

Arquitetura Interoperável para Integração de Ambientes Virtuais de Aprendizagem e Sistemas de Gestão Acadêmica: Um Modelo de Referência

Title: Interoperable Architecture for the Integration of Virtual Learning Environments and Academic Management Systems: A Reference Model

Título: Arquitectura Interoperable para la Integración de Entornos Virtuales de Aprendizaje y Sistemas de Gestión Académica: Un Modelo de Referencia

Ricardo Serrano
PPGTI – IFPB
ORCID: [0009-0006-4074-4508](https://orcid.org/0009-0006-4074-4508)
ricardo.serrano@academico.ifpb.edu.br

Francisco Petrónio Alencar de Medeiros
PPGTI – IFPB
ORCID: [0000-0003-2955-6785](https://orcid.org/0000-0003-2955-6785)
petronio@ifpb.edu.br

José Jorge Lima Dias Júnior
LAGID – UFPB
ORCID: [0000-0003-4381-1930](https://orcid.org/0000-0003-4381-1930)
jorge.dias@academico.ufpb.br

Resumo

A integração entre Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) e Sistemas de Gestão Acadêmica (SGAs) representa um desafio recorrente nas instituições de ensino superior, especialmente em contextos de Educação a Distância, nos quais a consistência e a atualização dos dados acadêmicos são essenciais para o adequado funcionamento dos processos pedagógicos e administrativos. Na prática, essa integração tem sido frequentemente realizada por meio de soluções pontuais e fortemente acopladas, desenvolvidas sob medida para contextos específicos, o que dificulta sua manutenção, evolução e reutilização em cenários institucionais distintos, evidenciando a ausência de abordagens sistemáticas e reutilizáveis para o domínio de integração AVA-SGA. Diante desse cenário, este trabalho investiga como uma arquitetura de referência pode apoiar o desenvolvimento de soluções de integração AVA-SGA mais flexíveis, modulares e sustentáveis ao longo do tempo. A pesquisa foi conduzida segundo a Design Science Research Methodology (DSRM), contemplando a análise da literatura, um estudo exploratório com instituições de ensino superior e o projeto de uma arquitetura de referência denominada ARIAS, que organiza princípios, componentes e diretrizes arquiteturais voltadas à integração AVA-SGA, com ênfase em modularidade, baixo acoplamento e capacidade de adaptação a diferentes configurações institucionais de AVAs e SGAs. A viabilidade da ARIAS foi avaliada por meio de uma prova de conceito implementada em um contexto institucional real, envolvendo a execução de rotinas de sincronização com dados acadêmicos reais e a análise de seus impactos operacionais, cujos resultados indicam que a arquitetura é capaz de apoiar integrações mais adaptáveis, contribuir para a redução de inconsistências entre AVA e SGA e diminuir o esforço manual das equipes técnicas responsáveis pela manutenção dos ambientes virtuais, evidenciando seu potencial como arquitetura de referência para esse domínio.

Palavras-chave: Integração AVA-SGA; Arquitetura de Referência; Sistemas de Informação Educacional; Educação a Distância; Design Science Research.

Abstract

The integration between Virtual Learning Environments (VLEs) and Academic Management Systems (AMSs) represents a recurring challenge in higher education institutions, particularly in Distance Education contexts, where the consistency and timely updating of academic data are essential for the proper functioning of pedagogical and administrative processes. In practice, such integration has often been addressed through ad hoc, tightly coupled solutions developed for specific contexts, which hampers their maintenance, evolution, and reuse across different institutional scenarios, underscoring the need for systematic, reusable approaches for the VLE–AMS integration domain. In this context, this study investigates how a reference architecture can support the development of more flexible, modular, and sustainable VLE–AMS integration solutions over time. The research was conducted following the Design Science Research Methodology (DSRM), encompassing literature analysis, an exploratory study with higher education institutions, and the design of a reference architecture called ARIAS, which organizes architectural principles, components, and guidelines for VLE–AMS integration, emphasizing modularity, low coupling, and adaptability to different institutional configurations of VLEs and AMSs. The feasibility of ARIAS was evaluated through a proof-of-concept implemented in a real institutional context, involving the execution of synchronization routines with real academic data and the analysis of their operational impacts. The results indicate that the architecture is capable of supporting more adaptable integrations, contributing to the reduction of inconsistencies between VLEs and AMSs and to a decrease in the manual effort required by technical teams responsible for maintaining virtual learning environments, demonstrating its potential as a reference architecture for this domain.

Keywords: *VLE-AMS Integration; Reference Architecture; Educational Information Systems; Distance Education; Design Science Research.*

Resumen

La integración entre Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) y Sistemas de Gestión Académica (SGA) representa un desafío recurrente en las instituciones de educación superior, especialmente en contextos de Educación a Distancia, donde la consistencia y la actualización oportuna de los datos académicos son esenciales para el adecuado funcionamiento de los procesos pedagógicos y administrativos. En la práctica, dicha integración ha sido abordada con frecuencia mediante soluciones ad hoc, fuertemente acopladas y desarrolladas para contextos específicos, lo que dificulta su mantenimiento, evolución y reutilización en diferentes escenarios institucionales, evidenciando la ausencia de enfoques sistemáticos y reutilizables para el dominio de integración EVA–SGA. En este contexto, este trabajo investiga cómo una arquitectura de referencia puede apoyar el desarrollo de soluciones de integración EVA–SGA más flexibles, modulares y sostenibles a lo largo del tiempo. La investigación se llevó a cabo siguiendo la Design Science Research Methodology (DSRM), abarcando el análisis de la literatura, un estudio exploratorio con instituciones de educación superior y el diseño de una arquitectura de referencia denominada ARIAS, que organiza principios, componentes y directrices arquitectónicas para la integración EVA–SGA, con énfasis en la modularidad, el bajo acoplamiento y la capacidad de adaptación a diferentes configuraciones institucionales de EVA y SGA. La viabilidad de ARIAS se evaluó mediante una prueba de concepto implementada en un contexto institucional real, que incluyó la ejecución de rutinas de sincronización con datos académicos reales y el análisis de sus impactos operativos. Los resultados indican que la arquitectura es capaz de apoyar integraciones más adaptables, contribuir a la reducción de inconsistencias entre EVA y SGA y disminuir el esfuerzo manual de los equipos técnicos responsables del mantenimiento de los entornos virtuales de aprendizaje, evidenciando su potencial como arquitectura de referencia para este dominio.

Palabras clave: *Integración EVA-SGA; Arquitectura de Referencia; Sistemas de Información Educativos; Educación a Distancia; Design Science Research.*

1 Introdução

A educação a distância (EAD) tem experimentado um crescimento acelerado no Brasil e no cenário internacional, consolidando-se como uma modalidade central de ensino e aprendizagem em diversos contextos educacionais (Palvia et al., 2018; Brito et al., 2024). Nas instituições de ensino (IEs), esse avanço resultou em um aumento expressivo no número de cursos, discentes, docentes e atividades acadêmicas, ampliando a necessidade de maior eficiência e integração entre os sistemas de informação educacionais (Lucena et al., 2017).

A integração de sistemas de informação (SI) consiste no processo de unificar e harmonizar sistemas isolados, viabilizando o compartilhamento consistente de informações (Recalde et al., 2023). Nesse contexto, destaca-se a importância da interoperabilidade entre Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs), que concentram as atividades pedagógicas online, e Sistemas de Gestão Acadêmica (SGAs), responsáveis pela administração de dados acadêmicos e institucionais. Essa integração, denominada AVA-SGA, é essencial para assegurar consistência, segurança e agilidade no fluxo de dados entre ambos os sistemas. A ausência dessa integração pode ocasionar problemas como inconsistência de informações, sobrecarga de recursos humanos para sincronizações manuais e vulnerabilidades na segurança da informação. Por outro lado, a integração adequada contribui com ganhos financeiros, estratégicos e operacionais, incluindo aumento da produtividade, redução de custos e otimização da eficiência institucional (Moura & Bernardino, 2010; Leal & Queiroz, 2012).

Neste trabalho, o termo interoperabilidade é compreendido como a capacidade de sistemas distintos trocarem dados e utilizarem as informações trocadas de forma consistente e significativa no contexto institucional. No domínio AVA-SGA, essa interoperabilidade envolve não apenas a comunicação técnica entre sistemas, mas também a preservação da semântica dos dados acadêmicos e o suporte a processos institucionais dependentes dessas informações.

A complexidade da integração entre Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) e Sistemas de Gestão Acadêmica (SGAs) não se restringe a aspectos técnicos de interoperabilidade, envolvendo múltiplas dimensões institucionais que impactam diretamente o funcionamento dessas soluções. Do ponto de vista administrativo, a integração precisa garantir a consistência e atualização de dados acadêmicos, como matrículas, turmas e vínculos institucionais. Na dimensão pedagógica, é necessário assegurar o alinhamento entre os ambientes de ensino e os registros formais de atividades acadêmicas, preservando a integridade das interações educacionais. Sob a perspectiva operacional, a integração deve reduzir o esforço manual das equipes técnicas e minimizar inconsistências decorrentes de processos redundantes. Além disso, aspectos relacionados à escalabilidade e adaptação institucional tornam-se relevantes, considerando a diversidade de configurações e políticas adotadas pelas instituições de ensino. Nesse contexto, a ausência de abordagens arquiteturais que considerem explicitamente essas múltiplas dimensões contribui para soluções rígidas, de difícil manutenção e baixa reutilização.

A motivação desta pesquisa decorre da constatação, apoiada em experiências institucionais e relatos de profissionais da área, de que diversas IEs enfrentam dificuldades recorrentes para integrar AVAs e SGAs de forma efetiva. A ausência de soluções integradas gera inconsistências de dados, elevado esforço humano para sincronização manual e riscos relacionados à segurança da informação (Pereira Júnior et al., 2023). Embora a literatura científica já apresente propostas técnicas, observa-se uma lacuna de investigações que abordem de forma mais abrangente os fatores organizacionais, humanos e contextuais que impactam a integração AVA-SGA. Aspectos como falhas de comunicação entre equipes, carência de recursos humanos qualificados, limitações institucionais e entraves burocráticos frequentemente dificultam ou inviabilizam a implementação de soluções de integração robustas e sustentáveis (Bakhouyi et al., 2017). Diante desse cenário, este trabalho parte da seguinte questão de pesquisa: como apoiar, de forma sistemática e

reutilizável, o desenvolvimento de soluções de integração entre AVAs e SGAs em instituições de ensino superior? A motivação central reside na recorrência de soluções ad hoc, fortemente acopladas e pouco adaptáveis às diferentes realidades institucionais, o que evidencia a necessidade de abordagens arquiteturais mais estruturadas para esse domínio.

Diante desse cenário, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa cujo objetivo central é propor uma arquitetura de referência para apoiar instituições de ensino na construção de soluções de integração AVA-SGA adaptadas às suas realidades sociotécnicas. A investigação foi conduzida com base na abordagem metodológica Design Science Research (DSR) e contemplou um estudo exploratório em instituições brasileiras e estrangeiras, envolvendo revisão de literatura, aplicação de questionários, realização de entrevistas e análise da experiência profissional do autor. Os resultados evidenciam que a integração AVA-SGA envolve desafios que extrapolam a dimensão técnica, abrangendo também questões organizacionais, humanas e administrativas. Como principal contribuição, propõe-se a ARIAS, uma arquitetura de referência concebida para orientar o desenvolvimento de soluções flexíveis, eficientes e sustentáveis para a integração entre AVAs e SGAs.

Com esse propósito, o objetivo geral do estudo é propor uma arquitetura de referência que auxilie instituições de ensino que ofertam educação a distância no desenvolvimento de soluções de integração entre AVAs e SGAs. Para alcançar tal finalidade, foram definidos os seguintes objetivos específicos: (i) projetar e especificar a arquitetura de referência ARIAS para o domínio de integração AVA-SGA; (ii) investigar a problemática da integração AVA-SGA na literatura científica e nos ambientes institucionais; (iii) demonstrar a aplicação da arquitetura proposta por meio de sua implementação em um ambiente real; e (iv) avaliar a eficácia da arquitetura de referência, considerando sua capacidade de atender às necessidades institucionais de maneira segura, eficiente e adaptável.

Embora existam iniciativas na literatura voltadas à integração entre AVAs e SGAs, a maioria das abordagens concentra-se em soluções específicas, fortemente dependentes do contexto institucional ou de tecnologias particulares, oferecendo suporte limitado à reutilização e à adaptação em diferentes cenários. Além disso, outros aspectos da integração de sistemas no domínio da gestão acadêmica — como dimensões administrativas, pedagógicas, financeiras e comerciais — não constituem o foco deste estudo, que se concentra especificamente na interoperabilidade entre AVAs e SGAs no contexto acadêmico-operacional. Como principais contribuições, este trabalho apresenta a arquitetura de referência ARIAS, a sistematização de diretrizes arquiteturais para o domínio de integração AVA-SGA e a avaliação da viabilidade da proposta por meio de uma prova de conceito em contexto institucional real. Nesse sentido, o escopo deste trabalho concentra-se na interoperabilidade aplicada especificamente à integração entre AVAs e SGAs, não abrangendo outras dimensões mais amplas de interoperabilidade institucional.

2 Trabalhos relacionados

Os estudos que abordam a integração entre Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) e Sistemas de Gestão Acadêmica (SGAs) são relativamente recentes, tendo emergido a partir do final da década de 2000. Desde então, observa-se um conjunto de trabalhos acadêmicos que discutem diferentes aspectos dessa integração e propõem soluções arquiteturais. Leal e Queirós (2012) analisaram a interoperabilidade entre AVAs e SGAs em IES portuguesas, constatando que os SGAs eram pouco maduros, geralmente desenvolvidos internamente e sem padrões de integração, o que levava ao uso de soluções ad hoc. O trabalho descreveu estratégias técnicas comuns, mas limitou-se ao enfoque tecnológico, sem considerar variáveis institucionais mais amplas.

Recalde et al. (2023) propõem e analisam a integração entre o Moodle e o Sistema de Gestão Acadêmica na Tecnológica Universidad Israel por meio de uma arquitetura orientada a serviços baseada em web services, demonstrando como essa interoperabilidade pode otimizar processos acadêmicos, reduzir redundâncias e melhorar a eficiência institucional. Entretanto, a solução é apresentada de forma predominantemente descritiva, sem validação empírica em ambiente real. Além disso, por tratar-se de um estudo de caso restrito a uma única instituição, suas conclusões apresentam limitações quanto à generalização e à reutilização em outros contextos, reforçando a necessidade de abordagens arquiteturais mais abrangentes, como a proposta neste trabalho.

Complementarmente, Carvalho et al. (2012) investigaram os benefícios da integração AVA-SGA sob a perspectiva da prática docente. A pesquisa, de caráter qualitativo, envolveu entrevistas, questionários e análise documental, possibilitando a coleta das percepções de professores quanto às possibilidades de integração. O estudo resultou na definição de requisitos, posteriormente prototipados em uma ferramenta apropriada e avaliados pelos participantes. Embora tenha contribuído ao revelar preferências e necessidades de integração na ótica dos docentes, o trabalho não abordou os desafios institucionais e organizacionais relacionados à implementação de soluções efetivas de integração.

No trabalho de El-Bakry et al. (2009), os autores definiram a terminologia e destacaram as diferenças entre conceitos associados à gestão acadêmica e à aprendizagem nas IES, descrevendo os sistemas que as sustentam, como AVAs e SGAs. O estudo concluiu que os AVAs devem ser responsáveis pelas atividades pedagógicas e os SGAs pela gestão administrativa, ressaltando que ambos precisam estar integrados para viabilizar a prática da EAD em nível institucional.

Grande parte dos estudos identificados na literatura, no entanto, concentra-se em propor ou descrever soluções tecnológicas específicas de integração AVA-SGA, geralmente concebidas a partir dos desafios enfrentados em um ambiente institucional particular — na maioria dos casos, a própria instituição dos autores. De modo recorrente, esses trabalhos iniciam-se apresentando o contexto da IES e de seu setor de EAD, em seguida descrevem os problemas enfrentados, detalham os sistemas utilizados e, por fim, propõem ou especificam uma solução de integração adaptada às suas condições sociotécnicas.

Nesse conjunto, observa-se que a totalidade das propostas revisadas recorre a arquiteturas orientadas a serviços (Service-Oriented Architecture – SOA), implementadas por meio de web services (Bjeljac, Zečević & Perišić, 2015; Eulálio, Souza & Diniz, 2016; Furtado, Lima & Farias, 2015; González et al., 2009; Oliveira Junior, Correa & Fonseca, 2018; Molins & Busquiel, 2014; Moura & Bernardino, 2011; Silva, 2012). Nessa abordagem, a troca de dados entre AVAs e SGAs é realizada por serviços padronizados e encapsulados via web, em vez de acessos diretos, o que proporciona vantagens como maior segurança da informação, independência de linguagem de programação e de tecnologia, entre outras.

Apesar do consenso quanto à adoção de SOA e web services como estratégia de integração, os modelos apresentam variações em seus demais aspectos. Os trabalhos de Moura e Bernardino (2011) e de Bjeljac, Zečević e Perišić (2015), por exemplo, propõem a construção de plug-ins no lado do AVA para acessar dados do SGA e refletir as informações no ambiente de aprendizagem. Já as propostas de Eulálio, Souza e Diniz (2016) e de Oliveira Junior, Correa e Fonseca (2018) sugerem a criação de uma aplicação intermediária para coordenar o processo de integração, utilizando web services tanto para acessar informações no SGA quanto para cadastrá-las no AVA.

Independentemente da estratégia adotada, constata-se que as propostas de integração encontradas na literatura permanecem centradas nos aspectos técnicos e tecnológicos, negligenciando variáveis organizacionais e contextuais que podem influenciar decisivamente o sucesso das implementações. O estudo exploratório desenvolvido nesta pesquisa, publicado em Santos et al. (2021), evidenciou que, em muitos casos, as dificuldades decorrem de fatores não

tecnológicos, como falhas de comunicação e alinhamento entre equipes de TI, carência de recursos humanos, entraves burocráticos e administrativos, entre outros, que acabam por inviabilizar ou limitar a adoção de soluções robustas.

Em síntese, a construção de uma solução de integração AVA-SGA não deve considerar apenas os desafios técnicos da interoperabilidade entre sistemas heterogêneos, mas também os obstáculos institucionais de natureza organizacional e humana. Um exemplo concreto ocorreu durante o desenvolvimento de uma integração em uma universidade brasileira: embora a equipe de EAD tenha identificado a necessidade de web services no lado do SGA e solicitado sua implementação ao setor de TI institucional, fatores externos ao setor inviabilizaram sua construção. Como alternativa, o acesso aos dados foi disponibilizado via views de banco de dados, o que obrigou a adoção de uma estratégia distinta da arquitetura orientada a serviços inicialmente planejada. Adicionalmente, embora o problema da integração AVA-SGA seja uma realidade concreta em diversas IES, a revisão realizada neste estudo não identificou pesquisas que investigassem como as instituições viabilizam, na prática, suas soluções de integração. Também se verificou uma lacuna na literatura científica quanto à identificação de modelos ou soluções mais adequados em função das diferentes realidades, limitações e particularidades institucionais, bem como estratégias para o aprimoramento contínuo das integrações entre sistemas acadêmicos.

Em comparação com as soluções apresentadas nos trabalhos relacionados, a arquitetura ARIAS adota uma abordagem mais abrangente e orientada ao domínio da integração AVA-SGA, superando o foco predominantemente técnico observado na literatura. Enquanto a maioria das propostas descreve soluções específicas, geralmente restritas a contextos institucionais particulares e fortemente acopladas a tecnologias ou plataformas, a ARIAS é concebida como uma arquitetura de referência, caracterizada por maior nível de abstração, modularidade e baixo acoplamento. Ademais, ao incorporar evidências empíricas relacionadas a fatores organizacionais, humanos e contextuais, a ARIAS sistematiza práticas recorrentes de integração e oferece diretrizes arquiteturais reutilizáveis e adaptáveis a diferentes realidades sociotécnicas, ampliando seu potencial de generalização.

3 Método

A pesquisa foi conduzida a partir da abordagem Design Science Research (DSR), amplamente reconhecida como compatível com a área de Sistemas de Informação (SI), por estar orientada à construção de artefatos tecnológicos (Tuunanen et al., 2024). O propósito fundamental dessa abordagem é o desenvolvimento de soluções tecnológicas para problemas organizacionais e de negócios (Hevner et al., 2004). O artefato produzido pode assumir diferentes formas, como constructos, modelos, métodos, frameworks, arquiteturas ou qualquer entidade física ou abstrata projetada para alcançar um objetivo específico (Abbasi et al., 2024).

Segundo Pimentel, Filippo e Santoro (2019), uma pesquisa de natureza DSR deve atender a dois objetivos centrais, conforme representado na Figura 1: (i) construir um artefato capaz de solucionar um problema em determinado contexto; e (ii) produzir novo conhecimento científico a partir desse processo. Nesse sentido, Peffers et al. (2007) propuseram a Design Science Research Methodology (DSRM), que sistematiza o processo em seis atividades principais: identificação e motivação do problema; definição dos objetivos da solução; projeto e desenvolvimento; demonstração; avaliação; e comunicação. No presente estudo, a condução da pesquisa adotou uma abordagem incremental típica da Design Science Research, na qual o artefato foi progressivamente refinado ao longo dos ciclos de desenvolvimento. Em cada ciclo, resultados parciais da arquitetura foram analisados e ajustados com base nas evidências obtidas nas etapas de demonstração e avaliação, permitindo a evolução gradual da proposta até a versão final apresentada neste trabalho.

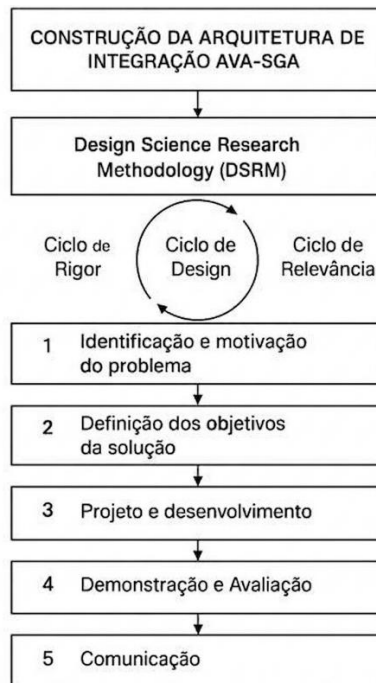


Figura 1: Diagrama sobre as etapas de pesquisa DSRM (adaptado de Peffers et al. (2007))

3.1 Estudo exploratório da integração AVA-SGA pelo método DSRM

Esta etapa consistiu no planejamento e na execução de um estudo exploratório junto a institutos e universidades de ensino superior, no qual foram triangulados resultados oriundos de três frentes principais: (i) investigação do estado da arte por meio de revisão da literatura; (ii) levantamento nacional baseado em questionário aplicado a IES; e (iii) entrevistas semiestruturadas realizadas com instituições brasileiras e finlandesas.

A partir de ampla pesquisa de termos recorrentes na literatura e de testes preliminares em motores de busca online, identificaram-se estudos que tratavam da integração AVA-SGA em IES, tanto sob a forma de análises exploratórias quanto de propostas de soluções técnicas. Em seguida, conduziu-se um levantamento por meio de questionário online direcionado a instituições brasileiras de ensino superior, contemplando dados quantitativos e qualitativos. O questionário, composto por 23 questões distribuídas em duas seções (sendo a primeira com 16 perguntas abertas e fechadas), passou por pré-teste em três instituições representativas — uma Universidade Federal, um Instituto Federal e um Centro Universitário privado — com o objetivo de identificar ambiguidades, inconsistências terminológicas ou barreiras ao preenchimento. Os convites foram enviados via aplicativo de mensagens a profissionais com experiência prévia no tema da integração AVA-SGA, os quais também foram incentivados a fornecer sugestões. Como não foram relatadas inconsistências, a fase de pré-teste foi considerada concluída.

Posteriormente, foram identificados contatos institucionais de 51 IES, das quais 17 responderam ao questionário. As respostas às questões abertas foram analisadas por meio de codificação aberta, primeira etapa da análise qualitativa de dados (Hoda, Marshall & Noble, 2012), que consistiu no exame minucioso e na leitura intensiva dos textos para identificar elementos relevantes (Soares & Oliveira, 2019). Dada a concisão e o número reduzido de respostas, não se fez necessária a utilização de softwares específicos ou outros tipos de codificação qualitativa. O processo de codificação aberta adotado é passível de replicação, uma vez que se baseou em etapas sistemáticas de leitura, identificação e categorização de conceitos recorrentes nas respostas. Embora, neste estudo, não tenham sido utilizados softwares de apoio à análise qualitativa em função do volume e da concisão das respostas, ferramentas poderiam ser empregadas em estudos futuros para apoiar a rastreabilidade e a reprodutibilidade da análise.

A segunda etapa incluiu entrevistas semiestruturadas com atores-chave de IES públicas, conduzidas com o objetivo de aprofundar a compreensão da problemática da integração AVA-SGA em contextos institucionais reais. Foram contatadas quatro instituições: duas brasileiras e duas finlandesas. O roteiro de entrevistas incluiu 18 questões, algumas deliberadamente amplas, de modo a permitir a identificação de aspectos não restritos às questões técnicas da integração. As entrevistas foram gravadas em áudio e realizadas com representantes da UFPB, IFPB, da Tampere University of Applied Sciences (TAMK) e da Häme University of Applied Sciences (HAMK).

No que se refere aos aspectos éticos, todos os participantes do questionário e das entrevistas foram previamente informados sobre os objetivos da pesquisa, a natureza voluntária da participação e a possibilidade de desistência a qualquer momento, manifestando seu consentimento livre e esclarecido antes da coleta dos dados. Para preservação da privacidade, os dados coletados foram tratados de forma anonimizada, com supressão de nomes pessoais, cargos específicos e quaisquer informações que permitissem a identificação direta dos participantes ou de suas instituições. Adicionalmente, os registros obtidos foram utilizados exclusivamente para fins acadêmico-científicos, armazenados em ambiente restrito aos pesquisadores e apresentados neste artigo apenas de forma agregada.

Participaram do levantamento por questionários representantes de 17 instituições de ensino superior brasileiras, sendo considerado um respondente por instituição, selecionado com base em sua atuação direta com a integração AVA-SGA. As divergências observadas nas respostas foram tratadas por meio de análise qualitativa das questões abertas, priorizando-se a identificação de padrões recorrentes e estratégias comuns, em vez de consensos absolutos, dada a diversidade de contextos institucionais investigados.

Identificou-se que o IFPB possuía uma integração funcional AVA-SGA desenvolvida internamente pela equipe de TI da Diretoria de Educação a Distância (DEAD). Assim como observado em outras soluções relatadas na literatura, essa integração era baseada em web services para a troca de dados entre os sistemas, sendo coordenada por plug-ins implementados no Moodle, que tiveram seu código-fonte e banco de dados modificados para esse fim. Antes da adoção dessa estratégia, inexistia qualquer integração automatizada: o preenchimento dos AVAs ocorria por meio de planilhas exportadas do SGA e importadas manualmente para o Moodle. Esse processo resultava em inconsistências frequentes e exigia elevado esforço de suporte ao usuário para tarefas de atualização de dados cadastrais, como correção de e-mails, endereços e senhas. A construção de rotinas automatizadas de integração surgiu, portanto, como resposta às principais demandas identificadas no suporte técnico, o que contribuiu para reduzir significativamente a carga de trabalho operacional da equipe.

Na UFPB, especificamente na então unidade denominada UFPB Virtual (atual SEAD), verificou-se cenário semelhante. As entrevistas revelaram que, inicialmente, não havia qualquer integração entre o SGA e os AVAs, sendo os dados acadêmicos inseridos manualmente por meio de arquivos CSV extraídos do sistema acadêmico. Além do retrabalho, esse procedimento frequentemente ocasionava inconsistências e exigia intervenção contínua da secretaria e das equipes de TI. Assim como no IFPB, a busca por soluções de integração emergiu de necessidades institucionais concretas, embora ainda limitada a recursos internos e soluções parciais.

Um aspecto crítico comum às duas instituições referia-se à dependência da colaboração entre as equipes de TI/EAD e os setores de TI responsáveis pela gestão do SGA. Essa relação de interdependência mostrou-se sensível às restrições de recursos humanos e à sobrecarga de demandas institucionais, tornando-se, em alguns casos, um entrave para a consolidação das integrações. No IFPB, por exemplo, relatou-se que, embora os web services para a integração das notas já estivessem preparados no Moodle, sua implementação no lado do SGA ainda não havia ocorrido devido ao acúmulo de demandas na Diretoria Geral de Tecnologia da Informação (DGTI). Situações dessa natureza foram amplamente mencionadas tanto nas entrevistas quanto

nas respostas ao questionário aplicado na pesquisa, confirmando que os desafios da integração AVA-SGA extrapolavam a esfera técnica e incluíam barreiras organizacionais e administrativas.

No que se refere às estratégias de integração, constatou-se que tanto o IFPB quanto a UFPB adotaram rotinas de sincronização agendadas, executadas diariamente em horários pré-definidos, de modo a refletir no AVA os dados armazenados no SGA. Contudo, os mecanismos de coordenação diferiam: no IFPB, a sincronização era realizada por plugins internos do Moodle, enquanto na UFPB havia sido desenvolvido um sistema intermediário de gestão para orquestrar o processo. Essas variações refletiam soluções pragmáticas, ajustadas às condições locais de cada instituição, mas ainda restritas a cenários pontuais e de difícil generalização. Assim, embora as experiências do IFPB e da UFPB tenham representado avanços significativos no sentido de reduzir a dependência de processos manuais e minimizar inconsistências entre sistemas, também revelaram limitações recorrentes, como a ausência de padronização, a sobrecarga das equipes técnicas e a cobertura parcial das rotinas de integração. Tais restrições, observadas tanto na prática institucional quanto na literatura, reforçaram a necessidade de uma arquitetura de referência mais robusta, como a ARIAS, capaz de oferecer soluções modulares, escaláveis e adaptáveis às diferentes realidades sociotécnicas das instituições de ensino superior.

Nas IES finlandesas participantes do estudo, buscou-se compreender a integração em contextos distintos. Em ambas, o Moodle era utilizado como principal AVA. Na TAMK, observou-se ausência de integração entre Moodle e SGA para notas, o que gerava retrabalho. Os docentes precisavam registrar as avaliações no Moodle, transferi-las para planilhas em Excel e, posteriormente, inseri-las manualmente no SGA. O entrevistado destacou que, por ser uma instituição com experiência recente em EAD, ainda estava em processo de avaliação de práticas e definição de estratégias mais adequadas. Já na HAMK, verificou-se uma integração consolidada entre SGA e Moodle, mantida por uma equipe dedicada de integração no setor de TI. Essa integração contemplava rotinas completas de sincronização de usuários, turmas e vínculos acadêmicos, não tendo sido relatados problemas operacionais relevantes.

Após as etapas exploratórias — revisão da literatura, aplicação de questionário e realização de entrevistas —, estabeleceu-se como objetivo da pesquisa o desenvolvimento de um artefato capaz de apoiar as equipes de TI na construção de soluções de integração AVA-SGA adaptáveis às diferentes realidades institucionais. Na etapa de projeto e desenvolvimento, a arquitetura ARIAS foi construída com base nos requisitos e evidências obtidos nas fases anteriores do DSRM, considerando a heterogeneidade e o dinamismo característicos desse domínio. A arquitetura resultante apresentou modularidade e baixo acoplamento, possibilitando a integração de múltiplos AVAs, de diferentes tipos e com requisitos específicos.

Conforme destacado por Peffers et al. (2007), as atividades de demonstração e avaliação no contexto da DSR tinham por finalidade, respectivamente, comprovar a utilização do artefato em uma instância do problema e verificar sua eficácia a partir de observações e medições. Essas etapas poderiam envolver simulações, estudos de caso, provas de conceito ou abordagens correlatas. No presente trabalho, foram conduzidas por meio de uma prova de conceito, na qual foi projetado, desenvolvido e avaliado um sistema de integração AVA-SGA fundamentado na arquitetura ARIAS, em parceria com a Superintendência de Educação a Distância (SEAD) da UFPB. O sistema foi implementado e testado com dados reais da SEAD, de modo a reproduzir rotinas e eventos acadêmicos típicos de um ano letivo completo. A avaliação incluiu a apresentação do sistema a atores-chave da SEAD e a comparação de suas funcionalidades com os objetivos previamente definidos.

Por fim, a etapa de comunicação teve como propósito disseminar o problema investigado, a relevância da pesquisa, o artefato desenvolvido, sua utilidade prática, grau de inovação, rigor metodológico e eficiência, tanto na comunidade científica quanto entre profissionais da área. Ressalta-se que, além da construção do artefato, a pesquisa em DSR deveria também contribuir

para o avanço da base de conhecimento científico, o que incluiu a condução do estudo em conformidade com o processo sistematizado pelo DSRM (Peppers et al., 2007).

3.2 Arquitetura de Referência ARIAS

Uma arquitetura de referência busca capturar a essência da arquitetura de uma coleção de sistemas, delineando os subsistemas fundamentais que lhes são comuns em um determinado domínio, bem como as relações estabelecidas entre eles (Muller, 2008; Grosskurth & Godfrey, 2005). De acordo com Barbosa et al. (2021), trata-se de um conceito mais amplo no âmbito da arquitetura de software, caracterizado por maior abstração. Seu propósito central é orientar o desenvolvimento de arquiteturas para novas implementações de sistemas, oferecendo uma base conceitual sólida e reutilizável.

No contexto educacional, os sistemas de gestão acadêmica (SGA) são empregados para apoiar — ou mesmo automatizar — o gerenciamento de atividades e processos acadêmico-institucionais. Esses sistemas concentram informações relativas a alunos, docentes, matrículas e demais aspectos administrativos, que são continuamente coletadas, processadas, distribuídas e armazenadas em seus repositórios, constituindo a principal fonte oficial de dados da instituição. Paralelamente, as instituições de ensino superior (IES) que oferecem educação a distância (EAD) utilizam ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), responsáveis por viabilizar a mediação pedagógica nesse formato. Para que possam ser configurados, alimentados e atualizados de forma a refletir com precisão os acontecimentos acadêmicos e administrativos, os AVAs demandam acesso contínuo a um subconjunto dos dados oficiais mantidos no SGA, incluindo informações sobre discentes, docentes, turmas, matrículas, trancamentos, entre outras.

O estudo exploratório conduzido evidenciou, entretanto, que as equipes responsáveis pela gestão dos AVAs e dos SGAs frequentemente pertencem a setores distintos das instituições. Tal separação organizacional revelou-se fonte recorrente de dificuldades de comunicação, o que representa um obstáculo significativo ao avanço de projetos de integração. Essa problemática foi amplamente mencionada nas respostas ao questionário aplicado, reforçando que se trata de um desafio concreto e recorrente no cenário nacional.

Diante dessas particularidades, uma arquitetura de referência voltada à integração AVA-SGA deve considerar a heterogeneidade e a dinamicidade desse domínio, apresentando flexibilidade suficiente para contemplar a diversidade de contextos e realidades institucionais. Nesse sentido, a Arquitetura de Referência para a Integração AVA-SGA (ARIAS) foi concebida para atender a tais requisitos. Sua estrutura modular e de baixo acoplamento possibilita a integração de múltiplos AVAs, inclusive de diferentes tipos e com necessidades específicas de integração. Na arquitetura ARIAS, esses atributos são operacionalizados por decisões arquiteturais específicas, como a adoção de uma estrutura modular e orientada a serviços (que favorece escalabilidade e baixo acoplamento), mecanismos de parametrização e configuração (que suportam adaptação a diferentes contextos institucionais) e o uso de rotinas de sincronização desacopladas (que contribuem para a robustez e evolutividade da solução). A Figura 2 apresenta a visão geral da ARIAS, ressaltando sua capacidade de adaptação e escalabilidade diante de cenários institucionais diversos.

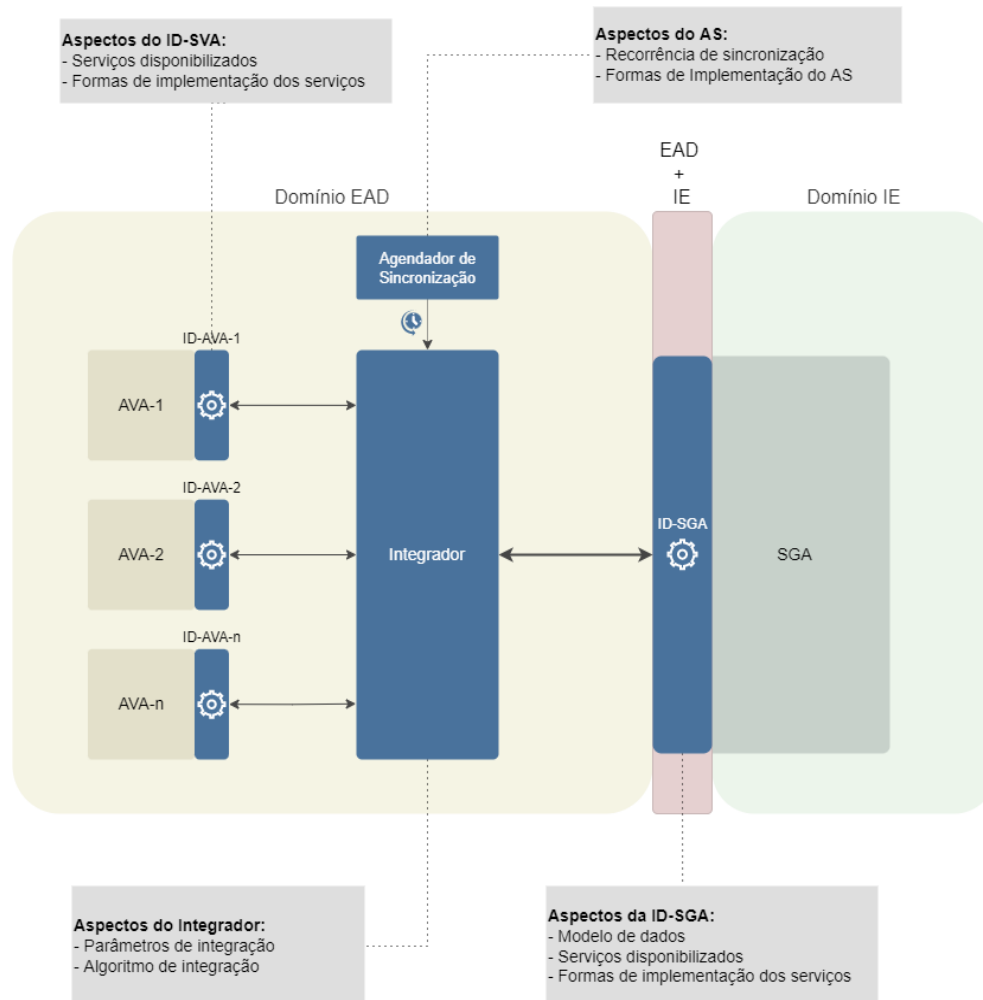


Figura 2: ARIAS: Arquitetura de referência para a Integração AVA-SGA.

A ARIAS é estruturada em quatro componentes principais, destacados em azul na Figura: Interface de Dados do SGA (ID-SGA), Interface de Dados do AVA (ID-AVA), Integrador e Agendador de Sincronização (AS). Em primeiro lugar, a integração entre AVA e SGA requer a existência de uma interface capaz de acessar, filtrar e retornar os dados armazenados no SGA, função desempenhada pela ID-SGA. De modo complementar, para que as informações do SGA sejam enviadas e refletidas nos AVAs, cada ambiente participante da integração deve dispor de uma interface própria de dados, a ID-AVA. O Integrador atua como núcleo de coordenação, sendo responsável por realizar as chamadas à ID-SGA, processar os dados retornados e encaminhá-los aos AVAs por meio das respectivas ID-AVA. Por fim, o Agendador de Sincronização (AS) assume a função de disparar, em intervalos de tempo pré-definidos pela instituição, chamadas recorrentes ao Integrador. O funcionamento articulado desses componentes em um dado momento caracteriza o processo de sincronização.

A Figura 3 ilustra, de forma esquemática, a sequência de passos envolvidos em um ciclo de sincronização da ARIAS. O processo tem início com o AS, que, ao alcançar a data e hora agendadas, aciona o Integrador (1). Em seguida, o Integrador realiza os acessos necessários ao SGA por meio da ID-SGA (2), recuperando os dados cadastrados ou alterados desde a última sincronização até o momento atual (3). Uma vez recebidas, essas informações são processadas pelo Integrador (4) e, posteriormente, transmitidas ao AVA de destino por meio da ID-AVA (5), concluindo o ciclo de sincronização. O resultado esperado de uma sincronização bem-sucedida consiste em assegurar que as informações disponíveis nos AVAs permaneçam consistentes e atualizadas em relação aos dados oficiais armazenados no SGA.

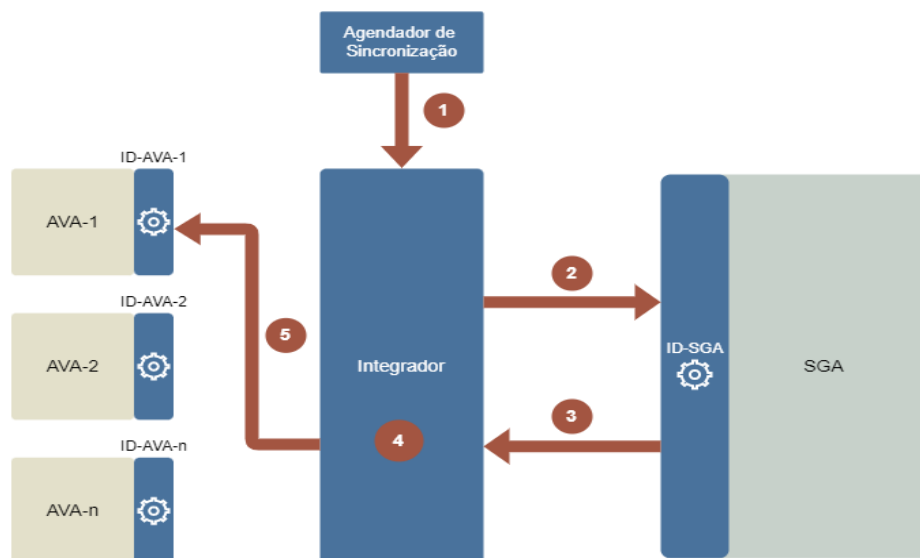


Figura 3: Ciclo de sincronização da ARIAS.

O ciclo de sincronização da ARIAS, representado na Figura 3, ilustra o funcionamento coordenado entre seus componentes: o Agendador de Sincronização (AS) dispara o processo, o Integrador coleta e processa os dados por meio da ID-SGA e os envia ao AVA via ID-AVA, assegurando a consistência entre os sistemas. Convém salientar que, embora o fluxo predominante de dados em uma integração AVA-SGA ocorra do SGA — repositório oficial da instituição — para os AVAs, existem situações em que o envio reverso se faz necessário, isto é, dos AVAs para o SGA. Essas integrações ocorrem sob demanda, geralmente acionadas por usuários. Esse modelo operacional é definido a partir das constatações de entrevistas e questionários, os quais evidenciaram que muitas instituições ainda dependem de trocas manuais de dados, resultando em inconsistências e retrabalho. A sincronização automatizada, portanto, representa um avanço técnico com impacto direto na qualidade da gestão da educação a distância.

A Interface de Dados do SGA (ID-SGA) constitui o primeiro componente da ARIAS. Sua função é permitir o acesso às informações acadêmicas armazenadas no SGA, como dados de alunos, cursos, docentes, turmas e vínculos, de modo que possam ser refletidos no AVA. O modelo de dados adotado pela ID-SGA segue uma abordagem inspirada na especificação Learning Information Services (LIS) (IMS Global Learning Consortium, 2012), a qual padroniza a descrição de entidades do processo educacional. Esse modelo define, por exemplo, identificadores únicos (UID) de alunos e professores, status de vínculos, datas de atualização, além de atributos como ciclo letivo e situação da matrícula, sendo essencial para assegurar consistência e padronização no tráfego de dados. Para viabilizar esse acesso, a ARIAS especifica a disponibilização de serviços de dados relativos a alunos, cursos, docentes, turmas e grupos. Esses serviços são preferencialmente implementados por meio de uma arquitetura orientada a serviços (SOA), via web services. Contudo, na ausência dessa disponibilização pela equipe de TI responsável pelo SGA, prevê-se como alternativa o uso de views em bancos de dados relacionais, acessíveis remotamente mediante credenciais restritas a leitura.

Complementando a ID-SGA, a Interface de Dados do AVA (ID-AVA) constitui o canal por meio do qual os dados oriundos do SGA são inseridos, atualizados ou validados no ambiente virtual de aprendizagem. Enquanto a ID-SGA se orienta predominantemente à leitura, a ID-AVA é dedicada à escrita. Seus serviços espelham os da ID-SGA, mas operam no sentido inverso, recebendo os dados transformados pelo Integrador e persistindo-os no AVA. A confirmação das operações realizadas ou a sinalização de falhas retorna ao Integrador, que então executa as medidas corretivas necessárias. Na prática, a implementação da ID-AVA é favorecida pelo fato

de que a maioria dos AVAs contemporâneos — como Moodle, Blackboard, Google Classroom e Canvas — já oferece APIs robustas. Isso permite que as equipes de TI/EAD configurem os serviços de integração com menor esforço em comparação à ID-SGA, cujo grau de complexidade é geralmente maior.

Para garantir regularidade e eficiência na integração, a ARIAS introduz o Agendador de Sincronização (AS) como terceiro componente. Embora a sincronização em tempo real possa parecer ideal, sua viabilidade é limitada por fatores técnicos e operacionais, como o alto volume de dados e a baixa frequência de alterações críticas. Por essa razão, a ARIAS adota a sincronização periódica, conduzida por tarefas programadas no AS. Cada tarefa define o intervalo de execução, a recorrência e o identificador da integração, parâmetros que orientam o Integrador quanto ao AVA que deve ser atualizado. A implementação do AS pode ser realizada por meio de recursos nativos dos sistemas operacionais — como o CRON no Linux — ou por serviços de job scheduling em nuvem. Essa abordagem modularizada favorece a flexibilidade e a escalabilidade, ampliando o potencial de adoção da ARIAS em diferentes contextos institucionais.

O Integrador constitui o último e mais central componente da arquitetura, responsável por orquestrar todo o processo de sincronização. Ele realiza as chamadas à ID-SGA, processa os dados recebidos, encaminha-os para a ID-AVA e trata os retornos. Também cabe ao Integrador armazenar os parâmetros de integração, tais como ciclo letivo, curso e instância de AVA, os quais orientam o envio adequado dos dados. Na UFPB, por exemplo, a prática de criar um novo AVA a cada ano letivo exige que o Integrador identifique corretamente a instância de destino para cada conjunto de dados.

O algoritmo de sincronização da ARIAS define dois tipos principais de sincronização: a inicial, que preenche o AVA com todos os dados necessários ao início do ciclo letivo; e a de atualização, que reflete apenas os eventos ocorridos desde a última sincronização. Ambas são disparadas a partir de um comando do AS, que ativa o Integrador com o identificador da integração. A partir disso, são buscadas as credenciais e os parâmetros adequados, e o fluxo de sincronização é executado. Essa organização em componentes interdependentes, mas fracamente acoplados, favorece a reutilização, a manutenção e a evolução da arquitetura. Além disso, a modularidade da ARIAS permite adaptações específicas às condições locais de cada instituição, contemplando múltiplos AVAs e regras acadêmicas diferenciadas. Assim, ao consolidar a definição e o funcionamento de seus quatro componentes principais — ID-SGA, ID-AVA, AS e Integrador —, a ARIAS configura-se como uma solução robusta e flexível para a integração entre sistemas acadêmicos e ambientes virtuais de aprendizagem, garantindo consistência, interoperabilidade e maior governança sobre os dados educacionais.

A partir da definição dos componentes e do funcionamento da arquitetura ARIAS, tornou-se necessário avaliar sua aplicabilidade em cenários reais de integração entre AVAs e SGAs. Nesse sentido, a proposta foi submetida a um processo de validação por meio de uma prova de conceito, permitindo analisar sua capacidade de atender aos requisitos de interoperabilidade, flexibilidade e desacoplamento previamente estabelecidos. Os procedimentos metodológicos adotados e os resultados obtidos são detalhados na seção 4.

As partes interessadas participaram do desenvolvimento da arquitetura de forma indireta e iterativa, por meio das entrevistas, do questionário e da validação prática da prova de conceito. O feedback obtido junto a gestores e equipes técnicas das instituições investigadas influenciou decisões arquiteturais centrais, como a adoção de uma estrutura modular, o suporte a múltiplos AVAs e a separação clara entre interfaces de dados e mecanismos de orquestração. Essas contribuições permitiram alinhar a ARIAS às necessidades reais dos contextos institucionais analisados, em consonância com os princípios da Design Science Research.

Ao longo dos ciclos da DSR, a arquitetura ARIAS foi progressivamente refinada a partir das evidências coletadas nas etapas de demonstração e avaliação. Cada iteração contribuiu tanto para o aprimoramento técnico do artefato — por meio de ajustes estruturais, definição de componentes e mecanismos de integração — quanto para a consolidação do conhecimento científico sobre requisitos, desafios e boas práticas na integração entre AVAs e SGAs. Esse processo incremental resultou na versão final da arquitetura apresentada neste estudo.

3.3 Evolução da arquitetura ARIAS ao longo dos ciclos da Design Science Research

A construção da arquitetura ARIAS foi conduzida de forma incremental, em conformidade com os princípios da Design Science Research, sendo estruturada em ciclos sucessivos de refinamento do artefato. Cada ciclo foi orientado por evidências empíricas e requisitos identificados ao longo da pesquisa, permitindo não apenas o aprimoramento técnico da arquitetura, mas também a explicitação de conhecimento científico sobre o domínio de integração entre AVAs e SGAs.

No primeiro ciclo, fundamentado na revisão da literatura e na análise de soluções existentes, foi definida uma estrutura inicial da arquitetura, com foco na separação entre os sistemas AVA e SGA e na adoção de mecanismos de interoperabilidade baseados em serviços. Os estudos analisados evidenciaram a predominância de soluções fortemente acopladas e dependentes de tecnologias específicas, o que motivou a definição de interfaces bem delimitadas para acesso e troca de dados. Como resultado, estabeleceu-se a base conceitual da arquitetura, orientada à redução de acoplamento e à independência entre os sistemas.

No segundo ciclo, a partir das evidências obtidas no estudo exploratório — incluindo questionários e entrevistas com instituições de ensino — foram identificados requisitos adicionais relacionados à heterogeneidade dos contextos institucionais, à limitação de recursos técnicos e à necessidade de adaptação contínua das soluções de integração. Esses achados evidenciaram que abordagens puramente técnicas eram insuficientes para lidar com as variabilidades observadas na prática. Como resposta, a arquitetura foi refinada com a introdução de uma estrutura modular composta por interfaces de dados (ID-SGA e ID-AVA), um componente integrador e mecanismos de parametrização, permitindo maior flexibilidade, adaptabilidade e suporte a diferentes configurações institucionais.

No terceiro ciclo, conduzido por meio da implementação da prova de conceito em um contexto institucional real, foram avaliados aspectos operacionais da arquitetura, tais como desempenho, consistência dos dados, escalabilidade e viabilidade de uso em ambiente produtivo. A execução das rotinas de sincronização com dados acadêmicos reais permitiu identificar a necessidade de mecanismos adicionais, como sincronização incremental, controle de execução por meio de agendamento e estratégias de tratamento de falhas. Esses resultados levaram ao aprimoramento dos componentes Integrador e Agendador de Sincronização, consolidando a arquitetura como uma solução operacionalmente viável e alinhada às demandas institucionais.

Ao final dos ciclos, a arquitetura ARIAS consolidou-se como um artefato capaz de atender a requisitos de interoperabilidade, baixo acoplamento, modularidade e adaptabilidade institucional. Além do aprimoramento técnico do artefato, o processo iterativo de desenvolvimento possibilitou a sistematização de conhecimento científico sobre requisitos, desafios e boas práticas no domínio de integração AVA–SGA, contribuindo para o avanço da base de conhecimento na área.

3.4 Estratégia Metodológica para Avaliação do Artefato

Para assegurar o rigor metodológico inerente à Design Science Research (DSR), especificamente no que concerne às atividades de demonstração e avaliação, foi delineada uma estratégia para

comprovar a adequação dos incrementos arquiteturais aos requisitos funcionais e aos atributos de qualidade estabelecidos. A avaliação foi estruturada em duas abordagens complementares: uma validação de caráter qualitativo (orientada ao domínio do problema) e uma validação técnica e empírica (orientada ao funcionamento da solução).

A primeira forma de avaliação baseou-se na condução do estudo exploratório, que envolveu a aplicação de questionários e entrevistas junto a atores-chave de Instituições de Ensino Superior (IES). Esta etapa metodológica permitiu validar os requisitos de negócio e atestar que a necessidade de adaptabilidade institucional e de governança de dados era um requisito crítico. Os dados recolhidos serviram como parâmetro de validação para a modelagem dos componentes da ARIAS, garantindo que o modelo teórico concebido estivesse alinhado com as reais limitações de infraestrutura e heterogeneidade dos ecossistemas educacionais.

A segunda forma de avaliação, de natureza técnica, foi desenhada para validar a arquitetura instanciada e os seus atributos de qualidade centrais: interoperabilidade, baixo acoplamento, consistência de dados e desempenho. O método selecionado para conduzir esta avaliação foi a implementação de uma Prova de Conceito (PoC) num ambiente de produção real. Para medir o atendimento a esses atributos, estabeleceu-se como critério a monitorização das rotinas de sincronização bidirecional entre um Sistema de Gestão Acadêmica (SGA) e um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) autênticos.

A métrica de sucesso para a interoperabilidade e o baixo acoplamento consistiu na capacidade de os sistemas trocarem informações exclusivamente por meio de interfaces (APIs) mediadas pelo componente Integrador, sem alterações nos códigos-fonte especialistas. Já a consistência de dados seria avaliada pela verificação da integridade dos registros académicos (turmas, alunos e professores) após ciclos contínuos de sincronização incremental e de carga.

4 Avaliação da arquitetura ARIAS: prova de conceito no âmbito da UFPB

A demonstração da arquitetura ARIAS foi realizada por meio da implementação de um sistema de integração AVA-SGA no âmbito da Superintendência de Educação a Distância (SEAD) da UFPB. O objetivo central dessa etapa consistiu em avaliar a viabilidade e a efetividade da arquitetura em um ambiente institucional real. A implementação contemplou os quatro componentes definidos pela ARIAS: a Interface de Dados do SGA (ID-SGA), a Interface de Dados do AVA (ID-AVA), o Agendador de Sincronização (AS) e o Integrador.

O sistema foi desenvolvido com tecnologias compatíveis com a infraestrutura tecnológica da instituição, incluindo linguagem Java, framework Spring Boot, banco de dados relacional e serviços web baseados em REST, amplamente utilizados no ambiente institucional. A sincronização entre os sistemas possibilitou o cadastro automático de turmas, docentes e estudantes no Moodle, a partir dos registros académicos já existentes no Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA). A prova de conceito envolveu a execução e a realização de testes com dados reais dos períodos letivos 2023.2 e 2024.1, evidenciando a automatização de cadastros, a atualização de vínculos e a suspensão de registros em conformidade com as alterações no sistema académico. Essa etapa correspondeu às Atividades 4 e 5 da metodologia DSRM, que compreendem, respectivamente, a demonstração do artefato no contexto do problema e a avaliação de sua eficácia.

A SEAD/UFPB atua na oferta de cursos superiores a distância no âmbito do sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB1), atendendo aproximadamente 2.000 estudantes distribuídos em polos localizados em cinco estados da região Nordeste. Os dados académicos desses cursos são registrados no SIGAA, sistema oficial de gestão académica da universidade,

¹ <https://www.gov.br/capes/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/uab>

enquanto as atividades didáticas são conduzidas em AVAs baseados no Moodle. Uma primeira solução de integração entre o SIGAA e o Moodle UAB já havia sido desenvolvida e incorporada ao Sistema de Apoio à Gestão (SAG). Entretanto, essa solução apresentava limitações significativas, tais como forte acoplamentos, baixa flexibilidade e ausência de suporte a múltiplos AVAs, configurando obstáculos crescentes diante da expansão da SEAD. Esse cenário justificou e motivou o desenvolvimento de uma solução alternativa, fundamentada na arquitetura ARIAS.

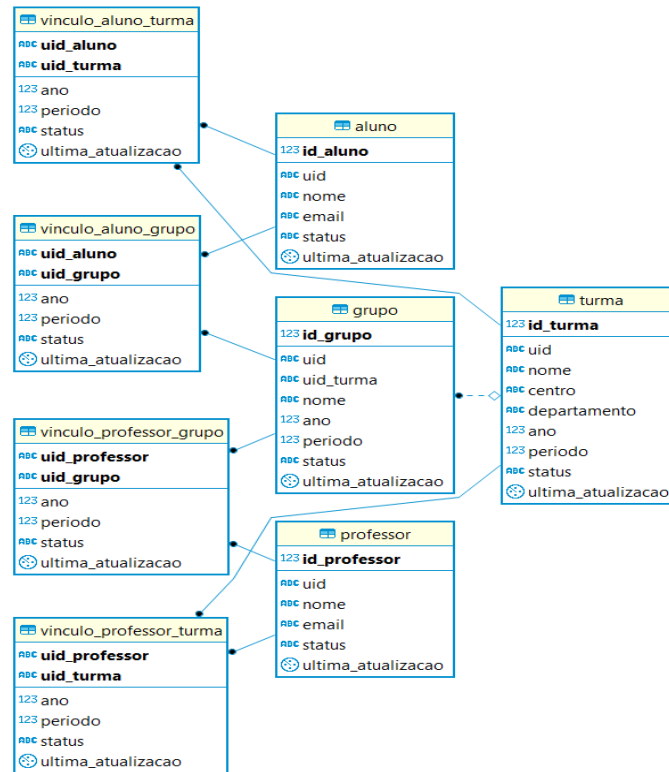


Figura 4: Diagrama entidade-relacionamento do banco de dados de testes sigaa.

A demonstração do artefato consistiu na implementação local da solução, utilizando tecnologias já consolidadas no ambiente da SEAD, como PHP, PostgreSQL e Apache. O banco de dados do SIGAA foi simulado com dados reais dos períodos letivos 2023.2 e 2024.1, contemplando mais de 15 mil vínculos entre estudantes, docentes e turmas. O sistema implementado reproduziu integralmente os quatro componentes definidos pela ARIAS — ID-SGA, ID-AVA, Agendador de Sincronização e Integrador, possibilitando avaliar, em condições institucionais reais, a robustez, a modularidade e a aplicabilidade prática da arquitetura proposta.

A ID-SGA foi construída com oito tabelas representando os elementos essenciais (aluno, professor, turma, grupo, vinculo_aluno_turma, vinculo_professor_turma, vinculo_aluno_grupo e vinculo_professor_grupo) e encapsulada na classe SD_SGA, que implementa a interface ID_SGA. As tabelas do ID-SGA são apresentadas na Figura 4.

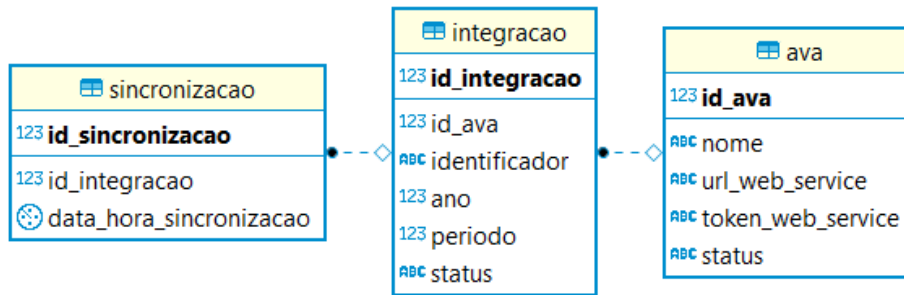


Figura 5: Diagrama entidade-relacionamento das tabelas do Integrador.

A ID-AVA utilizou os recursos de web services do Moodle, conectando-se por meio da classe `SD_AVA`, que implementa `ID_AVA`. Essa integração permitiu o cadastro remoto de usuários, turmas e vínculos diretamente no AVA. O Agendador de Sincronização foi configurado com o uso do *cron* do sistema operacional, acionando o script *sincronizar.php*, que recebe parâmetros da integração e executa o fluxo completo da sincronização.

O Integrador foi desenvolvido com banco de dados próprio, armazenando os parâmetros e credenciais de cada integração, conforme representado na Figura 5. A interface administrativa do Integrador viabiliza o gerenciamento centralizado do processo de integração AVA–SGA. Por meio dessa interface, os administradores dos sistemas podem cadastrar, configurar e visualizar os ambientes virtuais de aprendizagem e suas respectivas integrações, consultar registros (logs) das sincronizações realizadas, bem como executar sincronizações manuais fora dos horários previamente definidos pelo Agendador de Sincronização, entre outras funcionalidades. Algumas dessas interfaces são ilustradas nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

Cadastrar novo AVA [Voltar à lista de AVAs](#)

Nome do AVA

URL do web service

Token do web service

Figura 6: Interface gráfica de cadastro de novo AVA no Integrador.

Como etapa principal do desenvolvimento do Integrador, foi escrito o seu algoritmo de integração seguindo a sequência de passos especificada pela ARIAS. O código-fonte do algoritmo encontra-se no arquivo *sincronizar.php*, que é chamado através das ações das tarefas do Agendador de Sincronização, juntamente com o identificador único da integração.

Lista de AVAs [Cadastrar novo AVA](#)

Nome do AVA	URL do web service	Token do web service
Moodle UAB 2021	http://localhost/moodle2021/webservice/rest/server.php	*****6d39
Moodle UAB 2020	http://localhost/moodle2020/webservice/rest/server.php	*****8a10
Moodle UAB 2019	http://localhost/moodle2019/webservice/rest/server.php	*****fc4a

Figura 7: Interface gráfica da lista de AVAs no Integrador.

Ao ser chamado pela tarefa do AS, o algoritmo utiliza o valor do identificador único para buscar no banco de dados os dados da integração e do AVA aos quais a sincronização se refere, e inicia a sua execução. A identificação dos dados a serem sincronizados baseia-se na detecção de registros novos ou modificados no SGA desde a última execução da rotina, considerando informações de controle temporal e histórico das entidades acadêmicas. Esse mecanismo evita o reprocessamento de dados já sincronizados e contribui para a eficiência do processo.

Figura 8: Interface gráfica de cadastro de nova integração AVA-SGA no Integrador.

Ao final da execução da sincronização, o AVA estará com os dados sincronizados com o SGA até aquele momento. As próximas sincronizações tratarão de repercutir no AVA os novos acontecimentos de cadastro e de atualização ocorridos do SGA desde o momento final da sincronização anterior, fazendo com que o AVA esteja constantemente atualizado. O campo *status* da entidade AVA é atualizado pelo Integrador ao final de cada execução de sincronização, refletindo o estado corrente da integração (ativa, inativa ou com falha), conforme o resultado da última rotina executada e os registros de erro eventualmente associados.

AVA da integração	Identificador da integração	Ano	Período	
Moodle UAB 2021	uab-2021.2	2021	2	Sincronizar agora
Moodle UAB 2021	uab-2021.1	2021	1	Sincronizar agora

Figura 9: Interface gráfica da lista de integrações AVA-SGA no Integrador.

Durante a execução prática da ARIAS, três sincronizações distintas foram realizadas. A primeira delas consiste na sincronização inicial para o período 2023.2, na qual o Moodle foi povoado com os dados de alunos, professores e turmas. Na Figura 10 é apresentada uma tela do Moodle com algumas das turmas do período 2023.2 que foram cadastradas automaticamente via sincronização;



Figura 10: Tela do Moodle com turmas do período 2023.2 que foram cadastradas via sincronização.

Após uma fase de pré-teste na qual foram corrigidos eventuais bugs e realizadas otimizações de performance no algoritmo do Integrador, a etapa inicial de teste do sistema consistiu na execução da primeira sincronização do período 2023.2 dos cursos UAB. De acordo com a especificação do algoritmo da ARIAS, na sincronização inicial o AVA deve ser populado com todos os dados necessários para o início do ciclo letivo. A Figura 11 apresenta uma tela do Moodle relacionando os vínculos dos alunos e do professor a uma das turmas 2023.2. Assim como o cadastro das turmas, tanto os usuários dos alunos e dos professores como os vínculos às turmas também foram refletidos no AVA automaticamente pela sincronização do sistema de integração.

Nome / Sobrenome	Papéis	Estado
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Professor	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo
[User Name]	Estudante	Ativo

Figura 11: Tela do Moodle com os alunos e o professor de uma turma do período 2023.2 cadastrados via sincronização.

Na Figura 12 é mostrada a tela do Moodle da mesma turma exibida na Figura 11, dessa vez após a segunda sincronização. É possível notar que dois alunos foram automaticamente suspensos da turma pela sincronização, refletindo adequadamente a inativação de seus vínculos às turmas que foi realizada no banco sigaa (SGA). É oportuno destacar que esta implementação da integração da ARIAS não faz qualquer deleção de registros nos AVAs, de modo a evitar a exclusão de dados que podem vir a ser necessários tanto para os usuários (como, por exemplo, consulta de alunos a atividades e postagens feitas no AVA antes do trancamento do vínculo) como para a própria EAD (por exemplo, em caso de auditorias ou para a geração de relatórios de aprendizagem e de acesso à plataforma).

Nome / Sobrenome	Papéis	Estado
[Nome]	Estudante	Ativo
[Nome]	Estudante	Ativo
[Nome]	Estudante	Ativo
[Nome]	Estudante	Ativo
[Nome]	Estudante	Suspensão
[Nome]	Professor	Ativo
[Nome]	Estudante	Ativo
[Nome]	Estudante	Suspensão
[Nome]	Estudante	Ativo

Figura 12: Tela do Moodle destacando dois vínculos de alunos a uma turma que foram suspensos através da segunda sincronização.

A avaliação prática do artefato, conduzida por meio de uma prova de conceito, permitiu analisar tanto indicadores operacionais quanto a aderência da arquitetura ARIAS aos objetivos propostos. Os resultados evidenciaram desempenho compatível com o uso institucional, com tempos de execução das sincronizações adequados ao volume de dados processados e elevada taxa de sucesso das rotinas, sem ocorrência de falhas críticas durante o período analisado.

A arquitetura demonstrou capacidade de processamento incremental, exemplificada pela sincronização do período 2024.1, que incluiu automaticamente 266 turmas no AVA, mantendo a organização e a consistência dos dados acadêmicos. Além disso, a automatização da integração contribuiu para a redução de inconsistências entre AVA e SGA e para a diminuição do esforço manual da equipe técnica. No que se refere aos objetivos da proposta, a ARIAS evidenciou flexibilidade, adaptabilidade institucional e suporte a múltiplos AVAs, sendo capaz de incorporar novas instâncias por meio de sua estrutura modular e de rotinas de sincronização desacopladas. Adicionalmente, a parametrização dos mecanismos de integração permitiu acomodar particularidades do contexto institucional sem necessidade de alterações estruturais, reforçando o potencial de reutilização da arquitetura em cenários similares.

A implementação de uma solução de integração AVA–SGA baseada na ARIAS para a SEAD, bem como a subsequente execução bem-sucedida das três etapas do teste proposto, demonstraram a viabilidade de utilização do artefato construído na resolução de uma instância concreta do problema. Tal evidência está em conformidade com as diretrizes da Atividade 4 (Demonstração) da metodologia DSRM, que orienta este trabalho.

É importante destacar que esta versão do sistema de integração AVA–SGA desenvolvida para a SEAD foi apresentada a pessoas-chave do setor, incluindo membros da Coordenação de Tecnologia da Informação e a Superintendente. Após a realização de considerações sobre a solução proposta e o recebimento de sugestões de direcionamento, foi concedida a aprovação para a continuidade do desenvolvimento da segunda versão do sistema, a qual deverá ser implantada, futuramente, no ambiente de produção da SEAD. Uma das formas de condução da Atividade 5 (Avaliação) da DSRM consiste na comparação das funcionalidades do artefato implementado com os objetivos da solução definidos na Atividade 2 (Peppers et al., 2007). Um dos objetivos centrais da ARIAS é auxiliar as equipes de TI das instituições de ensino superior na construção de soluções de integração AVA–SGA adaptáveis às realidades sociotecnológicas de suas instituições.

Nesse sentido, partindo do objetivo delineado, a adaptabilidade constitui um atributo central da ARIAS, tanto no que se refere às diferentes formas pelas quais as instituições de ensino organizam suas infraestruturas de AVAs e SGAs quanto à flexibilidade necessária para acomodar mudanças frequentes nessas infraestruturas ao longo do tempo. A solução de integração AVA–

SGA atualmente utilizada pela SEAD, embora funcione adequadamente para a infraestrutura vigente de sistemas do setor, não oferece suporte a alterações ou acréscimos na constelação de AVAs. Consequentemente, não será capaz de atender aos projetos supracitados, nem a eventuais mudanças futuras que venham a ser implementadas pela superintendência. Em contrapartida, por meio de sua estrutura modular, adaptável e orientada a serviços, a nova solução baseada na ARIAS possibilita o acréscimo ágil de novos AVAs às rotinas de integração, atendendo plenamente ao objetivo estabelecido para o artefato.

5 Conclusões

A conclusão desta pesquisa consolida os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento da ARIAS — Arquitetura de Referência para Integração entre Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs) e Sistemas de Gestão Acadêmica (SGAs). Conduzida sob a perspectiva da Design Science Research Methodology (DSRM), a investigação alcançou seu objetivo central de propor e demonstrar um artefato técnico-científico capaz de orientar instituições de ensino na construção de soluções de integração entre esses dois sistemas, considerados fundamentais para a gestão da Educação a Distância (EAD). Desde as etapas iniciais, o estudo combinou uma revisão sistemática da literatura, a coleta de dados em instituições brasileiras e estrangeiras e a análise de experiências práticas, o que permitiu uma compreensão abrangente dos desafios técnicos, organizacionais e humanos enfrentados pelas IES. Os dados evidenciaram que a integração AVA-SGA é um problema recorrente e multifacetado, cuja complexidade extrapola barreiras tecnológicas e se estende a fatores institucionais, como falhas de comunicação entre setores, restrições operacionais e escassez de profissionais especializados. À luz dos resultados obtidos, entende-se que a questão de pesquisa — relativa a como apoiar de forma sistemática e reutilizável a integração entre AVAs e SGAs — foi adequadamente endereçada pela arquitetura proposta.

Com base nesse diagnóstico, a ARIAS foi concebida como uma arquitetura genérica, modular e adaptável, composta por quatro componentes principais — Interface de Dados do SGA (ID-SGA), Interface de Dados do AVA (ID-AVA), Agendador de Sincronização (AS) e Integrador — além de diretrizes e boas práticas que visam orientar sua implementação. Essa proposta promove a reutilização de componentes, a interoperabilidade entre sistemas heterogêneos e a flexibilidade necessária para atender a diferentes configurações institucionais, incluindo cenários com múltiplos AVAs e ciclos letivos variados. Sua formulação fundamentou-se em princípios consolidados da engenharia de software, em padrões internacionais como o Learning Information Services (LIS) e em evidências empíricas oriundas de casos reais de integração, o que reforça sua robustez conceitual e aplicabilidade prática. Como principais contribuições deste estudo, destacam-se: (i) a proposição da arquitetura de referência ARIAS para o domínio de integração AVA-SGA; (ii) a sistematização de diretrizes arquiteturais baseadas em evidências empíricas e análise da literatura; e (iii) a demonstração da viabilidade da proposta por meio de uma prova de conceito em ambiente institucional real.

A demonstração da ARIAS, realizada por meio de uma prova de conceito na SEAD/UFPB, possibilitou validar sua viabilidade em um ambiente institucional real. Essa implementação contemplou os quatro componentes da arquitetura, utilizando tecnologias amplamente adotadas na instituição (PHP, PostgreSQL, Apache e Moodle) e dados reais dos cursos vinculados ao sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB). Os resultados mostraram que o sistema foi capaz de refletir com fidelidade os dados acadêmicos do SIGAA no AVA, conduzindo tanto sincronizações iniciais quanto incrementais, reduzindo significativamente o esforço manual das equipes técnicas, aumentando a consistência das informações e otimizando os processos de gestão da EAD.

A aceitação da solução pela SEAD considerou critérios como o correto funcionamento das rotinas de sincronização com dados reais, a compatibilidade com a infraestrutura tecnológica

existente, a redução do esforço manual anteriormente necessário para manutenção dos AVAs e a possibilidade de expansão da solução para novos períodos letivos e múltiplos ambientes virtuais de aprendizagem.

Embora a prova de conceito tenha se concentrado em um estudo de caso específico, os resultados obtidos reforçam que a ARIAS não se restringe ao contexto da UFPB. Sua modularidade e baixo acoplamento permitem a adoção gradual e adaptada a diferentes realidades institucionais, sejam públicas ou privadas. Além disso, a arquitetura oferece potencial de evolução para integrar não apenas AVAs e SGAs, mas também outros sistemas acadêmicos complementares, como bibliotecas digitais, repositórios institucionais e plataformas de avaliação. Esse caráter expansível abre caminho para investigações futuras que poderão explorar sua aplicação em novos cenários, validar sua escalabilidade e avaliar sua contribuição para o fortalecimento da governança de dados na educação superior.

É importante, contudo, reconhecer as ameaças à validade desta pesquisa. A avaliação concentrou-se em um único contexto institucional, o que limita a transferibilidade direta dos achados para outros cenários. No entanto, em consonância com a natureza da Design Science Research e com o uso de prova de conceito em contexto real, o objetivo do estudo não foi a generalização estatística, mas a demonstração da viabilidade e da utilidade da arquitetura no domínio investigado. Além disso, a avaliação contou com a participação de atores institucionais específicos, cuja percepção pode ter sido influenciada pela familiaridade prévia com as soluções desenvolvidas internamente. Outro aspecto refere-se ao uso de dados acadêmicos restritos a dois períodos letivos (2023.2 e 2024.1), que, embora representativos, não abrangem todas as variações possíveis de cenários acadêmicos. Essas limitações indicam a necessidade de replicar a avaliação da ARIAS em diferentes instituições, sob condições distintas, de modo a fortalecer a validade externa dos resultados e ampliar sua confiabilidade como proposta arquitetural.

Em síntese, a ARIAS consolida-se como uma contribuição original e relevante para o campo da tecnologia educacional e da engenharia de software aplicada à educação. Ao propor uma arquitetura de referência modular, adaptável e cientificamente fundamentada, a pesquisa responde a uma lacuna identificada na literatura e nas práticas institucionais, oferecendo um modelo capaz de orientar a integração AVA-SGA de forma sistemática, sustentável e replicável. A validação inicial na UFPB demonstrou sua aplicabilidade e benefícios concretos, enquanto a perspectiva de sua expansão para outros contextos acadêmicos abre novas possibilidades de investigação e evolução. Assim, a ARIAS representa não apenas uma solução técnica, mas também um avanço científico e metodológico para o fortalecimento da integração de sistemas no âmbito da EAD.

Referências

- Abbasi, A., Parsons, J., Pant, G., Sheng, O. R. L., & Sarker, S. (2024). Pathways for design research on artificial intelligence. *Information Systems Research*, 35(2), 441-459. <https://doi.org/10.1287/isre.2024.editorial.v35.n2> [GS Search]
- Barbosa, A. P., Fornazin, M., & Santos, R. C. (2021). Cidades inteligentes: uma arquitetura de referência para sistemas de informação baseada na perspectiva social. In *Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)* (pp. 98–102). Sociedade Brasileira de Computação. <https://doi.org/10.5753/sbsi.2021.15364> [GS Search]
- Bakhouyi, A., Dehbi, R., Talea, M., & Hajoui, O. (2017). Evolution of standardization and interoperability on E-learning systems: An overview. In *2017 16th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITHET.2017.8067789> [GS Search]
- Bjeljac, P., Zečević, I., & Perišić, B. (2015) Integrating learning management system and faculty information system-service oriented approach. In: IEEE. 2015 38th International Convention

- on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). [S.l.]. p. 773–777. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160375> [GS Search]
- Brito, T. A., Portela, N. M., & Campos Filho, A. S. (2024). As experiências e aplicações do ensino mediado por tecnologia digital na educação médica: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 32, 120-134. <https://doi.org/10.5753/rbie.2024.3227> [GS Search]
- Carvalho, R. S., Melo Filho, I. J., Vidal, T. C., Melo, R. M., & Gomes, A. S. (2012) Integração entre o sistema de gestão acadêmica e o sistema de gestão da aprendizagem: identificando necessidades e prototipando requisitos favoráveis à prática docente. *Revista Brasileira de Computação Aplicada*, v. 4, n. 1, p. 81-91. <https://ojs.upf.br/index.php/rbca/article/view/1951> [GS Search]
- El-bakry, H. M., & Mastorakis, N. (2009) E-learning and management information systems for e-universities. In: WSEAS. WSEAS International Conference. Proceedings. Recent Advances in Computer Engineering. [S.l.], 2009. [GS Search]
- Eulálio, A. D., Souza, R., & Diniz, J. R. (2016) Integration of learning management systems with academic management systems using cloud computing. In: IEEE. 2016 8th Euro American Conference on Telematics and Information Systems (EATIS). [S.l.], 2016. p. 1–4. <https://doi.org/10.1109/EATIS.2016.7520158> [GS Search]
- Furtado, U. M., Lima, R. W., & Farias, A. M. G. (2015) Modelo de integração adaptável entre ambientes virtuais de aprendizagem e sistemas de gestão acadêmica baseado em arquitetura orientada a serviços. *Em Rede-Revista de Educação a Distância*, v. 2, n. 2, p. 173–185, 2015. <https://doi.org/10.53628/emrede.v2i2.60> [GS Search]
- González, M. Á. C., Peñalvo, F. J. G., Guerrero, M. J. C., & Forment, M. A. (2009) Adapting LMS architecture to the SOA: an architectural approach. In: IEEE. 2009 Fourth International Conference on Internet and Web Applications and Services. [S.l.], 2009. p. 322–327. <https://doi.org/10.1109/ICIW.2009.54> [GS Search]
- Grosskurth, A., & Godfrey, M. W. (2005). A reference architecture for web browsers. In *Proceedings of the 21st International Conference on Software Maintenance (ICSM)* (pp. 661–664). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICSM.2005.13> [GS Search]
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J., & Ram, S. (2004). Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. <https://doi.org/10.2307/25148625> [GS Search]
- Hoda, R., Noble, J., & Marshall, S. (2012) Developing a grounded theory to explain the practices of self-organizing agile teams. *Empirical Software Engineering*, Springer, v. 17, n. 6, p. 609–639, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10664-011-9161-0> [GS Search]
- IMS Global Learning Consortium. (2012). *IMS Learning Information Services (LIS) Version 2.0 Final Specification*.
- Leal, J. P., & Queirós, R. (2012). A comparative study on LMS interoperability. In *Virtual Learning Environments: Concepts, Methodologies, Tools and Applications* (pp. 1613–1630). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-884-2.ch007> [GS Search]
- Lucena, K. T., Gomes, E. R. F., Rosa, F. S. S., & Silva, R. H. (2017). Uma arquitetura de agente RBC baseada em ontologias para suporte a EAD. In *Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)* (Vol. 28, No. 1, p. 1537). <https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2017.1537> [GS Search]
- Moura, R., & Bernardino, J. (2010). Um modelo para a integração de serviços: Moodle e sistemas de gestão acadêmica. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação – RISTI*, (5), 1–10. [GS Search]
- Moura, R., & Bernardino, J. (2011). Integration Moodle and academic systems. In *Proceedings of the 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1–6). IEEE. [GS Search]

- Molins, J. & Busquiel, J. (2014) Sigma AIE offers to facultat Pere Tarrés the Moodle learning platform, integrated with academic management system for teachers in software as a service (SAAS). INTED2014 Proceedings, IATED, p. 5760–5765, 2014. [\[GS Search\]](#)
- Muller, G. (2008). A reference architecture primer (White paper). Eindhoven University of Technology. <https://www.gaudisite.nl/ReferenceArchitecturePrimer.pdf> [\[GS Search\]](#)
- Oliveira Junior, J. M., Correa, L. P. N. & Fonseca, L. C. C. (2018) Integração do Moodle com sistema de gestão acadêmica. *Nuevas Ideas en Informática Educativa*, Volumen 14, p. 272 - 282. [\[GS Search\]](#)
- Palvia, S., Aeron, P., Gupta, P., Mahapatra, D., Parida, R., Rosner, R., & Sindhi, S. (2018). Online education: Worldwide status, challenges, trends, and implications. *Information Systems Management*, 35(1), 1–10. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2018.1542262> [\[GS Search\]](#)
- Peffers, K., Rothenberger, M., Tuunanen, T., & Vaezi, R. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302> [\[GS Search\]](#)
- Pereira Júnior, C. X., Araújo, R. D., & Dorça, F. A. (2023). Uma abordagem para recomendação personalizada de materiais educacionais por meio de filtragem baseada em conteúdo em ambientes virtuais de aprendizagem. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 31, 731-758. <https://doi.org/10.5753/rbie.2023.3292> [\[GS Search\]](#)
- Pimentel, M., Filippo, D., & Santoro, F. M. (2019). Design science research: Fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação. In M. Wesse et al. (Orgs.), *Metodologia de pesquisa em informática na educação: Concepção da pesquisa* (pp. 217–240). Sociedade Brasileira de Computação. [\[GS Search\]](#)
- Recalde, H., Baldeón, P., Albuja, P., & Toasa, R. (2023). Integración Moodle con Sistemas de Gestión Académica en las IES, caso de estudio Tecnológica Universidad Israel. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E55), 77-85. [\[GS Search\]](#)
- Santos, V. M. R., Lima, T., Medeiros, F. P. A., Rodrigues, N., Lira, H., & L. Junior, S. H. (2021). An exploratory analysis on the perception of teachers regarding the monitoring of interactions and activities in the collaborative tools of virtual learning environments. In 2021 16th Iberian conference on information systems and technologies (CISTI) (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476387> [\[GS Search\]](#)
- Silva, C. A. B. (2012) *Arquitetura Empresarial: um estudo de caso sobre a integração entre a Plataforma Moodle e o SIGAA na UFRN*. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012. [\[GS Search\]](#)
- Soares, E. M., & Oliveira, S. R. B. (2019). Application of Open Coding using the Grounded Theory Method to Identify the Profile of Information and Commucation Technology Companies in the State of Pará from Brazil. In ICISOFT (pp. 194-201). [\[GS Search\]](#)
- Tuunanen, T., Winter, R., & Vom Brocke, J. (2024). Dealing with complexity in design science research: a methodology using design echelons. *MIS quarterly*, (2). <https://doi.org/10.25300/MISQ/2023/16700> [\[GS Search\]](#)