenta o modelo¹ construído, permitindo identificar os principais atores, suas funções e os relacionamentos estabelecidos entre eles.

O modelo evidencia a existência de diferentes níveis de atores: Fornecedores de infraestrutura e recursos básicos: Incluem Erlang/OTP, Erlang VM, LLVM, Clang, Sistemas Operacionais, Dashbit, Hex.pm e plataformas de hospedagem de código como GitHub e GitLab. Esses atores são fundamentais para prover a base técnica sobre a qual a linguagem Elixir e suas ferramentas evoluem. Comunidade e liderança do ecossistema: A Comunidade Elixir e a empresa Dashbit exercem papel central, coordenando o desenvolvimento, manutenção e evolução das principais ferramentas e bibliotecas do ecossistema.

Ferramentas e componentes essenciais: Atores como Mix, ExUnit, IEx, ExDoc, CLI Tools, Livebook e Rebar3 compõem o núcleo funcional do ecossistema, sendo indispensáveis para o desenvolvimento, testes, documentação, automação e distribuição de projetos Elixir. Frameworks, bibliotecas e soluções avançadas: O modelo inclui Phoenix, LiveView, Nx, Plug, Cowboy, Ecto, Oban, Axon, Broadway, Scenic e Nerves, que ampliam as capacidades da linguagem, permitindo desde o desenvolvimento web até aplicações embarcadas e inteligência artificial.

Consumidores, clientes e participantes do ecossistema ampliado: O ecossistema é consumido e retroalimentado por diversos grupos, como desenvolvedores individuais, empresas, startups, universidades, pesquisadores, consultorias especializadas e projetos open source. Estes atores não só consomem, mas também contribuem com feedback, novas funcionalidades, extensões e adoção de boas práticas.

As relações estabelecidas entre esses atores representam fluxos de dependência tecnológica, colaboração, distribuição de pacotes e conhecimento, além de inovação

¹Link da imagem do ECOS Elixir em melhor resolução - <https://zenodo.org/records/15858775>

contínua. O modelo evidencia como o ecossistema Elixir é sustentado por uma rede colaborativa de múltiplos atores, capazes de impulsionar a evolução da linguagem por meio da integração entre recursos técnicos, engajamento comunitário e participação do setor produtivo e acadêmico. Essa estrutura mostra o potencial de resiliência e adaptabilidade do ecossistema, destacando a importância da cooperação entre atores de diferentes origens para garantir a sustentabilidade e o contínuo crescimento da linguagem Elixir.

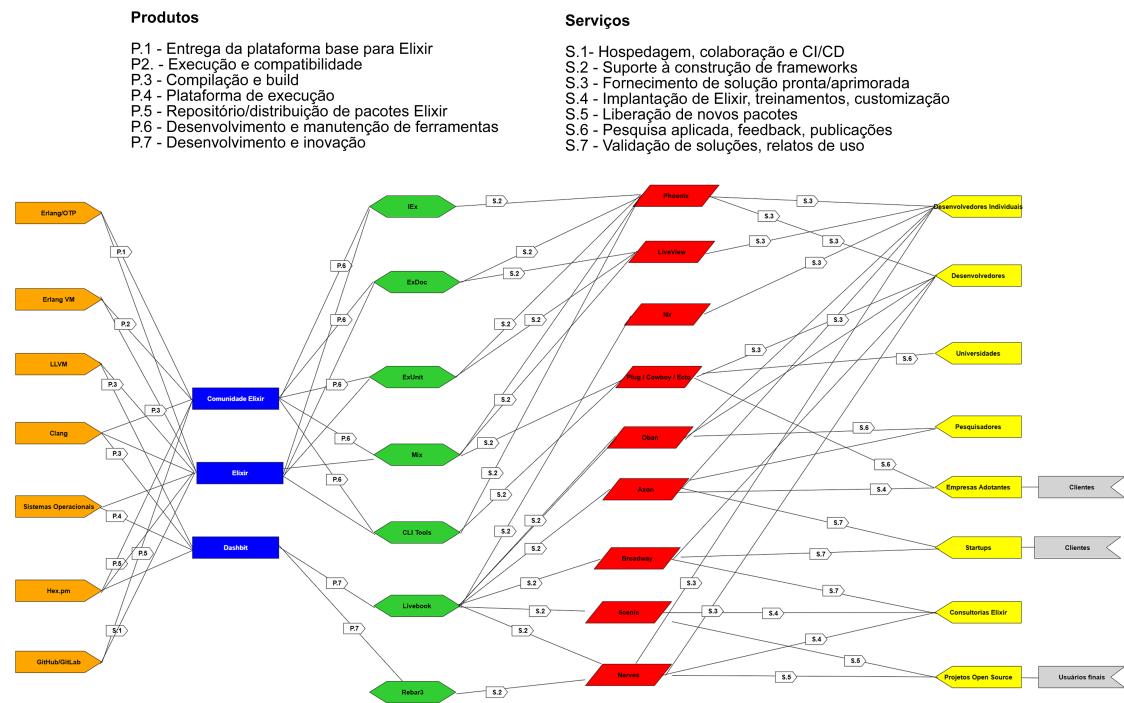


Figura 2. Modelagem SSN para o ECOS Elixir.

5. Desafios e Oportunidades de Pesquisa

A modelagem do ECOS Elixir revelou alguns desafios relevantes, como a dificuldade de acompanhar a rápida evolução dos atores e ferramentas, a mensuração do impacto real de cada participante, e o registro de relações informais e colaborações da comunidade, que muitas vezes não são documentadas de forma estruturada. Como oportunidades de pesquisa, destacam-se: (i) a realização de estudos longitudinais para analisar a evolução do ecossistema ao longo do tempo; (ii) o desenvolvimento de métodos para avaliar a sustentabilidade e resiliência do ECOS Elixir; e (iii) a criação de estratégias que promovam maior integração entre comunidade, empresas e academia. Adicionalmente, a abordagem pode ser replicada para modelar e comparar outros ecossistemas de software, ampliando o entendimento sobre dinâmicas e boas práticas no contexto open source.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou a modelagem do ECOS da linguagem Elixir utilizando a notação SSN, permitindo identificar e analisar os principais atores, suas funções e os relacionamentos que estruturam a evolução da plataforma. O modelo destaca a centralidade da comunidade Elixir, a multiplicidade de fornecedores, ferramentas e frameworks, além

do papel estratégico de empresas, projetos open source e consumidores finais. Os resultados evidenciam a complexidade, resiliência e capacidade de expansão do ECOS Elixir, reforçando a importância da cooperação entre atores institucionais, técnicos e comunitários para a sustentabilidade e inovação contínua da linguagem. Como trabalhos futuros incluem o aprofundamento da análise quantitativa e qualitativa do ecossistema, a definição de indicadores de saúde e sustentabilidade para o ECOS Elixir, além de estudos comparativos com ecossistemas de outras linguagens de programação.

Referências

- Bose, D. B., Cottrell, K., and Rahman, A. (2022). Vision for a secure elixir ecosystem: an empirical study of vulnerabilities in elixir programs. In *Proceedings of the 2022 ACM Southeast Conference*, ACMSE '22, page 215–218, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- 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.
- Jansen, S. (2020). A focus area maturity model for software ecosystem governance. *Information and Software Technology*, 118:106219.
- Jansen, S., Brinkkemper, S., and Finkelstein, A. (2009). Business network management as a survival strategy: A tale of two software ecosystems. IWSECO@ ICSR, 2009.
- 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.
- 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., Erilane, M., Lima, R., Coutinho, E., Bezerra, C., and de Castro Andrade, R. M. (2025). Um estudo preliminar sobre modelagem de ecossistemas de software: Ecos sippa. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC)*, Brasil. SBC, Sociedade Brasileira de Computação.
- Santos, R. P. (2016). *Managing and Monitoring Software Ecosystem to Support Demand and Solution Analysis*. Tese de doutorado, COPPE/UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- 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.