



Artigo

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-57652024v29id279513>

Explorando técnicas de análise de dados em exames de avaliação de estudantes de graduação no contexto brasileiro

Exploring data analysis techniques in undergraduate student evaluation exams in the Brazilian context

Explorando técnicas de análisis de datos en exámenes de Evaluación de Estudiantes de Grado en el Contexto Brasileño

Pedro Luis Saraiva Barbosa - Instituto Federal do Ceará | Cedro | CE | Brasil.

E-mail: pedro.barbosa@ifce.edu.br | Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5091-9005>

Gabriela Nayara Duarte Oliveira Damazio - Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | CE | Brasil. E-mail:

gabrielanayara10@gmail.com | Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-4949-233x>

Windson Viana de Carvalho - Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | CE | Brasil. E-mail:

windson@virtual.ufc.br | Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8627-0823>

Rafael Augusto Ferreira do Carmo - Universidade Federal do Ceará | Fortaleza | CE | Brasil. E-mail:

carmorrafael@gmail.com | Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5080-1688>

Evandro Nogueira de Oliveira - Centro Universitário Vale do Salgado | Icó | CE | Brasil. E-mail:

evandro.eno@gmail.com | Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1735-2112>

Resumo: Acreditação e avaliações contínuas são cruciais para garantir a qualidade e os padrões no ensino superior. No Brasil, o governo federal também realiza uma avaliação anual dos estudantes chamada Enade. Este artigo apresenta uma revisão de abrangência que identifica e discute as técnicas empregadas na análise dos dados do Enade e na implementação de ações de diagnóstico para monitorar as competências necessárias dos formandos. A pesquisa abrangeu 32 artigos que cobrem aprendizado de máquina (ML), técnicas estatísticas e desenvolvimento de sistemas com foco no Enade. Os artigos de ML se concentraram principalmente na análise dos fatores que afetam as notas dos estudantes, utilizando abordagens de classificação e agrupamento. Estatísticas descritivas surgiram como a técnica mais comumente utilizada nos artigos que se concentraram em técnicas estatísticas. Os sistemas identificados se dedicam principalmente na administração de exames e na análise de resultados, com apenas um artigo explorando a implementação de gamificação.

Palavras-chave: acreditação; Enade; avaliações; revisão de escopo; técnicas estatísticas; técnicas de aprendizado de máquina.

Abstract: Accreditation and continuous assessments are crucial for ensuring quality and standards in higher education. In Brazil, the federal government also conducts an annual student assessment called Enade. This paper presents a scoping review that identifies and discusses the techniques employed in analyzing Enade data and implementing diagnostic actions to monitor the necessary competencies of graduates. The research encompassed 32 articles covering machine learning (ML), statistical techniques, and system development dedicated to the Enade exam. ML articles primarily focused on analyzing factors that impact student scores, utilizing classification and clustering approaches. Descriptive statistics emerged as the most commonly used technique in articles focusing on statistical techniques. The identified systems primarily revolved around exam administration and result analysis, with only one article exploring the implementation of gamification.

Keywords: accreditation assessments; Enade; scoping review; statistical techniques; machine learning techniques.

Resumen: Acreditación y evaluaciones continuas son fundamentales para garantizar la calidad y los estándares en la educación superior. En Brasil, el gobierno federal también lleva a cabo una evaluación anual de los estudiantes llamada Enade. Este artículo presenta una revisión de alcance que identifica y discute las técnicas utilizadas en el análisis de los datos de Enade y en la implementación de acciones de diagnóstico para monitorear las competencias necesarias de los graduados. La investigación abarcó 32 artículos que abordan el aprendizaje automático (ML), técnicas estadísticas y el desarrollo de sistemas. Los artículos de ML se centraron principalmente en el análisis de los factores que afectan las calificaciones de los estudiantes, utilizando enfoques de clasificación y agrupamiento. Las estadísticas descriptivas surgieron como la técnica más comúnmente utilizada en los artículos que se centran en técnicas estadísticas. Los sistemas identificados se centraron principalmente en la administración de exámenes y el análisis de resultados, con solo un artículo explorando la implementación de la gamificación.

Palabras clave: acreditación; Enade; evaluaciones; revisión de alcance; técnicas estadísticas; técnicas de aprendizaje automático.

1 Introdução

A avaliação do ensino superior desempenha um papel crucial na garantia da qualidade, responsabilidade e melhoria contínua das instituições educacionais em todo o mundo. Ela serve como um meio de assegurar a diversas partes interessadas, incluindo estudantes, pais, funcionários e a sociedade, que uma determinada instituição atende a padrões reconhecidos de excelência em uma série de aspectos críticos, incluindo sua missão, programas, serviços de apoio, corpo docente e instalações. Existem vários modelos e experiências ao redor do mundo para esse tipo de avaliação.

Nos Estados Unidos, por exemplo, é utilizado o termo acreditação e é realizada por organizações privadas e não governamentais, especificamente estabelecidas para avaliar instituições de ensino superior (IES) e seus programas, a fim de garantir a qualidade. Esses órgãos acreditadores são reconhecidos por entidades autoritativas, como o Conselho para Acreditação do Ensino Superior (CHEA) e o Departamento de Educação dos Estados Unidos (USDE).

Na Europa, a Polônia segue um caminho semelhante, onde relatórios de acreditação universitária são publicados pela agência de acreditação Polska Komisja Akredytacyjna (PKA) (Rybinski, 2020), que é um membro da Associação Europeia para Garantia da Qualidade no Ensino Superior (ENQA) e adere a padrões e diretrizes europeias (ENQA, 2015). No Reino Unido, o órgão independente responsável por verificar padrões e qualidade nas instituições de ensino superior é a Quality Assurance Agency (QAA). A QAA introduziu o Código de Qualidade para o Ensino Superior, que entrou em vigor no ano letivo de 2011–2012 (Rybinski, 2022). Essas agências atuam como supervisoras, realizando avaliações de faculdades e universidades para garantir que estejam em conformidade com os padrões estabelecidos e fornecendo educação de alta qualidade.

No Brasil, a avaliação e acreditação de universidades, faculdades e cursos em Instituições de Ensino Superior (IES) estão sob a responsabilidade do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). O Inep é uma agência federal que opera sob o Ministério da Educação (MEC) e é responsável por supervisionar esse processo. Uma parte integral dessa avaliação é o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade), que distingue o sistema de avaliação do Brasil.

No ano de 2003, durante o governo de Luiz Inácio Lula da Silva, em resposta a críticas direcionadas ao antigo "Provão", o sistema de avaliação do ensino superior no Brasil passou por transformações significativas (Dias Sobrinho, 2010). Essas mudanças foram guiadas por dois objetivos fundamentais da comunidade acadêmica: promover a participação democrática e estabelecer um sistema de avaliação mais abrangente.

Como resultado, foi concebido e implementado em 2004 o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES). Esta iniciativa foi projetada como uma política de estado, visando abranger todas as instituições de ensino superior, sejam públicas ou privadas, enquanto respeitava suas identidades diversas e distintas (Dias Sobrinho, 2010). O Enade é uma parte integral do SINAES.

O Enade é uma avaliação anual que analisa rigorosamente os cursos de ensino superior no Brasil, abrangendo, tanto, programas presenciais, quanto de ensino a distância. Essa avaliação existe e é gerida pelo Inep desde 2004 (Inep, 2023). O Enade funciona avaliando o desempenho dos estudantes com base no conteúdo curricular descrito nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) relevantes para seus programas de graduação específicos, conforme estabelecido pelo governo brasileiro em 2004 (Brasil, 2004). Essa avaliação abrangente é realizada periodicamente, com um intervalo máximo de três anos entre as avaliações, e é um componente obrigatório do currículo de graduação.

O Enade emprega uma variedade de ferramentas de avaliação, incluindo questionários e exames, para medir o desempenho acadêmico dos estudantes. Os resultados obtidos dessas avaliações fornecem insights valiosos para educadores, estudantes e administradores (Lima *et al.*, 2018). Essas descobertas permitem o refinamento das práticas de ensino e dos currículos dos cursos, levando, em última análise, a melhorias na qualidade geral da educação. Ao fornecer uma avaliação sistemática e orientada por dados, o Enade desempenha um papel fundamental na melhoria do panorama educacional no Brasil.

Neste artigo, apresentamos uma revisão de escopo (SR) (Ralph; Baltes, 2022) que visa identificar e discutir os métodos utilizados para analisar os dados do Enade. Nosso foco foi nos microdados fornecidos pelo Inep e em trabalhos que implementam ações diagnósticas para acompanhar as competências necessárias ao estudante de graduação que faz a prova. Esta SR visa beneficiar IES e pesquisadores que pretendem conduzir estudos utilizando dados do Enade ou aprender sobre ferramentas propostas pela comunidade científica para monitorar os estudantes que fazem a prova. Após a busca nas bases de dados, encontramos um total de 129 estudos. Aplicando os critérios de seleção, selecionamos 32 estudos descritos detalhadamente neste artigo.

A avaliação da educação de graduação no Brasil, assim como em muitos outros países, desempenha um papel fundamental na busca pela melhoria da qualidade educacional. Este estudo é particularmente relevante na pesquisa educacional, pois se concentra na análise crítica dos métodos utilizados para avaliar as competências e habilidades dos estudantes em várias áreas do conhecimento. Essa avaliação abrange não apenas o desempenho dos estudantes, mas também a eficácia dos cursos e das instituições de ensino superior (IES) como um todo.

Por meio de uma análise desses métodos, torna-se possível identificar tanto os pontos fortes quanto as áreas que necessitam de melhorias nos cursos e nas IES. Essas descobertas fornecem insights valiosos que podem ser utilizados para aprimorar currículos, práticas de ensino e estratégias de avaliação. Isso, por sua vez, contribui para elevar a qualidade da educação, garantindo que os estudantes adquiram as competências e habilidades necessárias para enfrentar os desafios de um mercado de trabalho e de uma sociedade em constante evolução.

Outros estudos de pesquisa, como o de Lima *et al.* (2019), realizaram uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar como os dados coletados pelas avaliações do Enade e do Enem são utilizados, destacando a necessidade de análises mais aprofundadas além das estatísticas descritivas fornecidas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). No entanto, Lima *et al.* (2019) encontraram artigos publicados entre 2013 e 2016, e a pesquisa aponta para a necessidade de explorar outros tipos de análise, como mineração de dados, para aproveitar ao máximo o vasto volume de dados disponíveis e obter uma melhor compreensão dos perfis dos estudantes e do sistema educacional brasileiro, possibilitando ações preventivas. Este trabalho tem como objetivo aprofundar ainda mais esse assunto.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2 apresenta a metodologia da SR, a Seção 3 fornece os resultados da SR em relação aos estudos incluídos e aborda as questões de pesquisa. Na Seção 4, os achados são discutidos em detalhes e, finalmente, a Seção 5 oferece as considerações finais e o trabalho futuro.

2 Metodologia

2.1 Protocolo

Baseamos o protocolo para esta revisão de escopo (RE) em Keele *et al.* (2007). As diretrizes sugerem três fases principais: planejamento, execução e elaboração do relatório. Na fase de planejamento, identificamos as necessidades do estudo para definir as questões de pesquisa (QP). O Inep fornece conjuntos de dados que contêm informações detalhadas sobre o Enade (INEP, 2020), como as respostas dos estudantes às questões, as respostas dos estudantes ao questionário, dados da instituição e outras informações relevantes. Esta pesquisa busca compreender como esses dados do Enade são analisados e identificar as ferramentas computacionais e estatísticas que os pesquisadores utilizam nesses estudos. Além disso, focamos na identificação de recursos educacionais que visam preparar os estudantes para a avaliação do Enade.

Após identificar esses aspectos, definimos o protocolo de pesquisa, abrangendo os objetivos de mapeamento, as bases de dados de pesquisa, a *string* de busca e os

critérios de seleção. O protocolo passou por um processo de construção incremental e foi revisado pelos autores envolvidos nesta pesquisa.

Na fase de execução realizamos buscas nas bases de dados utilizando a *string* de busca. Em seguida, lemos apenas os resumos dos artigos e avaliamos com base nos critérios de seleção. Com um número reduzido de trabalhos, realizamos uma leitura abrangente dos artigos, revisando-os de acordo com os critérios de seleção. Após essa etapa, selecionamos os artigos finais e completamos uma leitura completa deles. Subsequentemente, criamos uma planilha compartilhada que incluía o título, tipo de documento, ano e perguntas de pesquisa detalhadas. Isso permitiu que todos os autores monitorassem a conclusão de todos os itens de forma eficaz.

Por fim, na terceira fase, analisamos os resultados gerando gráficos e tabelas com base no formulário de extração de dados. Em seguida, redigimos o relatório apresentado neste artigo, validando-o de forma incremental.

2.2 Questões de pesquisa

As questões de pesquisa (QP) que guiarão este trabalho foram definidas utilizando a estratégia PICO (População, Intervenção, Controle, Resultados) (Stone, 2002), que ajudou a estruturar este mapeamento e selecionar as QPs relevantes. A Figura 1 apresenta o processo de construção das QPs. A **população** do nosso estudo é composta por estudantes de graduação e instituições de ensino superior (IES). Os métodos de análise de dados e softwares relacionados ao Enade são a **intervenção**. Os microdados do Enade e os estudos realizados com os estudantes constituem o **controle**. Por fim, os algoritmos, soluções estatísticas e softwares desenvolvidos focados na avaliação do Enade representam os **resultados**.

A questão de pesquisa principal do nosso estudo é: **Quais são os softwares, técnicas estatísticas e métodos de aprendizado de máquina comumente utilizados para analisar os dados do Enade das IES?**

2.3 String de busca

Com base na definição dos elementos PICO para esta pesquisa, determinamos as palavras-chave compostas por três partes: (I) Enade; (II) Avaliações; e (III) Técnicas Computacionais e Estatísticas. Utilizamos sinônimos e subtópicos dessas palavras para ampliar a *string* de busca. A *string* de busca final utilizada nas bases de dados foi: ("Educação Superior" ou "Avaliação em larga escala" ou "Avaliação da educação superior" ou "Teoria da Resposta ao Item" ou "Teoria Clássica dos Testes" ou "Avaliação de Conhecimento") E "Enade" E ("Mineração de dados" OU "Aprendizado

de Máquina” ou “Análise de dados” ou “Algoritmo” ou “Ferramenta de análise” ou “Análise de aprendizado”)¹.

Após definir a string de busca, realizamos testes no Google Scholar² para avaliar a relevância dos resultados, permitindo que os autores refinassem a string, se necessário. As bases de dados utilizadas para a busca automatizada nesta pesquisa foram Google Scholar e Periódicos Capes³. A escolha dessas bases de dados está relacionada ao tema desta pesquisa, que é focado em uma avaliação específica do MEC brasileiro. Realizamos a busca entre **15 e 18 de março de 2022**. A Tabela 1 apresenta as seis perguntas de pesquisa derivadas.

Tabela 1 – Questões de pesquisa

Description
QP1 - Quais áreas do Enade foram o foco principal da pesquisa?
QP2 - Quais foram as abordagens e os objetivos dos estudos?
QP3 - Quais técnicas estatísticas foram empregadas na análise dos dados?
QP4 - Quais técnicas de mineração de dados ou algoritmos foram utilizadas nos estudos?
QP5 - Quais são as principais características dos sistemas voltados para a preparação para o Enade?
QP6 - Quais são os benefícios e limitações dos sistemas destacados pelos autores dos artigos?

Fonte: Elaboração própria

2.4 Seleção dos estudos e extração dos dados

Os critérios de inclusão (CI) utilizados nesta pesquisa foram: **CI1** - artigos que apresentam algoritmos ou técnicas de aprendizado de máquina para conduzir investigações sobre o Enade; **CI2** - artigos que utilizam técnicas estatísticas para conduzir investigações sobre o Enade; e **CI3** - documentos que propõem sistemas web

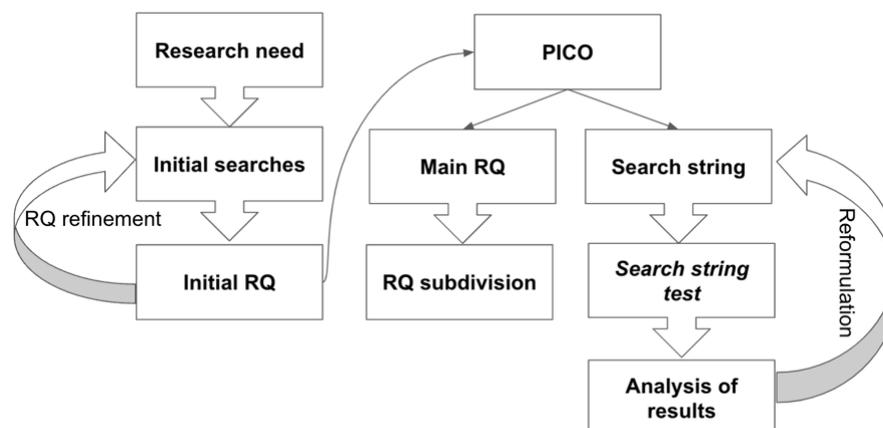
¹ Em inglês: (“high education” or “large-scale assessment” or “higher education assessment” or “item response theory” or “classical test theory” or “knowledge assessment”) and “enade” and (“data mining” or “machine learning” or “data analysis” or “algorithm” or “analysis tool” or “learning analytics”)

² <https://scholar.google.com/>

³ <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br>

ou móveis utilizando questões do Enade para preparar os estudantes ou simular as avaliações.

Figura 1 – Processo de construção das questões de pesquisa e *string* de busca



Fonte: Elaboração própria.

Os critérios de exclusão (CE) foram: **CE1** - estudos publicados há mais de dez anos (antes de 2012); **CE2** - artigos que não têm o Enade como objeto central de estudo; **CE3** - estudos não escritos em português ou inglês; **CE4** - estudos que são artigos curtos (menos de duas páginas); **CE5** - estudos preliminares; **CE6** - estudos indisponíveis; **CE7** - estudos duplicados; e **CE8** - estudos secundários.

Para realizar a extração dos dados dos artigos, optamos por utilizar uma planilha compartilhada no Google com todos os autores. A planilha contém uma lista de artigos em suas linhas e as respostas a perguntas essenciais para esta pesquisa em suas colunas. Essas perguntas incluem, entre outras, o método utilizado no estudo, a fonte dos dados utilizados, as áreas em que o estudo foi aplicado e as técnicas empregadas para analisar os dados do Enade. Os resultados dessa análise são apresentados na próxima seção.

3 Resultados

Após definir o protocolo da Revisão de Escopo (SR), realizamos a pesquisa. As buscas nas bases de dados resultaram em 129 estudos, dos quais 32 atenderam aos critérios de seleção delineados no protocolo e foram incluídos nesta pesquisa. Os 97 estudos restantes foram excluídos.

Dos **32 estudos**, 14 atenderam ao critério EC1, 14 atenderam ao critério EC2 e 4 atenderam ao critério EC3. Vale ressaltar que o número de estudos incluídos nesta

pesquisa é inferior ao total de estudos encontrados por Lima *et al.* (2018) relacionados a este tema. Essa diferença pode ser atribuída ao período de pesquisa e à estrutura da *string* de busca. Lima *et al.* (2018) examinaram estudos de 2005 a 2016, enquanto nosso estudo se concentrou no período de 2012 a 2022.

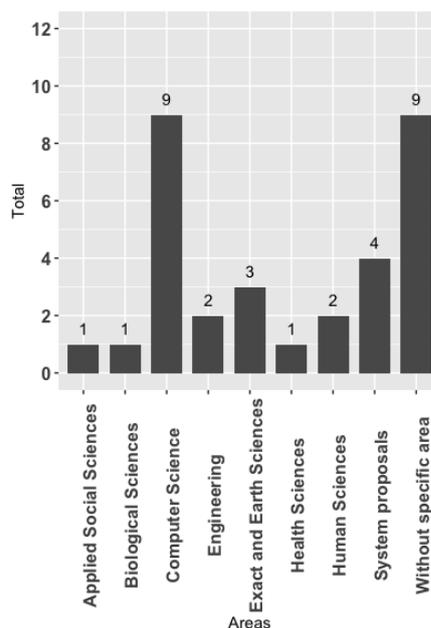
Quanto à distribuição ao longo dos anos, encontramos 1 estudo de 2022, 8 estudos de 2021, 7 estudos de 2020, 3 estudos de 2019, 5 estudos de 2018, 3 estudos de 2017, 3 estudos de 2016, 1 estudo de 2014 e 1 estudo de 2013. É importante observar que o número de estudos de 2022 é pequeno devido ao período de busca realizado.

3.1 RQ1 - QP1- Quais áreas do Enade foram o foco principal da pesquisa?

A Figura 2 apresenta as áreas de conhecimento nas quais os estudos foram focados e o número de estudos em cada área de conhecimento. No campo das ciências exatas e da terra, encontramos doze estudos: Silva *et al.* (2017), Piton-Goncalves (2020), Fonseca *et al.* (2013); além dos artigos de Silva *et al.* (2019), Vista *et al.* (2017), Lima *et al.* (2021), Landes e Magalhães (2018), Figueiredo *et al.* (2018), Rosa *et al.* (2021), Lima *et al.* (2018), Charão *et al.* (2020) e Cunha *et al.* (2021), que são específicos para a área de ciência da computação.

Em nossa revisão, identificamos dois estudos no campo das Ciências Humanas, realizados por Medeiros Filho (2019) e Silva *et al.* (2017). Da mesma forma, no campo da Engenharia, encontramos dois estudos: um de Melguizo e Wainer (2016) e outro de Nunes (2018). No entanto, nas áreas de Ciências Biológicas, Ciências da Saúde e Ciências Sociais Aplicadas, encontramos apenas um estudo em cada uma. O estudo em Ciências Biológicas foi conduzido por Alves (2020), enquanto Silva *et al.* (2020) contribuíram para as Ciências da Saúde e Camargo *et al.* (2016) para as Ciências Sociais Aplicadas.

Figura 2 – Total de artigos por área de conhecimento



Fonte: Elaboração própria.

Nove estudos não se concentraram em um campo específico. Alguns estudos combinaram várias áreas, como Melguizo e Wainer (2016), que integraram cursos de matemática, ciências sociais e ciências biológicas, e Coelho (2014), que combinou cursos de engenharia química, administração e estatística. Outros estudos utilizaram dados de todos os programas de graduação em um único estado (Martins, 2021) ou de uma região específica, como Matos *et al.* (2020), que usaram dados de todos os cursos da Região Norte do Brasil. Os estudos restantes apresentaram dados de todos os programas de graduação em um ano específico (Casitagli, 2021; Araújo, 2019), enquanto outros abordaram um período particular (Rodrigues, 2021; Araujo, 2020; Tives, 2018).

Os estudos de Barbosa e Carvalho (2020), França *et al.* (2021), Ribeiro e Costa Junior (2022) e Santos *et al.* (2016) não utilizaram dados do Enade diretamente. Esses autores propõem, em vez disso, sistemas de informação especificamente voltados para a preparação para o Enade.

3.2 RQ2 - What were the studies' approaches and goals?

Os estudos incluídos nesta pesquisa utilizaram principalmente **três abordagens**. Duas delas se concentraram na análise de dados do Enade: o **primeiro grupo** usa técnicas de aprendizado de máquina, conforme ilustrado na Figura 4; e a **segunda abordagem** aplica métodos estatísticos, como apresentado na Figura 3. A **terceira abordagem** nesta Revisão de Escopo (RE) envolveu o desenvolvimento de sistemas voltados para a preparação para o Enade. As principais características desses sistemas

estão delineadas na Tabela 2. Alguns estudos combinaram a primeira e a segunda abordagens, frequentemente utilizando estatísticas descritivas juntamente com alguns métodos de aprendizado de máquina (Silva *et al.*, 2020; Vista *et al.*, 2017).

Em relação às técnicas estatísticas, observamos que os estudos incluídos têm objetivos mais heterogêneos (Figura 3), mesmo aqueles que utilizam o mesmo método estatístico. Treze objetivos foram identificados. O objetivo mais recorrente entre esses estudos foi descrever o conjunto de dados do Enade utilizando estatísticas descritivas.

Quanto aos estudos que utilizaram técnicas de aprendizado de máquina, identificamos cinco objetivos (Figura 4). O objetivo mais recorrente foi identificar fatores associados às pontuações, e para essa finalidade, a maioria dos algoritmos utilizados foram algoritmos de classificação. Alguns estudos se concentraram em agrupar os dados para avaliar o desempenho das Instituições de Ensino Superior (IES) de acordo com o Conceito do Enade (CE)⁴ (INEP, 2020). Em contraste, outros buscaram investigar padrões entre as perguntas do Questionário do Estudante (QE).

3.3 Quais técnicas estatísticas foram empregadas na análise dos dados?

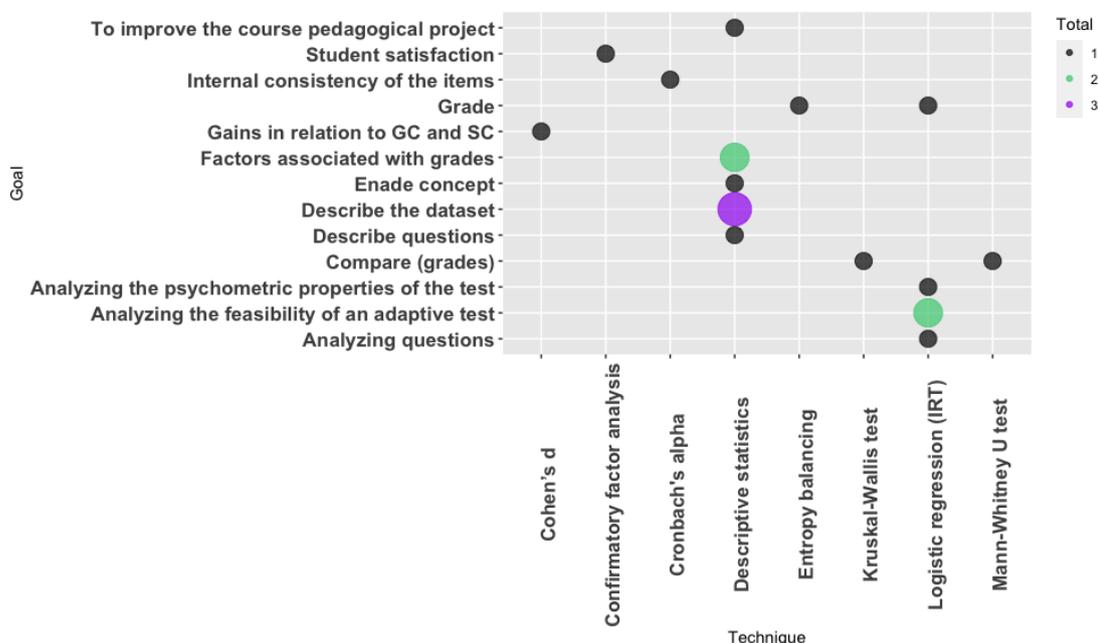
A Figura 3 apresenta as técnicas estatísticas identificadas nos estudos incluídos nesta pesquisa. Uma grande parte dos estudos utilizou estatísticas descritivas (ED) (Casitagli; Aragão, 2021; Charão *et al.*, 2020; Landes; Manhães, 2018; Lima *et al.*, 2021; Lima *et al.*, 2018; Medeiros Filho, 2019; Silva *et al.*, 2020). Alguns deles usaram ED para descrever os microdados do Enade (Landes; Manhães, 2018; Lima *et al.*, 2021; Vista *et al.*, 2017), outros para descrever questões (Lima *et al.*, 2018), outros para descobrir fatores que impactam as pontuações dos estudantes (Casitagli; Aragão, 2021; Medeiros Filho, 2019), e outros para melhorar o projeto pedagógico do curso (PPC) com base na descrição dos dados (Charão *et al.*, 2020), além de realizar comparações usando o conceito do Enade (CE) (Silva *et al.*, 2020).

A Teoria de Resposta ao Item (TRI)⁵ (Camargo *et al.*, 2016) também esteve presente em algumas análises (Alves, 2020; Coelho, 2014; Fonseca *et al.*, 2013; Piton-Goncalves, 2020). Os autores a aplicaram para medir o desempenho dos estudantes, com todos os estudos utilizando o Modelo Logístico de Três Parâmetros (3PL). Outras técnicas utilizadas incluem balanceamento de entropia (Araujo *et al.*, 2020), análise fatorial confirmatória (Santos *et al.*, 2017), *d* de Cohen (Melguizo; Wainer, 2016), *alfa* de Cronbach, testes de Mann-Whitney U e Kruskal-Wallis (Medeiros Filho, 2019).

⁴ O Conceito Enade é um indicador de qualidade que avalia os cursos com base no sucesso dos alunos no exame do Enade.

⁵ A TRI permite a avaliação do desempenho dos estudantes com base na complexidade do conteúdo abordado por cada questão do exame.

Figura 3 – Técnicas estatísticas por objetivo



Fonte: Elaboração própria.

3.4 RQ4 - Quais técnicas de mineração de dados ou algoritmos foram utilizadas nos estudos?

A Figura 4 apresenta os estudos que utilizaram técnicas de mineração de dados ou algoritmos. A figura apresenta o objetivo, a técnica e o número de estudos que aplicaram um método específico para um objetivo particular. Quatorze estudos da nossa Revisão de Escopo utilizaram algoritmos de aprendizado de máquina (Araújo *et al.*, 2019; Cunha *et al.*, 2021; Figueiro *et al.*, 2017; Tives *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2021; Matos *et al.*, 2020; Nunes, 2018; Rodrigues & Gouveia, 2021; Rosa *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2021; L. Silva *et al.*, 2017; Vista *et al.*, 2017). Além disso, os estudos de Silva *et al.* (2020) e Vista *et al.* (2017) também empregaram técnicas estatísticas.

Uma parte significativa dos algoritmos (68,18%) visava a classificação, sendo a técnica mais comumente utilizada a Árvore de Decisão, implementada em 5 estudos (Araújo *et al.*, 2019; Martins *et al.*, 2021; Rodrigues & Gouveia, 2021; Rosa *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021). Martins *et al.* (2021) usaram o algoritmo C4.5 para gerar regras de decisão e prever um aumento no Conceito Enade (CE) nos anos subsequentes com base nessas regras. O agrupamento hierárquico foi empregado tanto por Vista *et al.* (2017) quanto por Figueiro *et al.* (2017) para agrupar instituições com conceitos excelentes e ruins. Nunes (2018) utilizou microdados do Enade para treinar uma rede neural artificial (RNA) capaz de prever o CE das Instituições de Ensino Superior (IES). Além disso, Silva *et al.* (2020) aplicaram o agrupamento K-means para agrupar os

dados com base no CE e identificar quais categorias administrativas e regiões das IES apresentam conceitos mais baixos e mais altos.

Seis estudos examinaram os fatores associados ao desempenho dos estudantes no Enade. Rosa *et al.* (2021) realizaram um estudo para determinar qual algoritmo - *Árvore de Decisão*, *Random Forest* ou *Support Vector Machine (SVM)* - ofereceu uma melhor classificação dos fatores que influenciam o desempenho dos alunos. Eles determinaram esses fatores utilizando dados socioeconômicos. No cenário estudado pelos autores, o algoritmo C4.5 alcançou a maior precisão (71,54%). Por outro lado, Silva *et al.* (2021) utilizaram algoritmos de *Árvore de Decisão*, *Random Forest*, *Gradient Boosting Tree* e *Naive Bayes*, sendo que o *Naive Bayes* obteve o melhor desempenho na classificação dos fatores associados às notas, alcançando uma precisão de 98,21%. Silva *et al.* (2021) utilizaram perguntas selecionadas do Questionário do Estudante (QE) como fatores.

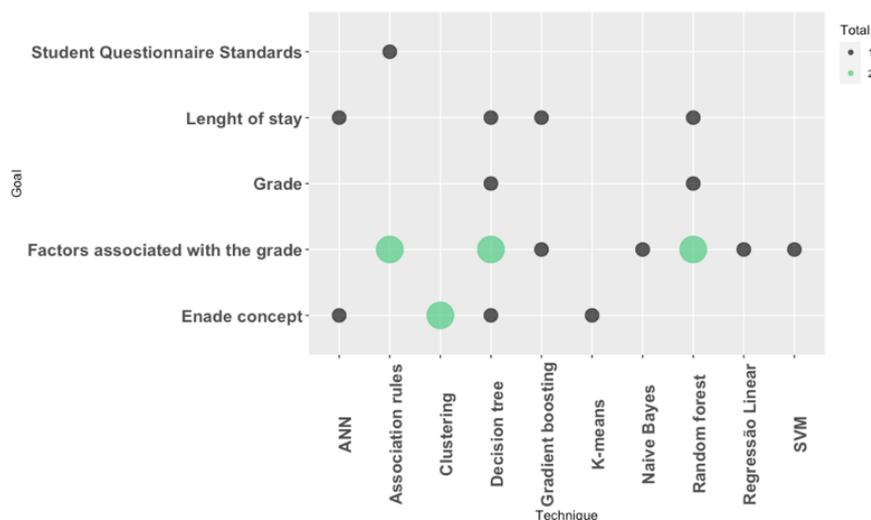
Com o mesmo propósito de investigar as características relacionadas ao desempenho dos estudantes no Enade, Silva *et al.* (2019) usaram o algoritmo *Apriori* e apresentaram dez regras de associação com um nível de confiança superior a 80% e um *lift* maior que três. Para isso, os autores utilizaram dez perguntas do QE. Da mesma forma, Tives *et al.* (2018) empregaram regras de associação e identificaram 30 regras com base no QE. Os autores descobriram que os atributos Q46, Q52, Q60, Q61 e Q62 apresentaram a maior ocorrência nas regras. Com base nisso, concluíram que esses atributos devem ser o foco para desenvolvimentos futuros nas Instituições de Ensino Superior (IES) para melhorar a qualidade da educação e aumentar a satisfação dos alunos. Por outro lado, Silva *et al.* (2017) utilizaram regressão linear para identificar variáveis associadas às notas dos alunos. Os autores identificaram 13 das 31 variáveis selecionadas que impactaram as notas dos alunos.

Em relação às notas dos estudantes, Araújo *et al.* (2019) utilizaram árvores de decisão para prever o desempenho dos alunos. O modelo de classificação que alcançou a maior precisão em seu estudo foi o CART, que obteve uma precisão de 79,78% utilizando 70% das instâncias para treinamento e 30% para teste. Para investigar as relações entre as perguntas do QE, Matos *et al.* (2020) empregaram o algoritmo *Apriori* e identificaram com sucesso 20 associações para o ano de 2014, 72 associações para 2015 e 84 para 2016. Foi possível verificar, por exemplo, que 79% dos alunos têm o mesmo perfil, consistindo em brasileiros que estudaram todos os anos do ensino médio em escolas públicas e não participaram de programas acadêmicos no exterior (Matos *et al.*, 2020). Essas regras descobertas exibiram um nível de confiança superior a 75%.

Rodrigues e Gouveia (2021) examinaram modelos considerando fatores relacionados ao tempo de permanência dos alunos. O estudo constatou que os

modelos *XGBoost* apresentaram um desempenho consistente em todos os cenários. A análise utilizou 30 atributos dos microdados do Enade em um modelo de classificação. A diferença entre o ano de conclusão do ensino médio e o ano de início da graduação do aluno foi calculada para determinar o tempo de permanência.

Figure 4 – Técnicas de *machine learning* por objetivo



Fonte: Elaboração própria.

3.5 RQ5 - Quais são as principais características dos sistemas voltados para a preparação para o Enade?

A Tabela 2 apresenta as principais características desses sistemas. Dois sistemas são plataformas web (Barbosa e Carvalho, 2020; França *et al.*, 2021), um se concentrou em um sistema desktop (Lima *et al.*, 2018), e o trabalho de Ribeiro e Costa Júnior (2020) foi projetado para plataformas web e móveis.

Os trabalhos de Barbosa e Carvalho (2020), Ribeiro e Costa Júnior (2020), Lima *et al.* (2018), França *et al.* (2021) e Santos *et al.* (2016) propuseram conjuntos de dados de questões do Enade. A intenção foi utilizar o banco de dados de questões para propor simulados e exercícios de preparação para que os alunos pudessem praticar antes das provas do Enade.

Nos estudos de Barbosa e Carvalho (2020) e Ribeiro e Costa Júnior (2020), por exemplo, professores ou administradores do sistema realizam o registro das questões. Em Lima *et al.* (2018), os responsáveis pela gestão da plataforma registram as questões; em França *et al.* (2021), tanto professores quanto alunos podem registrar questões. No entanto, se um aluno registrar uma questão, ela requer validação por um professor. Nos trabalhos de Ribeiro e Costa Júnior (2020) e Barbosa e Carvalho (2020), as questões

estão associadas às competências e conteúdos do Enade. No trabalho de Lima *et al.* (2018), as questões são classificadas por temas associados a dicionários de palavras. Santos *et al.* (2016) propuseram um sistema desktop que armazenava um banco de dados de questões inseridas por professores e gerava a prova no formato do Enade.

Nos trabalhos de Barbosa e Carvalho (2020), Ribeiro e Costa Júnior (2020) e França *et al.* (2021), os alunos podem fornecer suas respostas dentro do sistema. Nesses sistemas, relatórios de desempenho são gerados tanto para professores quanto para alunos. Barbosa e Carvalho (2020), Ribeiro e Costa Júnior (2020) e França *et al.* (2021) oferecem painéis (*dashboards*) para que os alunos apresentem seu desempenho em uma avaliação específica, enquanto os professores podem avaliar o desempenho da turma por meio de indicadores. Não encontramos, no trabalho de Lima *et al.* (2018), a utilização de *dashboards*.

Identificamos elementos de gamificação em França *et al.* (2021). Nesta plataforma, cada quiz é apresentado como um tabuleiro de jogo com um caminho a ser seguido, e o tabuleiro contém diferentes níveis de dificuldade em seus espaços.

O estudo de Lima *et al.* (2018) utilizou microdados do Inep para criar um sistema. Este sistema permite que os usuários selecionem e processem microdados específicos, categoriza automaticamente as questões do exame em temas predefinidos utilizando dicionários, calcula as notas individuais dos alunos com base nesses temas e realiza análises estatísticas. O sistema gera relatórios como produto final. Araújo *et al.* (2019) introduziram uma ferramenta automatizada de análise exploratória para os microdados do Enade, que, juntamente com um modelo de classificação, poderia prever o desempenho dos alunos e comparar cursos e instituições de ensino superior (IES).

Tabela 2 – Características dos sistemas computacionais.

Features	Barbosa; Carvalho (2020)	Ribeiro; Costa Junior (2020)	Lima <i>et al.</i> (2018)	França <i>et al.</i> (2021)	Santos <i>et al.</i> (2016)	Araújo <i>et al.</i> (2019)
Questões	X	X	X	X	X	
Dashboard	X	X		X	X	
Gamificação				X		
Machine learning						X
Microdados			X			X
Desktop			X		X	
Mobile		X				
Web	X	X		X		X
Provas online	X	X		X	X	

Fonte: Elaboração própria.

3.6 RQ6 - Quais são os benefícios e limitações dos sistemas destacados pelos autores dos artigos?

Barbosa e Carvalho (2020) e Lima *et al.* (2018) identificaram os benefícios do sistema como a facilidade em diagnosticar as competências e conteúdos dos alunos. Ribeiro e Costa Junior (2022) indicaram que o sistema poderia apoiar o processo de ensino-aprendizagem e a avaliação tanto em ambientes virtuais quanto presenciais. Além disso, França *et al.* (2021) destacaram os benefícios do uso da gamificação, que aprimorou a interatividade da ferramenta.

As limitações identificadas foram as seguintes: Barbosa e Carvalho (2020) enfatizaram a falta de aplicação de simulados regulares para diagnosticar os alunos e a necessidade de treinamento dos estudantes para responder a questões no formato do Enade. Ribeiro e Costa Junior (2022) mencionaram a ausência de uma interface de ajuda para auxiliar os usuários na compreensão do sistema. Lima *et al.* (2018) destacaram o desafio de generalizar sua proposta para cursos diferentes daquele que estudaram. Por fim, França *et al.* (2021) observaram que sua ferramenta necessitava de estratégias de aprendizado de máquina, que poderiam ter melhorado seu desempenho

4 Discussão

Esta seção apresenta uma discussão relacionada aos 32 estudos incluídos nesta pesquisa.

4.1 O uso de técnicas estatísticas com dados do Enade

A Figura 4 mostra que as técnicas estatísticas mais comuns utilizadas são estatísticas descritivas (Casitagli e Aragão, 2021; Charão *et al.*, 2020; Landes e Manhães, 2018; Lima *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2020) e regressão logística (IRT) (ALVES *et al.*, 2020; Camargo *et al.*, 2016a; Coelho, 2014; Fonseca *et al.*, 2013; Piton Gonçalves, 2020).

Esta revisão destaca o papel fundamental das análises estatísticas em estudos recentes sobre os dados do Enade. Essas análises ajudam a descrever os dados e fornecem *insights* mais claros a partir dos microdados disponíveis. Elas também abordam preocupações pedagógicas importantes, como a melhoria do processo de avaliação e o aprimoramento dos currículos dos programas. Os resultados dessas análises contribuem para discussões valiosas sobre a melhoria da qualidade dos cursos oferecidos pelas instituições educacionais, conforme observado por Charão *et al.* (2020) e Lima *et al.* (2018).

Com base nas análises dos estudos, as análises estatísticas revelaram *insights* sobre as características dos participantes do teste do Enade que não estão incluídos no relatório oficial do Inep. Os microdados foram o recurso-chave que permitiu aos pesquisadores descobrir essas informações. Estudos como o de Lima *et al.* (2018) classificaram as questões em áreas de conhecimento usando microdados; Landes e Manhães (2018) identificaram tendências de pontuação entre os alunos em diferentes cursos para avaliar a qualidade educacional; e Charão *et al.* (2020) realizaram uma exploração detalhada dos resultados por questão nos exames do Enade com o objetivo de reunir insights para a revisão do Projeto Pedagógico. Esses estudos mostram como a utilização de microdados aprimora a compreensão dos pesquisadores sobre diversos aspectos relacionados aos participantes do teste do Enade.

Além disso, um estudo empregou a Teoria de Resposta ao Item (TRI) para examinar as propriedades psicométricas do teste; dois estudos utilizaram TRI para avaliar a viabilidade de testes adaptativos; e outro estudo examinou as características das questões e as pontuações. Dois estudos avançaram ao combinar técnicas estatísticas com métodos de aprendizado de máquina, conforme destacado por Silva *et al.* (2020) e Vista *et al.* (2017).

4.2 O uso de aprendizado de máquina com dados do Enade

Em contraste com Lima *et al.* (2019), que identificaram apenas 2 estudos que utilizaram técnicas de aprendizado de máquina, este estudo apresentou dados de 14 estudos que empregaram esses métodos. A árvore de decisão foi a técnica mais comumente utilizada, aplicada em 35% dos estudos. Além disso, 71% dos estudos visaram investigar fatores associados às pontuações dos testes.

Os resultados desta revisão sistemática indicam que a utilização de técnicas de aprendizado de máquina permite a identificação de informações nos microdados do Inep que podem influenciar o desempenho dos alunos, tanto positiva quanto negativamente. Além disso, essas técnicas possibilitam a análise dos grupos sociais dos alunos com base em indicadores como a dependência administrativa das instituições de ensino superior (IES). As instituições podem usar esses dados para aprimorar seus processos de ensino e aprendizagem.

Adicionalmente, o uso de técnicas de agrupamento em alguns estudos possibilitou a identificação de semelhanças entre as instâncias analisadas e a investigação dos fatores que influenciam o desempenho, sejam eles positivos ou negativos. Essa análise fornece suporte para o desenvolvimento de intervenções educacionais mais direcionadas.

4.3 Sistemas Propostos com Foco no Enade em Computação

Esta pesquisa revelou um número limitado de propostas de sistemas dedicados ao Enade, totalizando seis artigos focados nessa área. Essas propostas variam em suas abordagens, centrando-se principalmente no uso de questionários com questões relacionadas ao Enade e na análise dos microdados do Inep. Notavelmente, apenas um desses sistemas integrou gamificação em seu design.

Esses sistemas geram relatórios de desempenho para alunos individuais e para turmas inteiras. Esses dados podem oferecer *feedback* para educadores e instituições, indicando conteúdos nos quais os alunos podem precisar de apoio adicional. Apenas um estudo, de Barbosa e Carvalho (2020), demonstrou algum tipo de impacto do uso e da avaliação no desempenho dos alunos ao longo de seus cursos de graduação. Mais pesquisas são necessárias para identificar as vantagens e desvantagens da adoção desse tipo de sistema durante o programa de graduação e seu impacto no desempenho dos estudantes no Enade.

No entanto, há espaço para a evolução desses sistemas, proporcionando avaliações mais abrangentes das competências. A incorporação de modelos que possam acompanhar o conhecimento dos alunos e demonstrar seu progresso seria um avanço substancial. Ao fazer isso, esses sistemas poderiam não apenas fornecer *feedback*, mas também permitir intervenções oportunas e direcionadas no processo de ensino e aprendizagem, em consonância com as propostas de França *et al.* (2021).

Apenas uma das propostas de sistema introduziu elementos de gamificação, que mostraram potencial para aumentar a motivação dos alunos em melhorar suas competências (França, 2021). Embora os resultados iniciais sejam encorajadores, a eficácia da gamificação nesse contexto merece investigação adicional. Vários estudos sugeriram benefícios potenciais da gamificação em ambientes educacionais (Van Elderen e Van Der Stappen, 2019), e explorar seu impacto no contexto do Enade pode fornecer percepções valiosas sobre o papel da gamificação na melhoria do engajamento e das competências dos alunos.

Estudos recentes sobre gamificação, como os de Salman *et al.* (2024), revelam uma correlação clara entre as preferências dos alunos por componentes de gamificação, como pontos e medalhas, e a necessidade de adaptação e *feedback* para aumentar a eficácia do processo educativo. Dismukhamedova *et al.* (2024) investigam a integração da gamificação com inteligência artificial, concluindo que essa combinação pode oferecer uma solução viável para os desafios enfrentados pelos alunos em relação à motivação e à retenção. Rey (2024) enfatiza o potencial transformador da gamificação, exemplificado pela aplicação CodeQuest, para a educação online em programação orientada a objetos, abordando desafios relacionados à compreensão e ao engajamento dos alunos em disciplinas técnicas.

Dessa forma, explorar o impacto da gamificação no contexto do Enade pode oferecer descobertas sobre seu papel na melhoria do engajamento e das competências dos alunos, complementando discussões sobre a eficácia da gamificação em ambientes educacionais.

5 Considerações finais

Este estudo revisou a literatura para identificar técnicas utilizadas na análise dos dados do Enade e na implementação de ações diagnósticas para as competências exigidas dos estudantes que fazem o exame. Inicialmente, foram encontrados 129 trabalhos, e após a aplicação de critérios de seleção, 32 estudos foram incluídos. Observamos que a análise dos dados do Enade é essencial para garantir a qualidade educacional, monitorar o desempenho dos estudantes, identificar lacunas de conhecimento, orientar o mercado de trabalho e promover a pesquisa acadêmica.

As implicações deste estudo são significativas, especialmente no contexto de compreensão das metodologias estatísticas e abordagens de aprendizado de máquina empregadas na avaliação dos dados do Enade e na preparação dos estudantes para o exame. Esses achados têm o potencial de fornecer percepções valiosas e benefícios tanto para as instituições de ensino superior (IES) quanto para os pesquisadores. Especificamente, podem ajudar as IES a aprimorar suas estratégias de preparação dos estudantes e análise de desempenho no exame.

Para os pesquisadores interessados em conduzir estudos relacionados ao Enade ou aqueles que exploram ferramentas recomendadas pela comunidade científica para monitorar o progresso dos estudantes no exame, os resultados deste estudo oferecem uma base de conhecimento. Essas percepções podem orientar a seleção de técnicas estatísticas e de aprendizado de máquina apropriadas para analisar os dados do Enade.

5.1 Limitações e Ameaças à Validade

Este estudo apresenta algumas limitações, pois se concentra em técnicas estatísticas, métodos de aprendizado de máquina e sistemas desenvolvidos, incluindo trabalhos publicados nos últimos 10 anos, até 2022.

Para mitigar as ameaças à validade, foram empregados métodos sistemáticos para minimizar vieses e aumentar a objetividade da análise dos resultados. Um protocolo de pesquisa foi estabelecido e discutido com especialistas da área em cada etapa do processo. No entanto, a execução do protocolo por dois pesquisadores pode introduzir um viés parcial potencial. É possível que estudos importantes não tenham

sido incluídos nesta análise, possivelmente devido a fontes não indexadas nas bases de dados utilizadas, a *string* de pesquisa não abranger certos estudos ou estudos estarem em idiomas diferentes do inglês ou português. Para mitigar essa ameaça, utilizamos bases de dados relevantes comumente usadas para revisões sistemáticas e realizamos várias tentativas para definir a *string* de pesquisa.

5.2 Perspectives and Future Directions

Nossa revisão abrange apenas o período de 2012 a 2022, conforme mencionado na Seção 5.1. No entanto, uma busca não sistemática em 2023 e 2024 demonstra a relevância contínua da análise do Enade e da aplicação de técnicas computacionais e estatísticas. Pesquisas, como a de Castilho (2024), focam na mineração de dados em cursos de Sistemas de Informação, enquanto Sanchez Trujillo (2024) e Sakashita (2023) exploram temas semelhantes em cursos de Ciência da Computação. Além disso, Guilhen (2024) investiga análise preditiva utilizando algoritmos de aprendizado de máquina com base em dados de estudantes de engenharia que realizaram o exame do Enade em 2019. Essa continuidade de pesquisas destaca a crescente importância dessas abordagens analíticas na educação.

Nesse contexto, uma nova perspectiva surge com a adoção de Inteligências Artificiais (IA) Generativas e Modelos de Linguagem em Grande Escala, como o ChatGPT. Essas ferramentas têm o potencial de desenvolver simuladores, atuar como máquinas explicativas para resolução de problemas e fornecer referências de estudo para estudantes se preparar para o exame. Por exemplo, Mendonça (2024) demonstrou que a versão 4.0 do ChatGPT alcançou pontuações comparáveis às dos melhores participantes humanos do Enade 2021 para o curso de Bacharelado em Ciência da Computação, destacando-se em questões abertas e de múltipla escolha que incluíam elementos visuais. Esse desempenho não apenas ilustra a eficácia dessas tecnologias, mas também ressalta o potencial da IA no Enade, oferecendo suporte para tarefas como sistemas de tutoria avançados, avaliações educacionais alinhadas às necessidades dos estudantes e experiências de aprendizagem personalizadas voltadas para a preparação para o exame.

5.3 Trabalhos futuros

Trabalhos futuros podem envolver o desenvolvimento de modelos computacionais voltados para o diagnóstico do desempenho dos alunos com base nas competências avaliadas pelo Enade. Ao usar técnicas de aprendizado de máquina e análise de dados, esses modelos podem proporcionar uma compreensão mais profunda dos pontos fortes e fracos dos alunos, permitindo intervenções e suporte mais direcionados. Esses modelos têm o potencial de aumentar a eficácia dos programas e intervenções educacionais.

Outra área promissora para exploração é a aplicação de processamento de linguagem natural (PLN) para automatizar a classificação de questões do Enade. A classificação automatizada de questões pode agilizar o processo de organização e categorização das perguntas com base em seu conteúdo e dificuldade, facilitando o acesso a materiais relevantes por educadores e alunos. Isso poderia melhorar significativamente a eficiência da preparação para exames e aprimorar a experiência geral de aprendizado.

Além disso, esta pesquisa sugere a avaliação da implementação de conceitos de teste adaptativo em sistemas de preparação para o Enade. O teste adaptativo envolve ajustar a dificuldade das questões ao desempenho individual do aluno, garantindo uma experiência de aprendizado mais personalizada e eficaz. Investigar a viabilidade e a eficácia de tais sistemas adaptativos podem levar ao desenvolvimento de ferramentas de preparação para exames centradas no aluno.

Referências

ALVES, Kauê Tortato. **Análise das propriedades psicométricas da prova de conhecimentos específicos de licenciatura em ciências biológicas no Enade 2020**. Dissertação (Mestrado em Métodos e Gestão em Avaliação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em:

<https://mobile.repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/216664/PMGA0048-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 nov. 2024.

ARAUJO, Antonia Amanda *et al.* Diferencial de desempenho dos estudantes cotistas no Exame Nacional de Desempenho de Estudantes: evidências sobre as instituições de ensino superior federais. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 25, e250064, 2020.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/sDcnBvg4kNMDsLnZZWMMX7R/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 7 nov. 2024.

ARAÚJO, Rodrigo Alexandrino *et al.* **Análise dos microdados do Enade**: proposta de uma ferramenta de exploração utilizando mineração de dados. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. Disponível em:

<https://repositorio.bc.ufg.br/tesdeserver/api/core/bitstreams/cd220565-f157-4617-a71d-faeb36defa70/content>. Acesso em: 7 nov. 2024.

BARBOSA, Pedro Luis Saraiva; CARVALHO, Windson Viana. Uso continuado de ferramenta computacional baseada em questões do ENADE para a avaliação diagnóstica de alunos do curso de Sistemas de Informação: um estudo de caso. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 31, 2020. [Anais]. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2020. p. 1743-1752. Disponível em:

<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/12930/12784>. Acesso em: 7 nov. 2024.

BRASIL. Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, Presidência da República, 14 de abril de 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.861.htm. Acesso em: 7 nov. 2024.

CAMARGO, Raphael Vinicius Weigert *et al.* Desempenho dos alunos de ciências contábeis na prova ENADE/2012: uma aplicação da Teoria da Resposta ao Item. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade (REPeC)**, Brasília, v. 10, n. 3, art. 6, p. 332-355, jul./set. 2016. Disponível em: <https://www.repec.org.br/repec/article/view/1401/1183>. Acesso em: 7 jun. 2024.

CASITAGHI, Bruna; ARAGÃO, Júlio César Soares. Avaliação do ensino superior brasileiro: desempenho dos estudantes em formação geral. **Revista Portuguesa de Educação**, Braga, v. 34, n. 1, 2021. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/rpe/article/view/20821/18429>. Acesso em: 7 jun. 2024.

CASTILHO, Mércia de Souza Maguerroski. **Análise de perfil, desempenho e provas do ENADE do curso de Sistemas de Informação da UFSC**. 2024. TCC (Graduação em Sistemas de Informação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

CHARÃO, Andrea S. *et al.* Explorando resultados por questão no Enade em ciência da computação para subsidiar revisão de projeto pedagógico de curso. *In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO (WEI)*, 28, 2020. [Anais]. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2020. p. 16-20. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/11121/10992>. Acesso em: 7 nov. 2024.

COELHO, Edy Célia. **Teoria da resposta ao item: desafios e perspectivas em exames multidisciplinares**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/36872/R%20-%20T%20-%20EDY%20CELIA%20COELHO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 7 nov. 2024.

CUNHA, Renan; SALES, Claudomiro; SANTOS, Reginaldo. Análise automática com os microdados do ENADE para melhoria do ensino dos cursos de ciência da computação. *In: WORKSHOP SOBRE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO*, 29, Porto Alegre. [Anais]. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Computação (SBC), 2021. p. 208-217. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/15912/15753>. Acesso: 7 nov. 2024.

DIAS SOBRINHO, José. Avaliação e transformações da educação superior brasileira (1995-2009): do provão ao SINAES. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas; Sorocaba, v. 15, n. 1, p. 195-224, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/SkVnKQhDyk6fkNngwvZq44c/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 7 nov. 2024.

DUSMUKHAMEDOVA, Shoira *et al.* A novel based design of ai kind of models for gamification in enhanced learning type of environment. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON*

ADVANCE COMPUTING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN ENGINEERING (ICACITE), 4., 2024. [Anais]. [s. l.] IEEE, 2024. p. 584-588. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/383010887_A_Novel_Based_Design_of_AI_kind_of_Models_for_Gami-Fication_in_Enhanced_Learning_type_of_Environment. Acesso em: 7 nov. 2024.

EUROPEAN ASSOCIATION FOR QUALITY ASSURANCE IN HIGHER EDUCATION (ENQA). Standards and guidelines for quality assurance in the European Higher Education Area (ESG). Brussels, 2015. Disponível em: https://www.enqa.eu/wp-content/uploads/2015/11/ESG_2015.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

FIGUEIRO, Michele Ferraz *et al.* Análise de agrupamento hierárquico aplicada aos microdados do ENADE do curso de graduação em Ciência da Computação. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**, Rio Grande do Sul, v. 1, n. 8, p. 1-13, 2017. Disponível em: <https://revistas.setrem.com.br/index.php/reabtic/article/view/267>. Acesso em: 7 nov. 2024.

FONSECA, Luís Carlos Costa; ALMADA COUTINHO, Lidinalva; SANTOS, Lanyllo Araujo. Ferramenta para estimar a proficiência de indivíduos baseada na teoria de resposta ao item. **A RENOTE - Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 1-11, jul. 2013. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/41680>. Acesso em: 7 nov. 2024.

FRANÇA, Tarsys Fonseca *et al.* TôSabendo: a platform to create engaging teaching and learning experiences. *In: LATIN AMERICAN CONFERENCE ON LEARNING TECHNOLOGIES (LACLO)*, 16., 2021, Peru. **Anais** [...]. Peru: IEEE, 2021. p. 275-281.

GUILHEN, Bruno Anselmo. **Avaliação de algoritmos para a análise preditiva das notas de Engenharia no ENADE utilizando dados socioeconômicos**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciências – Engenharia Elétrica e Sistemas Digitais) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo – USP, 2024.

INEP. Conceito Enade. Brasília: Inep, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/indicadores-de-qualidade-da-educacao-superior/conceito-enade>. Acesso em: 11 out. 2023.

INEP. Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade). Brasília, MEC, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enade>. Acesso em: 11 out. 2023.

INEP. **Microdados do Enade 2017 (Atualizado em 30/6/2022)**. Brasília: Inep, 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/area-de-atuacao/dados-abertos/microdados/enade>. Acesso em: 7 nov. 2024.

KEELE, Staffs *et al.* Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Keele: ST5, 2007. Disponível em: https://legacyfileshare.elsevier.com/promis_misc/525444systematicreviewsguide.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

LANDES, Flávio Barreiro; MANHÃES, Laci Mary Barbosa. Análise dos exames do ENADE para os cursos de computação utilizando o software R. **Revista do Seminário Internacional de Estatística com R**, Niterói, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.uff.br/anaisdoser/article/view/29225>. Acesso em: 7 nov. 2024.

LIMA, Priscila da Silva Neves *et al.* Análise de conteúdo das provas do Enade para os alunos do curso de Bacharelado em Ciência da Computação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 29, p. 385-413, 2021. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/2981>. Acesso em: 7 nov. 2024.

LIMA, Priscila da Silva Neves *et al.* Análise de dados do Enade e Enem: uma revisão sistemática da literatura. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas; Sorocaba, v. 24, n. 1, p. 89-107, mar./maio 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/L4J43gBxhXmjYhT5cX6BTTM/>. Acesso em: 7 nov. 2024.

LIMA, Priscila da Silva Neves *et al.* Content analysis of student assessment exams. **Frontiers in Education Conference (FIE)**, San Jose, p. 1-9, oct. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329131186_Content_Analysis_of_Student_Assessment_Exams. Acesso em: 7 nov. 2024.

LOPES, Fernanda Luzia; VENDRAMINI, Claudette Maria Medeiros. Propriedades psicométricas das provas de pedagogia do ENADE via TRI. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas; Sorocaba, v. 20, n. 1, p. 27-47, mar. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/64h6cvwZrKPR9v4P4nChZ6t/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MARTINS, Ernane Rosa; ALARCÃO, Davi Taveira Alencar; VIEIRA, Sibeliuss Lellis. Descoberta de conhecimento aplicado ao Enade. *In*: MARTINS, Ernane Rosa (org.). **Engenharia de produção: gestão de qualidade, produção e operações**. Guarujá: Científica Digital, 2021. v. 2. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/211006382.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MATOS, A. M *et al.* Mineração dos dados do Enade: avaliação do questionário do estudante das instituições do norte do Brasil. *In*: ECOINFO – CONGRESSO DE COMPUTAÇÃO E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, 20., 2020. [Anais]. Universidades Luterana do Brasil, Palmas, 2020. Disponível em: <https://ulbra-to.br/encoinfo/wp-content/uploads/2020/03/Minera%C3%A7%C3%A3o-dos-Dados-do-Enade-Avalia%C3%A7%C3%A3o-do-question%C3%A1rio-do-estudante-das-Institui%C3%A7%C3%B5es-do-Norte-do-Brasil.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MEDEIROS FILHO, Antonio Evanildo Cardoso. Percepção discente e desempenho dos estudantes dos cursos de licenciatura em Educação Física no Enade 2017. 2019. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional) – Universidade Estadual do Ceará, 2019. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=84781>. Acesso em: 7 de novembro de 2024.

MELGUIZO, Tatiana; WAINER, Jacques. Toward a set of measures of student learning outcomes in higher education: evidence from Brazil. **Higher Education**, v. 72, p. 381-401, 2016. DOI 10.1007/s10734-015-9963-x. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10734-015-9963-x>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MENDONÇA, Nabor C. Evaluating ChatGPT-4 Vision on Brazil's National Undergraduate Computer Science Exam. **ACM Transactions on Computing Education**, Nova York, v. 24, n. 3, p. 1-56, 2024. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3674149>. Acesso em: 7 nov. 2024.

NUNES, Ricardo Tocantins Modugno. Cálculo preditivo de classificação das notas do enade utilizando redes neurais artificiais. **RTA - Revista de Tecnologia Aplicada**, Campo Limpo Paulista, SP, v. 7, n. 2, p.71-81, 2018. Disponível em: <https://www.cc.faccamp.br/ojs-2.4.8-2/index.php/RTA/article/view/1171>. Acesso em: 7 nov. 2024.

PITON-GONCALVES, Jean. Testes adaptativos para o Enade: uma aplicação metodológica. **Revista Meta: Avaliação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 665-688, 2020. Disponível em: <https://revistas.cesgranrio.org.br/index.php/metaavaliacao/article/view/2735>. Acesso em: 7 nov. 2024.

RALPH, Paul; BALTES, Sebastian. Paving the way for mature secondary research: the seven types of literature review. *In: PROCEEDINGS OF THE 30TH ACM JOINT EUROPEAN SOFTWARE ENGINEERING CONFERENCE AND SYMPOSIUM ON THE FOUNDATIONS OF SOFTWARE ENGINEERING*, 22., 2022. [Anais]. Singapore, 2022. p. 1632-1636. Disponível em: <http://assets.empirical-software.engineering/pdf/fse22-literature-reviews.pdf>. Acesso em: 7 nov. 2024.

REY, William P. CodeQuest mobile app: a comprehensive analysis of system performance and user evaluation for enhanced learning experiences. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGIES IN EDUCATION (ICCCBDA)*, 6., 2024. [Anais]. [s. l.], 2024. p. 6-10. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/381808092_CodeQuest_Mobile_App_A_Comprehensive_Analysis_of_System_Performance_and_User_Evaluation_for_Enhanced_Learning_Experiences. Acesso em: 7 nov. 2024.

RIBEIRO, Tiago C.; COSTA JUNIOR, Wilson F. **Plataforma para auxílio na preparação de estudantes para as avaliações do ENADE e POSCOMP**. 2020. TCC (Graduação em Ciência da Computação) – Instituto Federal de Santa Catarina, 2020. Disponível em: https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2458/Tiago_C_Ribeiro%3bWilson_F_C_Junior_TCCGRAD_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 7 nov. 2024.

RODRIGUES, Ebony M.; GOUVEIA, Roberta M. M. Técnicas de machine learning para predição do tempo de permanência na graduação no âmbito do ensino superior público brasileiro. *In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO*, 6., 2021. [Anais]. Sociedade Brasileira de Computação, Pau dos Ferros, RN, 2021. p. 128-137. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrlr/article/view/17557>. Acesso em: 7 nov. 2024.

ROSA, Eliene Ribeiro *et al.* Estudo exploratório através de análises longitudinais aplicado à ciência da computação a partir da base de dados do ENADE. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 29, p. 1463-1486, 2021. Disponível em: <https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/2073>. Acesso em: 7 nov. 2024.

RYBINSKI, Krzysztof. Are rankings and accreditation related? Examining the dynamics of higher education in Poland. **Quality assurance in education**, Reino Unido, v. 28, n. 3, p. 193-204, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/qa-03-2020-0032/full/html>. Acesso em: 7 nov. 2024.

RYBINSKI, Krzysztof. Assessing how QAA accreditation reflects student experience. **Higher Education Research & Development**, Londres, v. 41, n. 3, p. 898-918, 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07294360.2021.1872058>. Acesso em: 7 nov. 2024.

SAKASHITA, Renan GA; BERTOLINI, Diego; SCHWERZ, André Luis. Predição do conceito ENADE dos cursos de computação no Brasil. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 34., 2023. [Anais]. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2023. p. 1305-1316. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/26756>. Acesso em: 7 nov. 2024.

SALMAN, Osama K. *et al.* Tailoring gamification to individual learners: A study on personalization variables for skill enhancement. **International Journal of Data and Network Science**, Canada, v. 8, n. 2, p. 789-796, 2024. Disponível em: https://www.growingscience.com/ijds/Vol8/ijdns_2023_250.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

SANCHEZ TRUJILLO, Daniel Erick. Mineração de dados aplicada ao Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE). 2024. TCC (Graduação em Engenharia da Computação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2024. Disponível em: https://164.41.168.37/bitstream/10483/38462/1/2024_DanielErickSanchezTrujillo_tcc.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

SANTOS, Agenor Sousa; DANTAS, Maria José Pereira; MACHADO, Ricardo Luiz. Structural equation modeling applied to assess industrial engineering students' satisfaction according to ENADE 2011. **Production**, São José dos Campos, SP, v. 27, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/vn8pYS3cW5qmB7h7x3MG9mp/?lang=en>. Acesso em: 7 nov. 2024.

SANTOS, Perycles Jannser Lopes *et al.* **E-prova**: sistema para elaboração de avaliações no padrão Enade. Brasília: MEC, 2016.

SILVA, Alexander Figueiredo; HOED, Raphael Magalhães; SARAIVA, Pedro Fábio. Análise do desempenho dos alunos de cursos superiores em computação no enade - uma abordagem usando mineração de dados. CONFERÊNCIAS IADIS IBERO-AMERICANAS WWW/INTERNET E COMPUTAÇÃO APLICADA, Lisboa, 2019. Anais [...]. Lisboa, Portugal: IADIS, 2019. p. 207-214. Disponível em:

https://www.iadisportal.org/components/com_booklibrary/ebooks/201914L026.pdf. Acesso em: 7 nov. 2024.

SILVA, I; SILVA, M; COSTA NETO, P. Descoberta dos fatores preditivos de sucesso dos alunos do Curso de Tecnologia em Logística, nos exames do Enade, por meio da Mineração de Dados Educacionais. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK ENTERPRISES AND LOGISTICS MANAGEMENT*, 2., 2021. [Anais]. São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351457514_Descoberta_dos_fatores_preditivos_de_sucesso_dos_alunos_do_Curso_de_Tecnologia_em_Logistica_nos_exames_do_ENADE_por_meio_da_Minerao_de_Dados_Educacionais. Acesso em: 7 nov. 2024.

SILVA, Jesaías Carvalho Pereira *et al.* Data analysis of the performance of Brazilian higher education medicine courses. **The ACM Digital Library**, New York, n. 13, p. 1-8, 2020. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3401895.3401922>. Acesso em: 7 nov. 2024.

SILVA, L. G. F.; ROCHA, M. E. P. S.; FAGUNDES, RA de A. ENADE: Math and Science Students' Performance Analysis. **IEEE Latin America Transactions**, Estados Unidos, v. 15, n. 9, p. 1742-1746, 2017. DOI 10.1109/TLA.2017.8015081. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8015081>. Acesso em: 7 nov. 2024.

STONE, Patricia W. Popping the (PICO) question in research and evidence-based practice. **Applied nursing research**, Amsterdam, 15, n. 3, p. 197-198, ago. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0897189702000101?via%3Dihub>. Acesso em: 7 nov. 2024.

TIVES, Heloise Acco *et al.* Mining Enade data from the Ulbra network institution. *In: INFORMATION technology: new generations*. [s. l.]:Springer International Publishing, 2018. p. 287-294. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324503235_Mining_ENADE_Data_from_the_Ulbra_Network_Institution. Acesso em: 7 nov. 2024.

VAN ELDEREN, Jan; VAN DER STAPPEN, Esther. The potential impact of gamification elements on the acceptance of technology in the context of education: a literature review. *CONFERÊNCIA BLED, HUMANIZANDO A TECNOLOGIA PARA UMA SOCIEDADE SUSTENTÁVEL*, 32., 2019, ESLOVÊNIA. p. 177-201. **Anais [...]**. ESLOVÊNIA: BLED, 2019. Disponível em: <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1009&context=bled2019>. Acesso em: 7 nov. 2024.

VISTA, Nicolas Pastorio Boa; FIGUEIRÓ, Michele Ferraz; CHICON, Patricia Mariotto Mozzaquatro. Técnicas de mineração de dados aplicadas aos microdados do ENADE para avaliar o desempenho dos acadêmicos do curso de Ciência da Computação no Rio Grande do Sul utilizando o software R. *In: SEMINÁRIO DE PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA*, 1., 2017. [Anais]. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/T%C3%A9cnicas-de-minera%C3%A7%C3%A3o-de-dados-aplicadas-aos-do-o-o-Vista-Figueir%C3%B3/f4d64fd50a1484134afe250503d22ab5699b1ac2>. Acesso em: 7 nov. 2024.

Contribuição dos(as) autores(as)

Pedro Luis Saraiva Barbosa – Conceituação; curadoria de dados; análise formal; investigação; visualização; escrita.

Gabriela Nayara Duarte Oliveira Damazio – Curadoria de dados; investigação.

Windson Viana de Carvalho – Conceituação; metodologia; administração de projetos; supervisão; validação.

Rafael Augusto Ferreira do Carmo – Metodologia; supervisão; validação.

Evandro Nogueira de Oliveira – Redação.