

Projeto Arquitetural para Escalabilidade: Plataforma de Poupança-Incentivo Pé-de-Meia

Diego Dias

Departamento de Estatística,
Universidade Federal do Espírito
Santo (UFES) / Núcleo de Excelência
em Tecnologias Sociais (NEES)
Vitória - ES, Brasil
diego.dias@nees.ufal.br

Filipe Raulino

Instituto Federal do Rio Grande do
Norte (IFRN) / Núcleo de Excelência
em Tecnologias Sociais (NEES)
Natal - RN, Brasil
filipe.raulino@nees.ufal.br

Edson Yasojima

Universidade Federal Rural da
Amazônia (UFRA) / Núcleo de
Excelência em Tecnologias Sociais
(NEES)
Capitão Poço - PA, Brasil
koiti.yasojima@nees.ufal.br

Rafael Durelli

Departamento de Computação,
Universidade Federal de Lavras
(UFLA) / Núcleo de Excelência em
Tecnologias Sociais (NEES)
Lavras - MG, Brasil
rafael.durelli@nees.ufal.br

Everson Silva

Instituto Federal do Rio Grande do
Norte (IFRN) / Núcleo de Excelência
em Tecnologias Sociais (NEES)
São Gonçalo do Amarante - RN, Brasil
everson.silva@nees.ufal.br

Ivo Calado

Instituto Federal de Alagoas (IFAL) /
Núcleo de Excelência em Tecnologias
Sociais (NEES)
Maceió - AL, Brasil
ivo.calado@nees.ufal.br

Aluísio Fontes

Instituto Federal do Rio Grande do
Norte (IFRN) / Núcleo de Excelência
em Tecnologias Sociais (NEES)
Pau dos Ferros - RN, Brasil
aluizio.rego@nees.ufal.br

Thales Vieira

Instituto de Computação,
Universidade Federal de Alagoas
(UFAL) / Núcleo de Excelência em
Tecnologias Sociais (NEES)
Maceió - AL, Brasil
thales.vieira@nees.ufal.br

RESUMO

A Plataforma de Poupança-Incentivo Pé-de-Meia é uma iniciativa do Ministério da Educação voltada à execução automatizada de transferências condicionais de renda para estudantes do ensino médio da rede pública registrados no CadÚnico. Diante do volume de dados e da criticidade do serviço prestado, optou-se pela adoção de uma arquitetura cloud-native baseada na infraestrutura da Amazon Web Services (AWS), garantindo escalabilidade, resiliência e alta disponibilidade. A combinação de serviços como Amazon EKS, RDS, EC2, S3 e ferramentas de observabilidade permitiu construir uma solução robusta, segura e com capacidade de rápida adaptação, atendendo aos requisitos operacionais e regulatórios exigidos em ambiente governamental.

PALAVRAS-CHAVE

Transferência Condicional de Renda, Ensino Médio, Cloud-native, Amazon Web Services, Governo Digital

1 Audiência

Este artigo é voltado a profissionais de engenharia de software com foco em infraestrutura, arquitetos de software, engenheiros DevOps e desenvolvedores backend que atuam em sistemas distribuídos e escaláveis. Além disso, gerentes de projeto do setor público e pesquisadores interessados em computação em nuvem, DevOps e governança de dados em ambientes regulados podem se

beneficiar da discussão. O trabalho também promove oportunidades de cooperação entre a academia e órgãos governamentais.

2 Relato da Apresentação

2.1 Relevância, impacto e benefícios

A Plataforma Pé-de-Meia (PDM) [4] é um sistema nacional voltado à automação, rastreamento e execução de depósitos condicionais de renda para estudantes do ensino médio da rede pública inscritos no CadÚnico, fruto de uma parceria institucional entre o Ministério da Educação (MEC) e o Núcleo de Excelência em Tecnologias Sociais (NEES), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A equipe acadêmica autora deste artigo atua diretamente como responsável técnica pelo projeto no âmbito da universidade, sendo composta por gestores do projeto e profissionais da área de DevOps.

Com milhões de beneficiários, a solução exige uma arquitetura altamente escalável, robusta e observável, capaz de atender às exigências rigorosas de segurança e conformidade, como aquelas estabelecidas pela Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) [2] e pela Secretaria do Tesouro Nacional. Escolhemos uma arquitetura baseada em serviços gerenciados da *Amazon Web Services* (AWS), garantindo a alta disponibilidade, desempenho e segurança, essenciais em um contexto governamental altamente regulado. A abordagem *cloud-native*, aliada a práticas DevOps, permitiu entregas rápidas e com baixa incidência de falhas, resultando em operação sustentável e replicável.

Este artigo apresenta uma visão detalhada da infraestrutura tecnológica empregada na implementação do Pé de Meia, focando na abordagem cloud-native baseada em serviços da Amazon Web Services (AWS). Além da infraestrutura tecnológica, destacam-se as práticas DevOps adotadas durante o desenvolvimento e operação da plataforma, incluindo automação de implantação, monitoramento em tempo real com Elastic Stack (Logstash, Elasticsearch e Kibana) e processos contínuos de integração e entrega (CI/CD). Essas práticas garantiram agilidade nas entregas, rápida capacidade de reação diante de incidentes e contínua conformidade com requisitos regulatórios. Este trabalho detalha essas escolhas técnicas e operacionais, buscando fornecer um referencial prático aplicável a futuros projetos similares na administração pública.

2.2 Descrição da solução e aplicabilidade

Esta seção apresenta uma visão geral detalhada da arquitetura *cloud-native* adotada no PDM, destacando a organização interna da *Virtual Private Cloud* (VPC), estruturada em sub-redes públicas e privadas. Além disso, evidencia a integração via *peering* com o Sistema Gestão Presente (SGP). A arquitetura inclui também um *Web Application Firewall* (WAF), *clusters* gerenciados de contêineres (*Elastic Kubernetes Service* (EKS)), um repositório centralizado de imagens Docker (*Elastic Container Registry* (ECR)), instâncias específicas de máquinas virtuais *Elastic Compute Cloud* (EC2) para processamento dedicado e armazenamento robusto dos dados utilizando o *Relational Database Service* (RDS).

A Figura 1 apresenta a arquitetura *cloud-native* da plataforma PDM, implantada na AWS. A infraestrutura está organizada dentro de uma VPC dedicada, com sub-redes públicas e privadas. O tráfego externo chega via Route53, passando por um WAF e por um *Application Load Balancer* (ALB), que direciona as requisições para o *cluster* Amazon EKS. O *cluster* é segmentado em três grupos de *Auto Scaling* (ASG): infraestrutura (pods-infra), aplicações (pods-apps) e jobs (pods-jobs), todos executando em sub-redes públicas. A persistência de dados é garantida por uma instância Amazon RDS localizada em uma sub-rede privada. Buckets S3 são utilizados para armazenamento adicional e troca de dados. A comunicação com a VPC SGP é feita via *peering*. O ciclo de desenvolvimento é automatizado por meio de um pipeline CI/CD do GitLab UFAL, que utiliza Helm Charts para implantar as aplicações no EKS, com imagens armazenadas no ECR. Além disso, há suporte a máquinas virtuais em sub-rede pública para execução de serviços auxiliares ou legados (Elastic Stack).

O EKS desempenha um papel central na arquitetura *cloud-native* adotada pela plataforma PDM, concentrando-se especialmente na implementação e gerenciamento de microsserviços. O EKS simplifica significativamente a operação do Kubernetes ao automatizar tarefas complexas como provisionamento, escalonamento e gerenciamento de *clusters*. Paralelamente, o Amazon EC2 é utilizado para hospedar outras soluções da plataforma, especialmente aquelas com necessidades operacionais menos complexas ou que exigem configurações mais específicas e maior integração direta com outros serviços AWS. Essa abordagem híbrida permite atender de forma otimizada diferentes níveis de complexidade técnica e operacionais da plataforma.

Quanto à questão de gerência dos nodos do *cluster* EKS, o *Kubernetes Cluster Autoscaler* foi configurado na infraestrutura do PDM para garantir escalabilidade automática e eficiente, ajustando o número de nós disponíveis conforme a demanda operacional. Para otimizar ainda mais o uso dos recursos e garantir isolamento adequado entre diferentes cargas de trabalho, foram empregados *taints* específicos nos nós, separando claramente as ferramentas internas (serviços de monitoramento, *logging* e infraestrutura de apoio) das aplicações diretamente relacionadas às funcionalidades da plataforma PDM. Esse modelo de separação, associado a *tolerations* definidas nas aplicações, permitiu gerenciamento preciso e escalonamento seletivo dos recursos, resultando em melhor desempenho geral, segurança aprimorada e controle granular dos custos operacionais.

Para o armazenamento robusto e eficiente dos dados transacionais do PDM, adotou-se o Amazon RDS com instâncias PostgreSQL, configuradas em um modelo Multi-AZ para alta disponibilidade. Essa estratégia assegura a confiabilidade dos dados mesmo diante de falhas críticas, permitindo recuperação automática sem interrupção significativa do serviço. Adicionalmente, réplicas de leitura foram implementadas para distribuir a carga das consultas, aprimorando significativamente o desempenho em operações de leitura intensiva, tais como consultas analíticas e relatórios gerenciais. Dessa forma, o emprego do RDS PostgreSQL com réplicas de leitura proporcionou equilíbrio eficiente entre desempenho, resiliência operacional e conformidade com requisitos regulatórios rigorosos do setor público.

A esteira de integração e entrega contínua (CI/CD) utilizada é baseada no GitLab CI e estruturada em torno de *templates* padronizados definidos via arquivos `gitlab-ci.yml` em cada repositório. A *pipeline* segue um fluxo composto por quatro estágios principais: `'docker-build'`, responsável por construir e versionar as imagens Docker; `'tests'`, que executa os testes automatizados definidos para garantir a estabilidade do código; `'deploy'`, que realiza a publicação no *cluster* Kubernetes utilizando Helm Charts específicos de cada aplicação; e `'rollback'`, que permite a reversão automática para versões anteriores em caso de falhas detectadas durante ou após a implantação. Essa abordagem padronizada com Helm facilita a manutenção da infraestrutura como código, assegura consistência nas implantações e reduz erros operacionais, promovendo agilidade e confiabilidade no ciclo de desenvolvimento e entrega.

A Elastic Stack, composta por Logstash, Elasticsearch e Kibana, é uma solução robusta para coleta, indexação, armazenamento e visualização de dados em tempo real. O Logstash atua como pipeline de processamento, recebendo dados de diversas fontes, aplicando transformações e encaminhando para o Elasticsearch. Este, por sua vez, é um mecanismo de busca e análise distribuído, altamente escalável, responsável por armazenar os dados de forma estruturada e permitir consultas rápidas e complexas. Já o Kibana fornece uma interface gráfica intuitiva para exploração e visualização dos dados armazenados no Elasticsearch, permitindo a criação de dashboards dinâmicos, análises interativas e alertas operacionais. Juntas, essas ferramentas oferecem uma infraestrutura eficiente para observabilidade, monitoramento e análise de eventos em sistemas distribuídos. Na Plataforma Pé-de-Meia, o Elastic Stack é utilizado como solução de observabilidade para garantir a rastreabilidade, a segurança e a

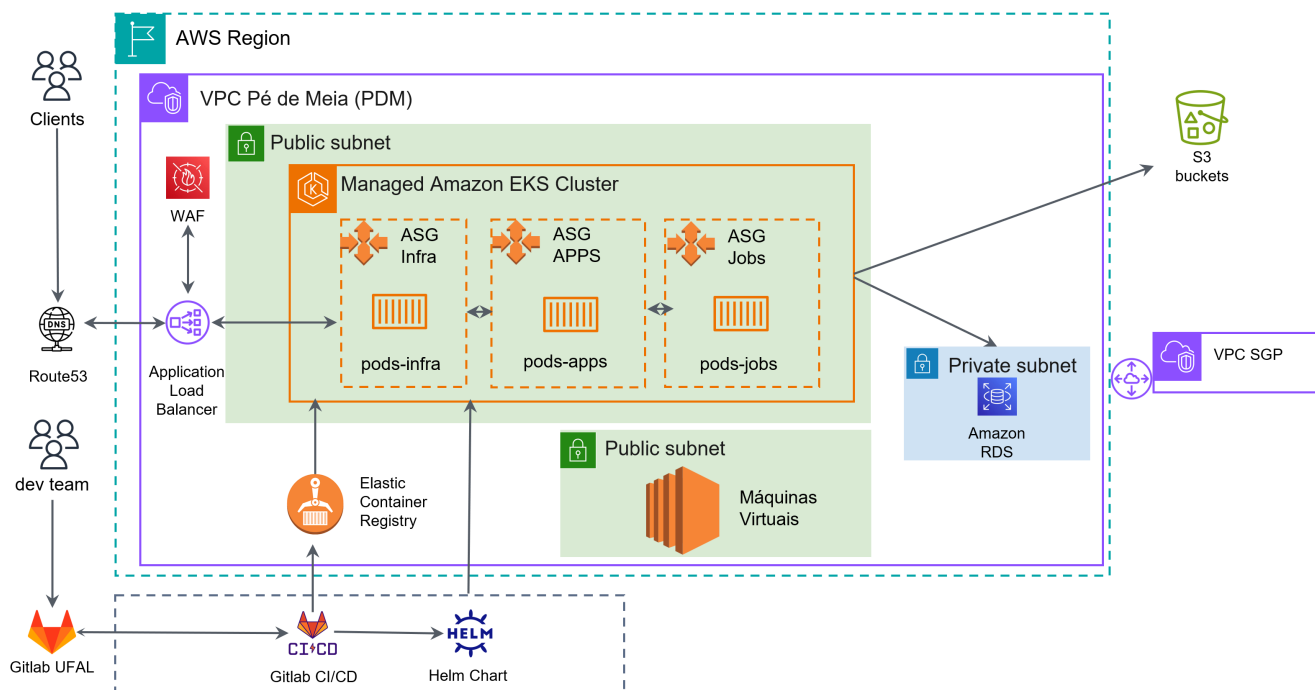


Figura 1: Arquitetura de Referência para Implantação da aplicação PDM na AWS.

transparência dos processos automatizados. Logs gerados por componentes distribuídos da infraestrutura — como serviços em containers no Amazon EKS, pipelines de CI/CD e instâncias EC2 — são coletados e processados pelo Logstash, que os normaliza e encaminha ao Elasticsearch. Esse mecanismo de indexação permite consultas rápidas, agregações em tempo real e análise eficiente de grandes volumes de dados. Por meio do Kibana, equipes técnicas acessam dashboards dinâmicos que apresentam métricas operacionais, eventos críticos e falhas, facilitando o diagnóstico de problemas e o acompanhamento contínuo da plataforma. Essa estrutura fortalece o monitoramento proativo e a governança do sistema, em conformidade com os requisitos regulatórios do ambiente governamental.

O SGP atua como fonte primária dos dados cadastrais e acadêmicos essenciais para o funcionamento do PDM. Por meio dessa integração direta, o SGP fornece informações atualizadas sobre frequência escolar, matrícula e desempenho dos estudantes, viabilizando assim a verificação e o cumprimento das condições exigidas para a realização das transferências financeiras condicionais. Essa relação estratégica entre os sistemas permite ao PDM automatizar com precisão e transparência o processo de elegibilidade e pagamento, assegurando a conformidade com as políticas públicas educacionais vigentes. A integração entre o SGP e PDM é realizada por meio de um VPC peering, dado que os dois projetos estão hospedados em contas AWS distintas, com VPCs independentes.

3 Indicadores de Sucesso

Desde seu lançamento oficial em março de 2024, o programa PDM alcançou ampla cobertura nacional, com mais de 4 milhões de estudantes beneficiados até o primeiro semestre de 2025 [4]. O investimento total neste primeiro ano de PDM foi de R\$ 12,5 bilhões [1]. Os depósitos condicionais de incentivo à permanência escolar foram efetivados em ciclos regulares, vinculados à verificação automatizada de critérios como matrícula ativa, frequência mínima e participação em exames oficiais, conforme dados integrados ao SGP e CadÚnico.

Relatórios do MEC apontam aumento na regularidade da frequência escolar em redes estaduais e municipais com forte adesão ao programa. Além disso, acredita-se que o PDM contribuiu para a elevação da taxa de participação dos estudantes de baixa renda no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2024, refletindo maior engajamento educacional. A iniciativa foi citada como referência de política pública de incentivo educacional com uso de tecnologia, promovendo inclusão social, estímulo à conclusão do ensino médio e fortalecimento da permanência escolar [3].

O programa também obteve ampla aceitação por parte das secretarias de educação e gestores escolares, com adesão formal de todos os estados e do Distrito Federal, e reconhecimento público em relatórios do MEC como um dos pilares da modernização da gestão educacional no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Núcleo de Excelência em Tecnologias Sociais (NEES) e ao Ministério da Educação (MEC) pelo apoio e colaboração no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Gov. 2024. *Pé-de-Meia chega a 3,9 milhões de estudantes. Confirma distribuição por estados*. <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202412/pe-de-meia-87-7-mil-estudantes-sao-beneficiados-no-rn> Publicado em 02 de dezembro de 2024.
- [2] Brasil. 2018. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018: Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 ago. 2018. Acesso em: 13 maio 2025.
- [3] MEC. 2025. *Resultados alcançados ante os objetivos estratégicos e as prioridades da gestão — Relatório de Gestão 2024*. <https://www.gov.br/mec/pt-br/aceso-a-informacao/auditorias/transparencia-prestacao-contas/relatorio-de-gestao-2024/governanca-estrategia-e-desempenho/resultados-alcancados-ante-os-objetivos-estrategicos-e-as-prioridades-da-gestao> Acesso em: 13 maio 2025.
- [4] MEC PDM. 2025. Pé de Meia - Ministério da Educação. <https://www.gov.br/mec/pt-br/pe-de-meia>. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/pe-de-meia>.