

Estratégia para adaptação de soluções de sequenciamento curricular adaptativo no Moodle

**Luíza Machado Costa Nascimento¹, Eduardo Barrere¹,
Renê Rodrigues Veloso², Jairo Francisco de Souza¹**

¹ LApIC Research Group – Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Juiz de Fora – Juiz de Fora — MG — Brazil

²Universidade Estadual de Montes Claros – Montes Claros -- MG — Brazil

luiza.machado@estudante.ufjf.br, eduardo.barrere@ufjf.br,

rene.veloso@unimontes.br, jairo.souza@ufjf.br

Abstract. *Online education requires personalized approaches that addresses the individual aspects of each student. In this context, Adaptive Curriculum Sequencing (ACS) appears as a promising solution, although its application remains limited. This study critically analyzes ACS approaches, exploring their adaptation in virtual learning environments, with a focus on Moodle. A survey was conducted of the key data and approaches employed in ACS, mapping these elements to native Moodle resources. As a result, we propose a proof of concept demonstrating the viability of establishing adaptive learning paths in the platform. This research contributes to transforming theoretical models into practical solutions, advancing toward personalized education.*

Resumo. *A educação online exige abordagens personalizadas que respeitem as particularidades de cada estudante. Assim, o Sequenciamento Curricular Adaptativo (ACS) surge como uma solução promissora, mas sua aplicação ainda é limitada. Este estudo analisa criticamente abordagens de ACS, explorando sua adaptação em ambientes virtuais de aprendizagem, com foco no Moodle. Realizou-se um levantamento dos principais dados e métodos utilizados em ACS, mapeando esses elementos com recursos nativos do Moodle. Como resultado, propõe-se uma prova de conceito que demonstra a viabilidade de percursos adaptativos na plataforma. A pesquisa contribui para transformar modelos teóricos em soluções práticas, avançando para um ensino personalizado.*

1. Introdução

Com o advento do ensino à distância, surge a necessidade de investigar estratégias educacionais adaptativas que atendam às necessidades dos estudantes, visando fornecer materiais adaptados a partir de métodos de ensino coerentes com as características e conhecimentos individuais dos alunos. Nesse contexto, o Sequenciamento Curricular Adaptativo (ACS) emerge como uma solução promissora. Dentre as abordagens computacionais investigadas na literatura, destacam-se métodos evolutivos, inteligência de enxame e otimização como soluções heurísticas robustas capazes de lidar com a complexidade do problema de acordo com as dinâmicas de aprendizagem [Martins et al. 2021].

O problema de sequenciamento curricular pode ser formalizado pela função $f : U \times L \times C \rightarrow S$, onde U é o espaço de representações (modelos) do estudante, L é o espaço de informações sobre materiais de aprendizagem, C é o espaço de estruturas de conceitos e S é o espaço de sequências curriculares. A função f , portanto, retorna uma sequência $s \in S$ que otimiza a adequação ao modelo do estudante.

Apesar dos avanços teóricos, observa-se uma lacuna significativa entre a pesquisa acadêmica e a aplicação prática do ensino adaptativo, uma vez que os trabalhos frequentemente adotam abordagens experimentais para problemas combinatórios, considerando a validação *in vitro* como suficiente para demonstrar a eficácia das soluções propostas. Contudo, muitos desses trabalhos baseiam-se em dados de entrada, com os dados necessários para a construção dos algoritmos adotados para as solução de sequenciamento, e que não estão prontamente disponíveis em ambientes educacionais reais. Assim, como destacado em [Legramante et al. 2023], muitas soluções permanecem confinadas a ambientes experimentais e à teoria, sem uma integração efetiva com as escolas ou universidades e plataformas já utilizadas pela maior parte da população. Já [Ramesh et al. 2015] propõe a criação de um *framework* a fim de possibilitar de dados do Moodle externamente para implementar uma alternativa de ACS. Entretanto, recursos nativos do Moodle não são explorados, implicando em maior esforço de implementação e na necessidade de integrações externas e menos alinhada às práticas comuns de instituições. Diante desse panorama, observa-se que, embora o ACS seja amplamente investigado na literatura como uma solução promissora para reduzir desigualdades e oferecer uma abordagem de ensino personalizada, há uma necessidade premente de desenvolver trabalhos que conectem essa inovação à prática cotidiana. Esse vínculo é essencial para permitir que soluções acessíveis, como o Moodle [Gamage et al. 2022], possam incorporar o ACS de forma sustentável e eficiente em ambientes já existentes.

Nesse sentido, o ambiente Moodle consolidou-se como uma realidade incontornável tanto na pesquisa educacional quanto na prática pedagógica, com inúmeros estudos comprovando sua eficácia como base para sistemas de aprendizagem. Sua arquitetura aberta e conjunto de recursos nativos - incluindo condicionais de acesso e sistema de competências - oferecem um cenário propício para implementação de estratégias de Sequenciamento Curricular [Gamage et al. 2022].

O presente trabalho busca justamente construir essa ponte entre a teoria e a prática, promovendo uma integração acessível e viável do ensino adaptativo na realidade escolar. Para viabilizar a aplicação prática dos modelos de ACS, adotou-se uma abordagem metodológica em três etapas: (1) realização de um levantamento na literatura para identificar os principais métodos utilizados no Sequenciamento Curricular, visando coletar os dados necessários para aplicação dessa abordagem; (2) mapeamento desses elementos com os recursos do Moodle, analisando possibilidades e limitações de adaptação; e (3) desenvolvimento de uma prova de conceito para demonstrar a operacionalização de percursos de aprendizagem adaptativos na plataforma. Deste modo, buscou-se validar a implantação concreta do ACS com base na expressiva literatura dedicada ao tema e oferecer um modelo replicável para a personalização do ensino online, alinhando pesquisa acadêmica com demandas pedagógicas reais.

2. Trabalhos relacionados

O Sequenciamento Curricular Adaptativo (ACS) tem sido explorado por meio de diversas abordagens computacionais, como algoritmos evolutivos, inteligência de enxame e otimização, visando personalizar percursos de aprendizagem. Dentre as abordagens mais destacadas, os algoritmos evolutivos, particularmente os Algoritmos Genéticos (AG), têm se mostrado eficazes, principalmente em relação a adaptação do contexto de otimização multiobjetivo inerente ao ACS [Martins et al. 2021].

Pesquisas como a de [Dwivedi et al. 2018] desenvolveram uma versão de AG com tamanho variável (Variable Length GA), capaz de gerar percursos de aprendizagem flexíveis e personalizados. Outros trabalhos, como [Peng et al. 2022], avançaram nessa direção ao propor abordagens híbridas que combinam AG com Particle Swarm Optimization (PSO). As técnicas baseadas em inteligência de enxame também têm contribuído significativamente para o campo. O trabalho de [Menai et al. 2018] apresenta uma implementação adaptada do PSO para o problema de sequenciamento curricular, no qual é apresentado o SwarmRW, uma solução para problemas discretos e combinatórios, envolvendo uma mudança na representação das partículas no algoritmo. Além disso, em [Sharma et al. 2012] e [Debnath et al. 2013] é explorado a Otimização por Colônia de Formigas (ACO), modelando o currículo como um grafo de dependências sobre os quais há a busca de melhor caminho baseado em experiências passadas dos alunos e suas preferências.

Algumas abordagens de sequenciamento fazem uso de modelagem de conceitos ou competências para guiar a solução evolutiva, sejam ontologias, hierarquias de conceitos ou grafos de dependência entre unidades de ensino. Em [Acampora et al. 2011], há a combinação de modelos ontológicos com algoritmos evolucionários, criando estruturas hierárquicas que mapeiam competências e pré-requisitos. Tal abordagem permite uma representação mais rica do conhecimento no que se trata de descrição de propriedades relevantes.

Diante da variedade de soluções existentes nessa linha de pesquisa, estudos comparativos, como realizado por [de Castro Martins Ferreira Nogueira et al. 2024], têm se dedicado a avaliar sistematicamente diferentes metaheurísticas, fornecendo dados relevantes para a escolha dos melhores métodos para cada contexto educacional. A partir disso, a base teórica se torna bem consolidada para a aplicação desses métodos.

Embora os estudos existentes avancem na modelagem algorítmica do ACS, poucos abordam sua aplicação prática em ambientes reais de ensino, uma vez que o problema tem sido abordado principalmente como um problema combinatório. Por outro lado, estudos têm avançado na aprendizagem adaptativa em ambientes abertos como o Moodle. Embora o Moodle não seja nativamente uma plataforma de aprendizagem adaptativa, seu sistema de customizável permite a exploração de seus recursos, visando a criação de sistemas semi-automatizados. [Morze et al. 2021] propõe uma implementação onde o professor define manualmente sequências de atividades (como quizzes e materiais multimídia) com base em desempenho prévio, usando ferramentas como restrições de acesso e questionários condicionais. No entanto, esse método exige uma configuração manual para criação dos diversos caminhos possíveis pelos professores. De forma similar, [Morze et al. 2023] utiliza *microlearning* e grades de competências para adaptar conteúdos, mas a lógica de sequenciamento permanece estática, pois a liberação dos

módulos ocorre conforme a conclusão das etapas pré-definidas.

Além disso, soluções como o Personalized Study Guide (PSG) [Ezzaim et al. 2024] buscam automatizar parcialmente um sistema para oferecimento de conteúdos adaptativos, que utilizam de plugins do Moodle, baseado em estilos de aprendizagem dos estudantes. O PSG reorganiza atividades existentes no Moodle com base em dados coletados da interação dos estudantes com a plataforma (via questionário ILS ou análise de comportamento), mas não redefine sequências curriculares — apenas reordena recursos já criados pelo professor. Já [Ramesh et al. 2015] desenvolveu um sistema de tutoria inteligente integrando competências, módulos de rastreamento de progresso, que oferecem uma visão sobre o desempenho do aluno ao longo do tempo, e taxonomia de Bloom para sugerir atividades conforme o desempenho. Apesar de oferecer algum nível de personalização baseado em um conjunto de regras pré-configuradas, a ausência de algoritmos de sequenciamento impede a geração automática de caminhos otimizados para cada estudante.

Diante dessas limitações, este trabalho propõe uma prova de conceito para demonstrar a viabilidade da integração de algoritmos de ACS à plataforma Moodle. Diferente das abordagens estáticas, a solução proposta utiliza recursos nativos do Moodle para permitir o acesso aos dados necessários para popular modelos de otimização para sequenciamento curricular. Com isso, é oferecido um modelo replicável para personalização em escala, superando as barreiras práticas que limitam as soluções atuais e facilitando pesquisas aplicadas em ACS baseadas em evidências no Moodle.

3. Metodologia

Abordagens de Sequenciamento Curricular Adaptativo (ACS) recebem como entrada informações sobre alunos, estruturas de cursos e materiais. Esses algoritmos geralmente são avaliados em bases de dados sintéticas ou em LMS proprietários. Nesta seção será discutida uma proposta de integração entre os requisitos desses algoritmos de otimização e os recursos disponíveis pela arquitetura do Moodle. Para isso, será utilizado como base os resultados encontrados em uma revisão sistemática sobre metaheurísticas aplicadas ao ACS [de Oliveira Costa Machado et al. 2020], no qual o autor analisa as funções objetivo presentes em diferentes soluções de ACS, criando um *ranking* das principais que são utilizadas na literatura. Assim, verificamos quais os principais dados oriundos de LMS que essas funções objetivo necessitam processar. Inicialmente, podemos formalizar o objetivo de uma abordagem de ACS típica como uma função objetivo composta por cinco dimensões fundamentais através de uma combinação linear ponderada:

$$f(\mathbf{x}) = \min \sum_{i=1}^5 \omega_i O_i(\mathbf{x}) \quad (1)$$

O_i representa uma dimensão: conceitos do curso cobertos pela sequência de materiais (O_1), habilidade do estudante de acordo com os conceitos definidos (O_2), a relação do tempo esperado para a conclusão dos materiais diante do tempo de conclusão do curso (O_3), equilíbrio entre os materiais fornecidos pelo sequenciamento (O_4) sobretudo no que diz a respeito dos conceitos abordados e, por fim, o estilo de aprendizagem do aluno (O_5). ω_i é o peso associados à função O_i e $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_{|M|})$ é o vetor de variáveis de

decisão binárias. Assim, busca-se a minimização dessa função para encontrar a melhor combinação de materiais considerando os critérios das funções O_i .

Modelado o problema, é necessária a extração dos dados pedagógicos por meio da utilização e configuração dos recursos do Moodle. Várias ferramentas garantem flexibilidade no momento de criação de um curso dentro do sistema. Dentre elas, destaca-se o Framework de Competências, criação de Planos de Aprendizagem, elaboração de questionários e implementação de plugins. Além disso, técnicas de processamento de materiais podem ser utilizadas concomitantemente a esses recursos, como uma solução para identificação de conteúdos dos materiais a serem disponibilizados pelo ACS.

Para garantir uma análise mais profunda do problema, são discutidas soluções para cada função objetivo nas subseções a seguir, que abordam como adaptar os dados necessários para os algoritmos aos recursos disponíveis no Moodle para a composição de um caminho de aprendizado adaptativo e individual.

3.1. Cobertura de conceitos

A função O_1 tem como propósito assegurar que a sequência de materiais geradas pela solução de ACS abrange todo o conjunto de conceitos essenciais definidos para o curso. Por conseguinte, dado um conjunto de conceitos abordados pelos materiais no vetor $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_{|M|})$, definida como:

$$R(\mathbf{x}) = \bigcup_{i=1}^{|M|} \{R^{m_i} | x_i = 1\} \quad (2)$$

incluindo os objetivos educacionais E , que são os conceitos que devem ser obrigatoriamente cobertos pela sequência de materiais, e fazendo uso de um parâmetro de ponderação $\rho \in [0, 1]$, O_1 é definida como:

$$O_1(\mathbf{x}) = (1 - \rho)(|R(\mathbf{x})| - |R(\mathbf{x}) \cap E|) + \rho(|E| - |R(\mathbf{x}) \cap E|) \quad (3)$$

Esta função relaciona conceitos irrelevantes incluídos e conceitos necessários não cobertos por meio de penalidades e, desse modo, é possível o mapeamento de conceitos cobertos pelos materiais selecionados por $R(\mathbf{x})$, como a união de todos os conjuntos R^{m_i} (conceitos abordados pelo material) para os quais na sequência, conforme a Equação 2.

Definida a função O_1 , é necessário, primeiramente, o estabelecimento de como os conceitos em um curso são definidos. Para isso, esses conceitos podem ser encarados como competências que o estudante precisa adquirir, garantindo uma melhor abordagem desses materiais. Nesse sentido, o *framework* de competências do Moodle é uma alternativa para essa representação e ligação aos materiais. Essa ferramenta organiza as competências em uma estrutura hierárquica com subníveis, permitindo a criação de blocos de competências. Tais competências podem possuir relações entre si ou serem isoladas dependendo do objetivo do professor/gestor.

Após a definição das competências, os conceitos abordados estariam definidos, como necessário nessa função. Nesse sentido, é possível relacionar esses conceitos com

os alunos, visando criar uma relação de progresso dentro do curso ao completar cada objetivo, o que pode ser feito por meio de um Plano de Aprendizagem disponibilizado pelo Moodle. Por meio dele, é possível associar esse conjunto de competências a um grupo de usuários. Para a nossa abordagem, recomenda-se um modelo único para que se possa medir a proficiência dos alunos ao longo do curso, sendo esta uma ferramenta útil tanto para os alunos quanto para os professores para permitir uma observação individualizada. Desse modo, definidas as competências e associadas aos alunos, é possível, também, relacionar tais competências aos materiais.

O Moodle permite a associação manual dessas competências individualmente a cada material. No entanto, é possível a criação de *plugin* que permita criar e gerenciar vínculos entre materiais de aprendizagem e competências específicas. Assim, é possível incluir operações que associem automaticamente conteúdos, como materiais e atividades, com as competências correspondentes. Abordagens similares são encontradas na literatura [Huang et al. 2023, Smith and Doe 2023], onde os autores destacam esforços na aplicação de técnicas avançadas de processamento de linguagem natural e aprendizado de máquina para a extração de características de materiais que podem servir para a extração das competência dos materiais e, a partir disso, é possível tanto a detecção automática das competências criadas quanto a incorporação desses materiais já categorizados dentro do sequenciamento. Vale destacar, ainda, um estudo que trata da utilização de enriquecimento semântico para recomendação de videoaulas [Barrére et al. 2020], no qual técnicas de enriquecimento semântico possibilitam relacionar recursos de forma automatizada, facilitando a indexação e recomendação de materiais pedagógicos. A utilização desses diversos métodos complementa trabalhos que propõe o desenvolvimento de *plugins* para utilização do ACS no Moodle, como [Silva et al. 2022]. Essas abordagens facilitam a identificação e classificação automática de conceitos e competências presentes nos recursos, além da associação automatizada de competências aos materiais.

3.2. Habilidade do estudante

A função O_2 expressa a relação entre o nível de conhecimento dos estudantes e a dificuldade intrínseca dos materiais selecionados D^{m_i} , na qual $m_i \in M$, sendo M um conjunto de materiais. Considerando um conjunto de conceitos cobertos C , para cada material m_i , a função considera quais conceitos $c_i \in C$ são cobertos pelos materiais, indicado por $R_{c_j}^{m_i}$. Ainda, o nível de domínio dos estudantes para o conceito c_i é representado por H_{c_j} . A partir disso, $R_{c_j}^{m_i} = 1$ se o material cobre o conceito c_i e $R_{c_j}^{m_i} = 0$ caso contrário. Já E_{c_j} traduz se o material está de acordo com os conceitos que devem ser cobertos ao longo do curso. Por conseguinte, temos:

$$O_2(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{|M|} x_i \left| D^{m_i} - \frac{\sum_{j=1}^{|C|} R_{c_j}^{m_i} E_{c_j} H_{c_j}}{\sum_{j=i}^{|C|} R_{c_j}^{m_i} E_{c_j}} \right| \frac{1}{\sum_{i=1}^{|M|} x_i} \quad (4)$$

Para a representação do nível de domínio do aluno, há um sistema flexível de avaliação de competências no Moodle e a partir disso é possível indicar se o aluno é proficiente ou não. Assim, dentro do Moodle existem múltiplos critérios de conclusão de competências por meio de Regras de Competências. Com base nessas regras, é possível

definir uma nota mínima para a conclusão de determinada atividade e, por meio dessa solução, o desempenho do aluno pode ser avaliado a partir da associação de notas às competências, entendendo que há um domínio sobre determinada competência caso o aluno seja classificado como proficiente. Para uma análise mais profunda, observa-se seu desempenho por meio da pontuação alcançada. Para mais, ainda há como concluir uma competência por meio de uma revisão enviada ao professor, caso seja necessário, possibilitando uma classificação individualizada para casos especiais. Por fim, alcançar a proficiência através de uma ação do aluno também é permitido, como confirmar se um material foi estudado ou se uma atividade foi concluída.

Aplicando ao ACS, essa estrutura permite priorizar materiais que atendam a sub-competências não dominadas e bloquear conteúdos avançados enquanto pré-requisitos não forem cumpridos. Assim, a organização hierárquica de competências permite uma avaliação progressiva e contextualizada do nível do aluno, por meio de uma lógica de pré-requisitos e dependência entre conceitos.

3.3. Duração do curso

A função O_3 representa a dimensão temporal da função objetivo por meio da relação entre o tempo estimado para a conclusão dos materiais propostos (T^{m_i}) e o tempo estimado do curso. Aqui, T^\downarrow e T^\uparrow representam os limites máximos de tempo estimados, definidos por meio da carga horária do curso.

$$O_3(\mathbf{x}) = \max \left(T^\downarrow - \sum_{i=1}^{|M|} T^{m_i} x_i, 0 \right) + \max \left(0, \sum_{i=1}^{|M|} T^{m_i} x_i - T^\uparrow \right) \quad (5)$$

Como há a necessidade de adaptação tanto do Moodle como da proposta das funções de ACS, o tempo total do curso é uma das dimensões temporais para a conclusão da atividade, enquanto o tempo de conclusão de cada atividade pode ser extraído diretamente de materiais como vídeos ou pode ser estimado usando bibliotecas de programação específicas.

É possível contemplar a função O_3 por meio de metadados que estimam a duração de cada material e o tempo total de conclusão do curso, que é definido aqui por meio de sua carga horária total. T^\downarrow e T^\uparrow representam os limites máximos de tempo esperado pelos estudantes, com T^{m_i} sendo a estimativa do tempo que o aluno precisa para concluir uma material m_i . Como há a necessidade de adaptação tanto do Moodle como da proposta das funções de ACS, o tempo total do curso é uma das dimensões temporais para a conclusão da atividade, enquanto o tempo de conclusão de cada atividade pode ser extraído diretamente de materiais como vídeos, ou pode ser estimado, como em [Hofmann et al. 2022].

3.4. Equilíbrio entre os materiais

A função O_4 representa se os materiais selecionados estão equilibrados quanto aos diferentes conceitos abordados no curso, penalizando situações em que alguns tópicos foram mais abordados que outros:

$$O_4(\mathbf{x}) = \sum_{j=1}^{|C|} E_{c_j} \left| \sum_{i=1}^{|M|} x_i R_{c_j}^{m_i} - \frac{\sum_{i'=1}^{|M|} \sum_{j'=1}^{|C|} x_{i'} R_{c_{j'}}^{m_{i'}} E_{c_{j'}}}{\sum_{j'=1}^{|C|} E_{c_{j'}}} \right| \quad (6)$$

As variáveis dessa equação já foram abordadas nas seções anteriores. Vale destacar que um valor baixo de O_4 indica que os materiais estão bem distribuídos entre os conceitos, enquanto que valores altos indicam desequilíbrio. As competências possuem relações entre si e podem ser associadas aos materiais disponibilizados no Moodle.

3.5. Preferências

A função O_5 avalia o alinhamento entre os materiais selecionados e as preferências de aprendizagem do estudante. Diferentes modelos para modelagem de preferência de estudantes pode ser adotadas. Contudo, durante vários anos, os dados de preferência geralmente estavam associados à adoção de uma abordagem para análise de estilo de aprendizagem e, assim, pode-se adotar as dimensões do modelo FLSLM (Felder-Silverman Learning Style Model), como evidenciado em [de Oliveira Costa Machado et al. 2020].

Nota-se na Equação 7 que, para cada dimensão em $k = 1, \dots, 4$ (Processamento, Percepção, Entrada e Compreensão), $\theta_k^{m_i}$ representa a preferência do estudante no i material, associado a sua intensidade de preferência em $L_k \in [-3, 3]$. O cálculo $3 \operatorname{sgn}(\theta_k^{m_i}) - L_k$ considera a diferença absoluta entre a intensidade normalizada do material e a preferência do estudante, resultando em uma métrica normalizada de 0 (alinhamento perfeito) a 1 (desalinhamento total).

$$O_5(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^4 \frac{\sum_{i=1}^{|M|} x_i |3 \operatorname{sgn}(\theta_k^{m_i}) - L_k|}{4 \sum_{i=1}^{|M|} x_i} \quad (7)$$

Porém, conforme discutido em [Blind review, 2025], a intenção desse tipo de função objetivo é modelar características intrínsecas de estudantes, descrevendo suas preferências. Outras características do estudante podem ser utilizados como modelo de preferência, substituindo modelos de estilo de aprendizado sem prejuízo da função objetivo.

Para atender O_5 , o Moodle proporciona questionários nativos, permitindo a extração de características dos alunos quanto as suas preferências. Propõe-se a criação de perguntas a respeito da preferência individual de tipo de materiais e a extração de métodos de aprendizagem do aluno. Esses questionários aplicados periodicamente conferem o caráter adaptativo ao ACS, atualizando essas informações de acordo com o progresso do aluno. Tal estratégia permite avaliar quais características sobre os materiais os alunos preferem de acordo com as competências que estão sendo trabalhadas naquele momento.

4. Prova de conceito

Para validar a viabilidade da proposta, criou-se um curso para uma disciplina de ensino de algoritmos a partir do Moodle versão 4.5. A estrutura foi desenvolvida a partir de

dois estágios fundamentais: modelagem curricular baseada em competências e integração com recursos nativos do Moodle. Os conceitos abordados no curso foram extraídos do currículo de referência da Association Computing Machinery (ACM) para o curso de Ciência da Computação e as competências foram formuladas com base na Taxonomia de Bloom, conforme apresentado em [do Carmo Marchetti Ferraz and Belhot 2010], visando os seis níveis fundamentais: lembrar, entender, aplicar, analisar, avaliar e criar. O Moodle oferece nativamente a criação de competências com base em taxonomias.

Os conceitos definidos foram explorados por meio da estrutura de competências do Moodle, organizados em uma hierarquia de quatro níveis. No primeiro nível, estabelece-se a competência em si, enquanto os demais níveis exploram “subcompetências”. Assim, o segundo nível corresponde à introdução teórica, baseada nas abordagens de “lembrar” e “entender”. O terceiro nível é dedicado à prática, associado às habilidades de “aplicar”, “analisar” e “criar”. Por fim, o quarto nível, engloba as abordagens de “aplicar”, “analisar” e “avaliar”, consolidando o aprendizado. Foram definidas dezoito competências, conforme ilustrado na Figura 1.

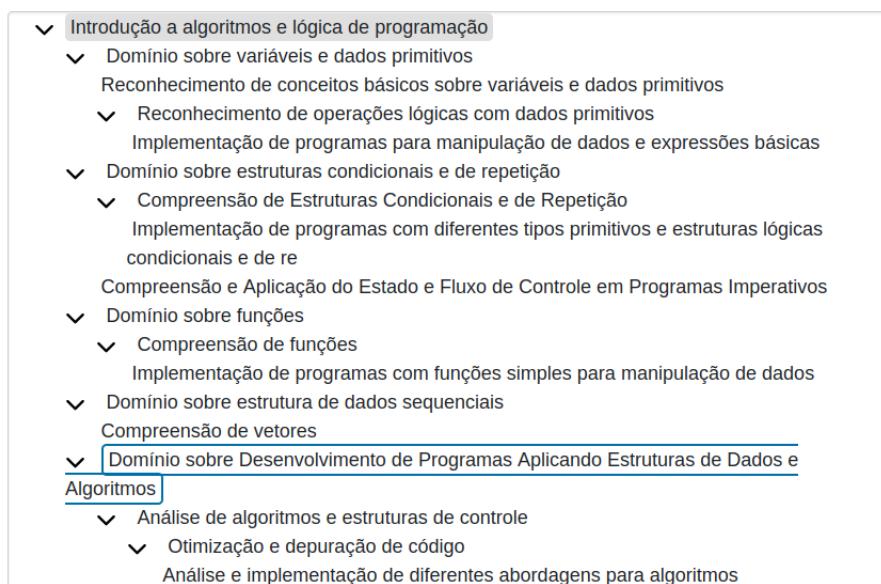


Figura 1. Representação da estrutura de competências

A estrutura proposta possibilita a implementação da função O_1 por meio da organização sistemática dos conceitos do curso em competências hierárquicas no Moodle. Conforme ilustrado na Figura 2, essa abordagem cria relações de dependência entre os diferentes níveis de competências, garantindo que o domínio de conceitos avançados só seja possível após a conclusão das competências básicas correspondentes. Esse mecanismo estabelece uma progressão obrigatória, em que o aluno não pode concluir uma competência superior sem antes ter dominado as competências inferiores pré-requisitas. Dessa forma, assegura-se uma aprendizagem sequencial e consolidada, em que cada etapa concluída serve como base essencial para o avanço para níveis mais complexos. A Figura 3 amplia essa estrutura ao demonstrar como critérios específicos — como a obtenção de notas mínimas em atividades avaliativas — podem ser vinculados à validação da proficiência em

cada competência. Neste trabalho, estabeleceu-se que a conclusão de uma competência superior está condicionada à aprovação prévia em todas as suas ‘competências filhas’, conforme explicitado na Figura 3. Essa abordagem garante que o progresso do estudante ocorra de forma estruturada, assegurando o domínio dos requisitos essenciais antes do avanço para níveis mais complexos. Esse mecanismo não apenas garante uma progressão de aprendizagem, bloqueando materiais cujos pré-requisitos não foram atendidos e permitindo analisar a habilidade dos estudantes conforme as competências concluídas, como necessário em O_2 , mas também assegura uma distribuição equilibrada dos conteúdos entre os diferentes tópicos do curso, cumprindo assim o objetivo da função O_4 de manter o balanceamento adequado entre os materiais de aprendizagem.

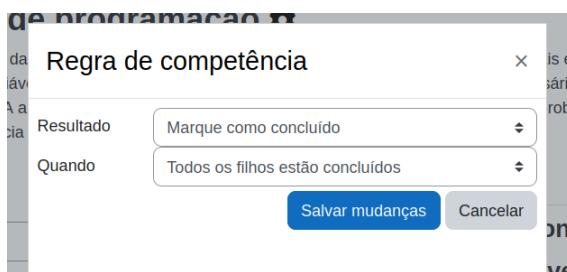


Figura 2. Regra de competência

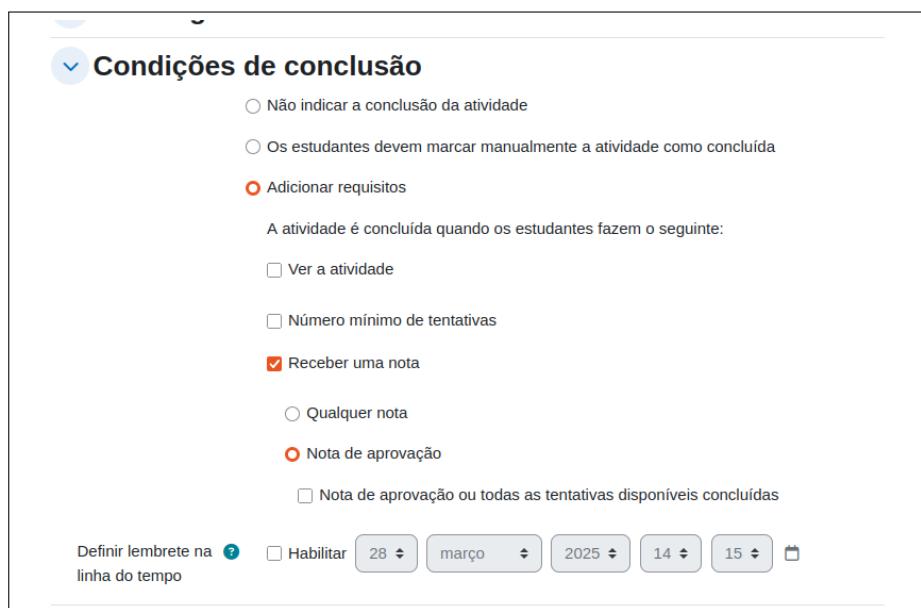


Figura 3. Configuração de critérios conclusão de atividades vinculadas a competências.

Para operacionalizar a estrutura de competências junto aos discentes, implementou-se um Plano de Aprendizado, apresentado na Figura 4. Esse recurso permite vincular automaticamente todos os alunos às competências definidas no curso, proporcionando um mapeamento claro e individualizado do progresso de cada um em forma de painel. Conforme ilustrado na Figura 4, o plano exibe informações como número total de competências do curso (dezessete, neste caso), o status atual de proficiência do aluno (zero

competências dominadas) e um ranking das competências que possuem maior quantidade de alunos não proficientes — por exemplo, "Análise e implementação de abordagens para algoritmos". A atualização em tempo real das avaliações de competência nos planos de aprendizagem garante um feedback imediato. Essa visualização integrada facilita a identificação de lacunas durante o progresso no curso e orienta intervenções pedagógicas personalizadas.

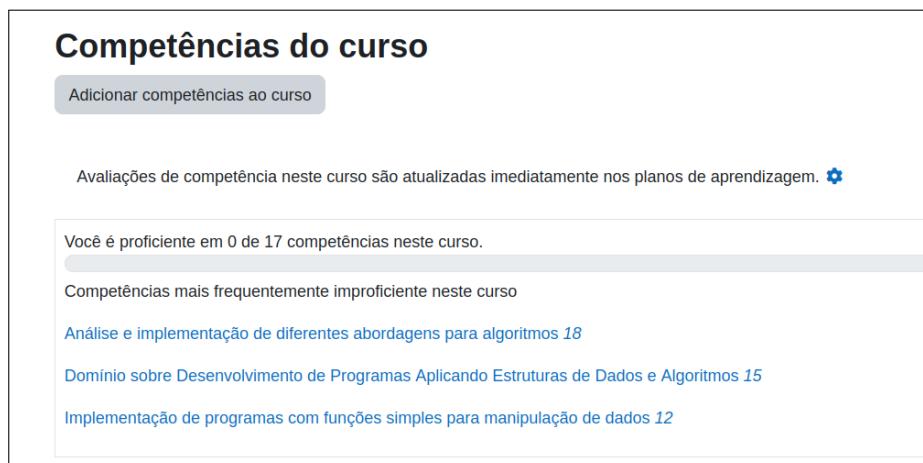


Figura 4. Plano de aprendizado

A organização apresentada estabelece a estrutura fundamental para coleta de dados necessários ao ACS, onde a definição de competências é alinhada à matriz curricular de cada curso. O Moodle apresenta algumas limitações quanto ao processamento automático de materiais para a extração de competência e estimativa de tempo. No entanto, por meio da estrutura customizável e da possibilidade de criação de *plugins*, a proposta é a associação de conceitos às atividades de forma automática via API REST, em colaboração com técnicas de processamento para a classificação dos materiais, assim como processamento para permitir a extração de dados de tempo.

Dessa forma, é possível a utilização da plataforma para viabilizar um curso adaptativo aos estudantes, com base em recursos já disponibilizados pelo sistema e adaptações as funções objetivo.

5. Considerações Finais

Ao utilizar recursos já disponíveis na plataforma Moodle, demonstramos que é possível integrar algoritmos ACS ao Moodle através do mapeamento dos dados geralmente utilizados por essas soluções. É importante destacar que ainda é necessária a implementação de métodos eficientes para extração de metadados, além de promover motivação para estruturação de cursos baseado em competências, permitindo uma cobertura mais pedagógica de conceitos. Apesar dos desafios relacionados à complexidade na coleta de dados e à automatização dos processos, o desenvolvimento de uma prova de conceito demonstra a viabilidade prática dessa solução, potencializando o engajamento, a autonomia e o sucesso dos estudantes. Assim, o avanço na aplicação do ACS no ambiente Moodle contribui significativamente para a evolução do ensino online, favorecendo maior engajamento e sucesso dos alunos, ao mesmo tempo em que aproxima a teoria acadêmica de soluções concretas na educação digital.

Esse trabalho limitou-se ao mapeamento de dados dentro do Moodle e a adaptação de soluções de ACS em outros LMS podem demandar outro estudo. Ainda, ao se limitar à uma análise baseada às entradas das funções objetivos, é necessário construir os métodos computacionais de apoio à extração de dados de materiais para completar os requisitos de abordagens de ACS. Contudo, ressalta-se que a análise apresentada auxilia na construção de soluções futuras e que novas abordagens de ACS possam avançar para experimentos em dados reais ao utilizarem um LMS popular como o Moodle.

Como trabalhos futuros, propõe-se a criação de um *plugin* que permita ao professor definir de forma intuitiva as competências do curso, de modo que essas informações sejam automaticamente consumidas pelos algoritmos de sequenciamento. Essa ferramenta integrará técnicas de processamento de materiais e coleta de dados. Espera-se ampliar a efetividade e consolidar a aplicação do ACS, como uma solução inovadora e viável para a educação personalizada no ambiente digital.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado em parte pelas agências brasileiras CNPq, FAPEMIG e CAPES.

Referências

- Acampora, G., Gaeta, M., and Loia, V. (2011). Hierarchical optimization of personalized experiences for e-learning systems through evolutionary models. *Neural Computing and Applications*, 20(5):641–657.
- Barrére, E., de Souza, J. F., Vitor, M. A., and de Almeida, M. A. (2020). Utilização de enriquecimento semântico para a recomendação automática de videoaulas no moodle. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28:319–334.
- de Castro Martins Ferreira Nogueira, J. V., Bernardino, H. S., de Souza, J. F., Gonçalves, L. B., and Soares, S. S. R. F. (2024). Exploring the solution space for adaptive curriculum sequencing: Study of a multi-objective approach. *Internet of Things*, 25:101052.
- de Oliveira Costa Machado, M., Bravo, N. F. S., Martins, A. F., Bernardino, H. S., Barrere, E., and de Souza, J. F. (2020). Metaheuristic-based adaptive curriculum sequencing approaches: a systematic review and mapping of the literature. *Artificial Intelligence Review*, 54(1):711–754.
- Debnath, A., Sarkar, P., and Roy, S. (2013). An ant colony optimization based advice generation for curriculum sequencing under flexible learning system. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computing, Electronics and Electrical Technology (CEET)*, pages 1–6, Kolkata, India. Association of Computer Electronics and Electrical Engineers (ACEEE).
- do Carmo Marcheti Ferraz, A. P. and Belhot, R. V. (2010). Taxonomia de bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão & Produção*, 17(2):421–431.
- Dwivedi, P., Kant, V., and Bharadwaj, K. K. (2018). Learning path recommendation based on modified variable length genetic algorithm. *Education and Information Technologies*, 23(2):819–836.

- Ezzaim, A., Dahbi, A., Haidine, A., and Aqqal, A. (2024). The impact of implementing a moodle plug-in as an AI-based adaptive learning solution on learning effectiveness: Case of morocco. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 18(01):133–149. Acesso em: 26 maio 2025.
- Gamage, S. H. P. W., Ayres, J. R., and Behrend, M. B. (2022). A systematic review on trends in using moodle for teaching and learning. *International Journal of STEM Education*, 9(1):9.
- Hofmann, M. J., Remus, S., Biemann, C., Radach, R., and Kuchinke, L. (2022). Language models explain word reading times better than empirical predictability. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4:730570.
- Huang, J., Ding, R., Wu, X., Chen, S., Zhang, J., Liu, L., and Zheng, Y. (2023). Werece: An unsupervised method for educational concept extraction based on word embedding refinement. *Applied Sciences*, 13(22):12307.
- Legramante, D., Azevedo, A., and Azevedo, J. M. (2023). Integration of the technology acceptance model and the information systems success model in the analysis of moodle's satisfaction and continuity of use. *International Journal of Information and Learning Technology*, 40(5):467–484.
- Martins, A. F., Machado, M., Bernardino, H. S., and de Souza, J. F. (2021). A comparative analysis of metaheuristics applied to adaptive curriculum sequencing. In *Soft Computing*, volume 25, pages 11019–11034. Springer.
- Menai, M. E. B., Alhunitah, H., and Al-Salman, H. (2018). Swarm intelligence to solve the curriculum sequencing problem. In *Computer Applications in Engineering Education*, volume 26, pages 1393–1404. Wiley.
- Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., and Terletska, T. (2023). Stages of adaptive learning implementation by means of moodle lms. In *Proceedings of the 2nd Myroslav I. Zhaldak Symposium on Advances in Educational Technology - AET*, pages 476–487. INSTICC, SciTePress.
- Morze, N., Varchenko-Trotsenko, L., Terletska, T., and Smyrnova-Trybulsk, E. (2021). Implementation of adaptive learning at higher education institutions by means of moodle lms. *Journal of Physics: Conference Series*, 1840(1):012062.
- Peng, X., Sun, X., and He, Z. (2022). A hybrid particle swarm optimizer for curriculum sequencing problem. In *Discrete Dynamics in Nature and Society*, volume 2022, pages 1–12. Hindawi.
- Ramesh, V. M., Rao, N. J., and Ramanathan, C. (2015). Implementation of an intelligent tutoring system using moodle. In *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9.
- Sharma, R., Banati, H., and Bedi, P. (2012). Adaptive content sequencing for e-learning courses using ant colony optimization. In Deep, K., Nagar, A., Pant, M., and Bansal, J. C., editors, *Proceedings of the International Conference on Soft Computing for Problem Solving (SocProS 2011)*, pages 579–590, New Delhi. Springer India.

Silva, J., Barrere, E., and de Souza, J. (2022). Integração de soluções de sequenciamento curricular adaptativo ao moodle. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 822–833, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.

Smith, J. and Doe, J. (2023). Revolutionizing education: Advanced machine learning techniques for precision recommendation of top-quality instructional materials. *International Journal of Educational Technology*, 15(3):123–145.