

Estado da publicação: Não informado pelo autor submissor

FATORES ASSOCIADOS À RETENÇÃO E À EVASÃO NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UFC

Carlos Alex Martins Oliveira, João Cesar Moura Mota, Thomaz Edson Veloso da Silva, Gisele
Azevedo de Araújo Freitas, Wagner Bandeira Andriola

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.9175>

Submetido em: 2024-06-18

Postado em: 2024-06-26 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

FATORES ASSOCIADOS À RETENÇÃO E À EVASÃO NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UFC

CARLOS ALEX MARTINS OLIVEIRA¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6330-9845>
<calexmo@hotmail.com>

JOÃO CESAR MOURA MOTA¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9890-2982>
<mota@gtel.ufc.br>

THOMAZ EDSON VELOSO DA SILVA¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0889-7564>
<thomazveloso@gmail.com>

GISELE AZEVEDO DE ARAÚJO FREITAS¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0986-5997>
<gisele.azevedo@ufc.br>

WAGNER BANDEIRA ANDRIOLA¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6459-0992>
<w_andriola@ufc.br>

¹ Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, Ceará (CE), Brasil.

RESUMO: Este artigo científico investigou os fatores associados à retenção e à evasão no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC), utilizando a abordagem da Educometria. A análise da estrutura curricular revelou uma complexa rede de pré-requisitos entre disciplinas, destacando a necessidade de construção de um Grafo para visualização mais clara dessa dependência. Os resultados apontaram que disciplinas pré-requisito do primeiro ano exercem impacto significativo na trajetória acadêmica, evidenciando-se uma distribuição desfavorável dessas disciplinas ao longo do curso. A pandemia de COVID-19 emergiu como um elemento disruptivo, alterando significativamente o padrão de progressão dos estudantes. A falta de pré-requisitos em disciplinas do 8º semestre foi identificada, sugerindo a possibilidade de redistribuição para aliviar a carga inicial dos alunos. Caminhos acadêmicos críticos foram delineados, destacando áreas de potencial retenção e evasão. As considerações finais enfatizaram a necessidade de assistência social, psicológica e pedagógica aos estudantes, especialmente os ingressantes. Em síntese, a pesquisa revelou nuances complexas na estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica da UFC, fornecendo ideias valiosas para gestores acadêmicos e delineando áreas de intervenção para aprimorar a progressão e diminuir a retenção dos estudantes ao longo do curso. O estudo sugere como trabalho futuro: investigações, incluindo a análise conjunta de matrizes e a exploração do impacto do ensino remoto e desigualdades de acesso à internet.

Palavras-chave: educação superior, avaliação, educometria, evasão, retenção.

FACTORS ASSOCIATED WITH RETENTION AND DROPOUT IN THE ELECTRICAL ENGINEERING UNDERGRADUATE PROGRAM AT UFC

ABSTRACT: This scientific article investigated factors associated with retention and dropout in the Electrical Engineering undergraduate program at the Federal University of Ceará (UFC), employing Educometrics. The analysis of the curriculum structure revealed a complex network of prerequisites among courses, highlighting the need to construct a Graph for an intelligible visualization of this dependency. Results indicated that first-year prerequisite courses significantly impact academic trajectories, showcasing an unfavorable distribution of these courses throughout the undergraduate program. The COVID-19 pandemic emerged as a disruptive element, significantly altering students' progression patterns. The absence of prerequisites seen in the 8th-semester courses suggests the possibility of redistribution to alleviate the initial workload on students. Critical academic pathways were delineated, highlighting areas of potential retention and dropout. Final considerations emphasized the need for social, psychological, and pedagogical support for students, especially newcomers. In summary, research unveiled complex nuances in the curriculum structure of the Electrical Engineering undergraduate program at UFC, providing valuable ideas for academic managers and outlining areas for intervention to enhance students' progression and retention throughout the program. The study suggests future works such as: investigations, including the joint analysis of matrices and exploration of the impact of remote teaching and inequalities in internet access.

Keywords: higher education, evaluation, educometrics, dropout, retention.

FACTORES ASOCIADOS A LA RETENCIÓN Y AL ABANDONO EN LA ENSEÑANZA DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA UFC

RESUMEN: Este artículo científico investigó los factores asociados a la retención y al abandono en la enseñanza de grado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal do Ceará (UFC), utilizando el enfoque de la Educometría. El análisis de la estructura curricular reveló una compleja red de requisitos previos entre las asignaturas, destacando la necesidad de construir un gráfico para visualizar más claramente esta dependencia. Los resultados revelaron que las asignaturas que son requisito previo en el primer año tienen un impacto significativo en la trayectoria académica, con una distribución desfavorable de estas asignaturas a lo largo del curso. La pandemia COVID-19 apareció como un elemento perturbador, alterando significativamente el estándar de progresión de los estudiantes. Se identificó la falta de requisitos previos en las asignaturas del 8º semestre, sugiriendo la posibilidad de redistribución para aliviar el esfuerzo inicial de los estudiantes. Se esbozaron itinerarios académicos críticos, destacando áreas de potencial retención y abandono. Las consideraciones finales hicieron hincapié en la necesidad de asistencia social, psicológica y pedagógica para los estudiantes, especialmente los recién llegados. En resumen, la investigación reveló matices complejos en la estructura curricular de la enseñanza de grado en Ingeniería Eléctrica de la UFC, proporcionando información valiosa para los gestores académicos y esbozando áreas de intervención para mejorar la progresión y reducir la retención de estudiantes a lo largo del curso. El estudio sugiere como trabajos

futuros: investigaciones, incluido el análisis conjunto de matrices de datos académicos y la exploración del impacto de la enseñanza remota y el acceso desigual a Internet.

Palabras clave: educación superior, evaluación, educometría, abandono, retención.

INTRODUÇÃO

Desde a criação do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) (BRASIL, 2007), observou-se ampliação do acesso ao ensino superior, seja por meio da ampliação dos *campi* das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) ou do crescimento das Instituições de Ensino Superior (IES) privadas (ARAÚJO, 2016), com pesquisas indicando os impactos positivos dessa Política Pública (FROM; ANDRADE, 2019; SALLES *et al.*, 2019; ANDRIOLA, 2021). De acordo com dados do censo da educação superior, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), o número de matrículas no ensino superior público e privado saltou de 5,8 milhões em 2008 para 9,4 milhões em 2022 (BRASIL, 2009; 2023).

Contraopondo-se à expansão do acesso ao ensino superior, nos anos recentes verificou-se redução anual do orçamento público destinado ao financiamento das IFES. No caso do grupo de despesas denominado “outras despesas correntes”, que são aquelas destinadas ao custeio e à assistência estudantil das Universidades Federais, houve redução de R\$ 4,2 bilhões entre os anos de 2018 e 2022 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO, 2022).

Por outro lado, segundo o estudo *Education at a Glance* (Um olhar sobre a educação), elaborado pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) em parceria com o INEP, o gasto anual do governo brasileiro por estudante universitário é de US\$ 14,7 mil, aproximadamente a média dos países da OCDE que é de US\$ 14,8 mil¹ (OCDE, 2023).

Conforme mostra o *Education at a Glance* (OCDE, 2023), o governo brasileiro gasta mais do que países como Austrália, Canadá, Coreia do Sul e Irlanda. Apesar do alto volume de recursos públicos investidos no estudante universitário, apenas 22% dos jovens brasileiros entre 25 e 34 anos têm diploma de graduação² (OCDE, 2023), como resultado de IES com elevados índices de evasão discente e ineficiência nos processos formativos que acarretam a diplomação desses alunos no tempo previsto nos Projetos Pedagógicos dos Cursos (ANDRIOLA, 2003a; 2009a).

Pesquisas recentes na área da Educação têm explorado a multidimensionalidade da evasão no ensino superior e sua associação aos baixos índices de diplomação do alunado (SANTOS JUNIOR; REAL, 2020; CUNHA *et al.*, 2023; FERRAZZA *et al.*, 2023), com algumas debruçando-se sobre as nefastas consequências entre os alunos cotistas (ANDRIOLA; ARAÚJO, 2023). Santos Junior e Real (2020) constataram que as reprovações nas disciplinas do primeiro ano nos cursos são fatores determinantes para a evasão, podendo indicar diversas dificuldades na transição da educação básica para o ensino superior.

¹ Gasto anual do governo por estudante em instituições públicas de ensino superior no ano de 2020 (tradução dos autores). O valor é calculado em dólar americano com base na Paridade de Poder de Compra, taxa de conversão usada pela OCDE para comparação internacional.

² Escolaridade dos jovens entre 25 e 34 anos por nível de ensino no ano de 2022 (tradução dos autores).

Andriola e Araújo (2021) e Ferraza *et al.* (2023) identificaram que a falta de integração social e o baixo engajamento acadêmico são fatores que contribuem para a decisão do estudante de graduação abandonar o curso. Cunha *et al.* (2023) apontaram a insuficiência da assistência estudantil como importante fator associado à intencionalidade de evasão, especialmente entre aqueles estudantes que se encontram em vulnerabilidade social.

Além disso, Cunha *et al.* (2023) exploraram a relação dos seguintes aspectos com a intenção do estudante abandonar o curso: metodologia de ensino, forma de avaliação e matriz curricular. Segundo estes autores, a aplicação de metodologias tradicionais centradas no professor inibe o protagonismo estudantil e gera desinteresse. Ademais, os estudantes participantes da enquete relataram que, embora alguns docentes utilizassem metodologias ativas em sala de aula, continuavam adotando práticas avaliativas tradicionais, o que parece influenciar a intencionalidade de evasão. Por fim, o distanciamento da matriz curricular das novas demandas da sociedade faz com que os estudantes se sintam despreparados para o mundo do trabalho (ROCHA; LIMA; ANDRIOLA, 2020; NUNES, *et al.*, 2017; CUNHA *et al.*, 2023).

Nesse sentido, o curso de Engenharia Elétrica, assim como muitos outros cursos de engenharia, enfrenta desafios significativos relacionados à retenção e evasão de estudantes. A elevada complexidade individual das disciplinas e os modelos acadêmicos implantados apresentam potencial para contribuir para as dificuldades na progressão dos alunos ao longo do curso (SILVA *et al.*, 2012). A retenção e a evasão acadêmica são fenômenos multifacetados que afetam não apenas o desenvolvimento individual dos estudantes, mas também têm implicações para as instituições de ensino superior (ANDRIOLA; ANDRIOLA; MOURA, 2006). No contexto específico do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará (UFC), é crucial compreender os fatores que influenciam esses fenômenos, visando a implementação de estratégias eficazes para melhorar a qualidade do ensino e promover a conclusão do curso por parte dos estudantes.

Para tanto, os pesquisadores educacionais podem empregar abordagens qualitativas, quantitativas e mistas para investigar não só o currículo como outras nuances do contexto educacional. Apesar de alguns pesquisadores educacionais discordarem da aplicação de modelos estatísticos no estudo do processo educacional, as avaliações em larga escala não só provam que eles são úteis, como também mostram como considerar as análises dos dados coletados para orientar as políticas públicas em educação em todo o mundo (SILVA; MOTA, 2020). Sendo assim, a educometria é útil para avaliar tanto os resultados da aprendizagem dos alunos como o desempenho dos gestores acadêmicos, pois esta se configura como campo de pesquisa científica que utiliza modelos matemáticos e estatísticos para analisar os contextos e resultados da aprendizagem em um sistema integrado.

Diante do exposto, a pesquisa exploratória proposta neste trabalho buscou examinar por meio de técnicas como análise de componentes principais (PCA) baseada em grafos a situação do curso de graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC), partindo da seguinte pergunta norteadora: Qual a relação entre a estrutura curricular do curso e a diplomação dos seus estudantes?

Dentre as hipóteses levantadas, destacam-se desde a influência da oferta temporal das disciplinas no rendimento do estudante de graduação, até a organização das disciplinas pré-requisito que apresentam potencial de atrasar a progressão dos estudantes para os semestres subsequentes em

caso de reprovação, incrementando, conseqüentemente, a probabilidade de atraso na diplomação deste alunado.

Assim, o objetivo desta pesquisa consistiu em explorar a estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica do CT da UFC, visando identificar as causas subjacentes à retenção e à evasão dos seus estudantes, com base em determinado período de observação.

Este artigo está organizado em seis seções. Após a introdução, a segunda seção apresenta um breve histórico da avaliação educacional. A terceira seção aborda a configuração da educometria como campo de estudos. A quarta seção descreve os procedimentos metodológicos empregados na coleta e análise dos dados. A quinta seção discute os resultados encontrados. A última seção apresenta as considerações finais, consolidando a organização e contribuições do artigo para a compreensão da dinâmica educacional no contexto analisado.

AValiação EDUCACIONAL

Ralph W. Tyler se tornou referência no campo da avaliação educacional graças aos seus trabalhos pioneiros sobre teoria, construção e implementação de currículos educacionais, destacando a função social destes (TYLER, 1949). Tyler concebia o currículo como “um conjunto de experiências educacionais diversificadas que deveriam ser planejadas de forma a levar os alunos à concretização de determinados objetivos” (VIANNA, 2014, p. 18).

Para Tyler, o objetivo da avaliação educacional seria subsidiar os professores no aperfeiçoamento das matrizes curriculares e no desenvolvimento de técnicas para mensurar a coerência entre o currículo e as capacidades desenvolvidas pelos estudantes. O pesquisador influenciou a criação e a implementação de testes padronizados na América do Norte no contexto posterior à Segunda Guerra Mundial e durante a Guerra Fria.

Apesar da grande quantidade de dados coletados, poucas informações foram utilizadas para solucionar os problemas educacionais norte-americanos, o que suscitou posicionamentos críticos de alguns avaliadores educacionais, dentre os quais Lee Joseph Cronbach, Michael Scriven e Robert Stake, dentre outros, os quais advertiram ser inadequado avaliar a eficiência do currículo após a sua implementação, desconsiderando muitos outros elementos relevantes da realidade educacional (MOHAN, 2016).

Com a aprovação do *Elementary and Secondary Education Act* (Lei do Ensino Fundamental e Médio – ESEA – sigla em inglês) em 1965, a avaliação educacional ganha notória relevância, pois a partir desse momento todos os programas educacionais financiados pelo governo americano seriam obrigatoriamente avaliados. Tal imposição gerou improvisações e os professores americanos se viram obrigados a avaliar suas práticas pedagógicas da noite para o dia.

Para Vianna (2014), a aprovação do ESEA impulsionou o aprimoramento da avaliação educacional, pois permitiu identificar que certos métodos e instrumentos eram inadequados para avaliar o alcance dos objetivos educacionais. Ademais, os sucessivos êxitos e fracassos na avaliação de programas e sistemas de ensino propiciaram a definição de diretrizes para a avaliação educacional pelo *Joint Committee on Standards for Educational Evaluation* (Comitê Misto sobre Diretrizes para a Avaliação Educacional).

No Brasil, o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) propunha a avaliação institucional como cultura de emancipação e melhoria da qualidade do ensino, assim como subsídio para os processos de autorização, credenciamento, recredenciamento, e descredenciamento de cursos e instituições de Ensino Superior pelo Ministério da Educação (BRASIL, 2004), cuja metodologia “se subdivide em três macro-procedimentos: Avaliação Institucional (interna e externa), Avaliação dos Cursos de Graduação (ACG) e Exame Nacional de Avaliação do Desempenho dos Estudantes (ENADE)” (ANDRIOLA, 2008, p. 140). Para tanto, cada IES precisou constituir uma Comissão Própria de Avaliação (CPA), composta por representantes de toda a comunidade acadêmica, com o fito de planejar, executar, impulsionar e consolidar a atividade de avaliação institucional e de cursos (ANDRIOLA, 2012).

A Universidade Federal do Ceará (2024) dispõe da Comissão Própria de Avaliação Institucional (CPA) cujas ações são realizadas a partir de dados quantitativos e qualitativos obtidos em pesquisas documentais, de campo e nos indicadores internos e externos, monitorados pela UFC. A CPA é composta por discentes, docentes e técnico-administrativos, os quais são os agentes internos da universidade engajados nas atividades finalísticas (o ensino, a pesquisa e a extensão) e nas atividades meio, que incluem dentre outras:

- a) a gestão administrativa e de pessoal;
- b) o planejamento estratégico institucional;
- c) a sustentabilidade financeira;
- d) as políticas internas voltadas ao combate à evasão discente;
- e) a adequação das bibliotecas, dos laboratórios e das salas de aula.

Por fim, vale destacar a continuidade do “Provão”, que apesar da nova concepção, passando a chamar-se Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (ENADE), manteve a avaliação classificatória conforme ocorria com o Exame Nacional de Cursos (ENC), o qual teve papel de destaque na avaliação da Educação Superior, pois tornou o governo apto a regular o sistema de Ensino Superior mediante a elaboração de rankings para definir os melhores cursos e IFES, e exigir destas últimas a superação dos maus resultados, sob pena de descredenciamento (LAVOR; ANDRIOLA; LIMA, 2016).

Conforme exposto anteriormente, a evolução da avaliação educacional apresentou momentos de centralização da avaliação por parte do governo como regulador do sistema de Ensino Superior, mas também períodos de ampla participação da comunidade acadêmica por meio da autoavaliação. Para tanto, a avaliação institucional empregou abordagens qualitativas, quantitativas e psicométricas para investigar os problemas complexos dos contextos educacionais.

De fato, avaliar o desempenho de uma IFES é tarefa complexa, pois os atores envolvidos precisam considerar a interrelação entre as variáveis e a multidimensionalidade do processo educacional.

Em que pese a discordância de alguns pesquisadores da Educação sobre a aplicação de modelos matemáticos e estatísticos nas pesquisas de avaliação educacional, as avaliações em larga escala constata sua utilidade e mostram como a análise dos dados pode orientar a tomada de decisão no âmbito das políticas públicas em educação em todo o mundo (SILVA; MOTA, 2020).

A seguir, será discutido o conceito de educometria e sua contribuição para a avaliação educacional por meio da aplicação de modelos matemáticos e estatísticos na análise dos resultados da aprendizagem e desempenho dos gestores acadêmicos.

EDUCOMETRIA

Desde o início do século XX pesquisadores das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas têm conduzido estudos com ferramentas psicométricas, originárias da Psicologia, para analisar aspectos envolvidos na capacidade de resolução de problemas (*problem solving*), nos processos cognitivos superiores (linguagem falada e escrita), nos processos cognitivos executivos (raciocínio e inteligência), além de processos associados ao desenvolvimento e à consolidação da personalidade humana, empregando, para tal, procedimentos de coleta assistida de dados e, desde os anos 1960, técnicas e métodos baseados na computação (ANDRIOLA, 1996ab, 1997, 2003b). Como desdobramento dessas pesquisas, a educometria emergiu como uma disciplina para tratar dados oriundos do processo de ensino e aprendizagem ao empregar modelos estatísticos multivariados (SILVA, 2017a). Similarmente a outras métricas, especialmente a psicometria, a educometria configura-se como um campo promissor para investigações científicas, já apresentando aplicações e resultados significativos em contextos educacionais (NUNES *et al.*, 2015ab; VASCONCELOS; SILVA; MOTA, 2015b).

Silva e Mota (2020) destacam a aplicação da educometria na análise das notas obtidas pelos estudantes em avaliações escolares. Os autores ressaltam que, considerando que essas notas refletem informações sobre o conhecimento adquirido pelos estudantes em determinada disciplina, seus professores podem extrair dados relevantes sobre as competências e habilidades desenvolvidas pelos estudantes. Além disso, modelos estatísticos como as decomposições matricial e tensorial revelam-se como ferramentas úteis na análise das relações intrínsecas das variáveis educacionais investigadas (SILVA; MOTA, 2020; HIPPOLYTO; ANDRIOLA; NUNES, 2023).

É pertinente mencionar a reflexão do professor Jan de Leeuw sobre a constituição da educometria como uma área do conhecimento que desenvolve ferramentas e técnicas específicas para a análise de dados empíricos coletados em pesquisas educacionais (SILVA; MOTA, 2020). De acordo com Leeuw:

Se Foo é uma ciência, então Foo geralmente tem uma área Foometria e uma área Foo Matemática. A Foo Matemática aplica a modelagem matemática à área de estudo da Foo, enquanto a Foometria desenvolve e estuda técnicas para a análise de dados empíricos coletados na Foo. Cada uma das ciências sociais e comportamentais tem uma forma de Foometria, embora nem todas usem um nome dessa família (LEEUEW, 2006 *apud* SILVA; MOTA, 2020, p. 3, tradução dos autores³).

Dentro dessa perspectiva, a Educometria direciona seu foco para o estudo científico de qualquer fenômeno interrelacional e mensurável que envolva o ensino, a aprendizagem e o contexto educacional, considerando esses elementos como partes integrantes de um processo global.

³ If Foo is a science then Foo often has both an area Foometrics and an area Mathematical Foo. Mathematical Foo applies mathematical modeling to the Foo subject area, while Foometrics develops and studies data analysis techniques for empirical data collected in Foo. Each of the social and behavioural sciences has a form of Foometrics, although they may not all use a name in this family.

METODOLOGIA

Esta pesquisa é de abordagem quantitativa, pois aplica modelos estatísticos para analisar dados oriundos de contextos educacionais visando abranger a multidimensionalidade e extrair conhecimentos sobre o processo de ensino e aprendizagem a partir da ótica da estrutura curricular ofertada ao aluno. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a abordagem quantitativa pode ser empregada em pesquisas que visam descrever a relação causa-efeito entre fenômenos ou a complexidade de um dado problema de pesquisa. Desse modo, a pesquisa de abordagem quantitativa pode contribuir com o estudo de variáveis multidimensionais presentes no processo educacional.

Considerando a diversidade de disciplinas pertencentes à estrutura curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia (CT) da UFC⁴, a abordagem quantitativa permite examinar a interrelação entre o currículo e as causas acadêmicas da evasão e da retenção no curso de graduação da instituição em questão.

Quanto aos objetivos, a presente pesquisa pode ser classificada como exploratória. Prodanov e Freitas (2013) afirmam que esse tipo de pesquisa tem como objetivo aprofundar o conhecimento sobre o fenômeno investigado para entender como e quais as razões de sua ocorrência.

Nesse sentido, busca-se observar, analisar e interpretar a relação entre as disciplinas e os seus respectivos pré-requisitos curriculares que impactam na trajetória acadêmica dos estudantes do curso de Engenharia Elétrica do CT, permitindo, assim, identificar padrões de comportamento ou agrupamentos, a partir dos resultados dos desempenhos acadêmicos dos estudantes e das ofertas disciplinares consecutivas ano após ano.

Contexto da pesquisa

A pesquisa foi conduzida no Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC), que oferta os seguintes cursos de graduação: Engenharia Mecânica, Engenharia de Energias e Meio Ambiente, Engenharia Química, Engenharia de Computação, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Design, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção Mecânica, Engenharia Metalúrgica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia de Teleinformática.

O curso de Engenharia Elétrica foi escolhido por ser um dos cursos de graduação em engenharia do CT/UFC que apresenta importante insucesso nos indicadores de desempenho associados à diplomação, conforme indicam resultados de pesquisa sobre a eficiência de cursos de graduação (CAVALCANTE; ANDRIOLA, 2012).

⁴ A estrutura curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFC pode ser encontrada em: <https://prograd.ufc.br/pt/cursos-de-graduacao/engenharia-eletricafortaleza/> (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2023).

Amostragem

A amostra foi delineada a partir da seleção de 38 disciplinas obrigatórias da estrutura curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica do CT ofertadas na série temporal de 2015 a 2022⁵. Sendo apresentadas, as variáveis observadas que dizem respeito a quantidade de aprovações de cada disciplina no seu respectivo ano. Esta opção de amostragem se justifica pela influência das disciplinas obrigatórias no percurso acadêmico do estudante universitário.

Vale destacar que a UFC classifica os componentes curriculares em atividades, disciplinas e módulos. Nesta pesquisa, foram consideradas apenas as disciplinas obrigatórias, as quais compõem a maior parte da estrutura curricular do curso em questão.

Coleta de dados

Os dados das turmas das disciplinas obrigatórias foram fornecidos pela Superintendência de Tecnologia da Informação (STI/UFC), a qual disponibilizou os dados brutos para análise ao longo desta pesquisa, que foram organizados por curso, semestre e turmas ofertadas. Cabe destacar que, em geral, as coordenações dos cursos de graduação da UFC ofertam disciplinas em regime semestral. Entretanto, as disciplinas iniciais dos cursos de graduação do CT/UFC eram ofertadas no regime anual durante o período observado, o que exigiu uma adaptação na organização dos dados para padronizar o agrupamento das turmas por ano.

Análise dos dados

Para análise dos dados, recorreu-se à técnica *Principal Component Analysis* (Análise de Componentes Principais – PCA – sigla em inglês), a qual permitiu analisar as relações intrínsecas das variáveis levantadas a partir da matriz que fornece a quantidade de alunos aprovados em cada disciplina anualmente.

Cumprir destacar, por oportuno, que a Análise de Componentes Principais (ACP) é um caso particular de uma técnica para a redução de matrizes de dados (*data reduction*) denominada *Análise Fatorial (AF)*, cuja relevância científica foi destaca por Pasquali (1997), García Jiménez, Gil Flores e Gómez (2000) nos seguintes termos: *determinar a estrutura fatorial que subjaz a um grupo de itens é algo extremamente importante para uma atividade com pretensões científicas*, como é o caso particular da Educometria.

Nesse diapasão, Keeling (2000) destacou:

Determining the dimensionality of data from an empirical study is crucial to the interpretation of the analyses. Researchers can select from various rules to determine the 'correct' number of dimensions in a data set. (p. 457).

Consoante Gaviria Soto (1988), Hattie (1984; 1985), Keeling (2000), Nandakumar (1994) e Andriola (2002), embora exista enorme diversidade de métodos para determinar a estrutura fatorial de um conjunto de dados – dentre os quais podem ser destacados: o procedimento de Bejar; o contraste

⁵ O curso de graduação em Engenharia Elétrica do CT da UFC possui 40 disciplinas obrigatórias, porém a STI/UFC não disponibilizou os dados das disciplinas: Estágio Supervisionado para Engenharia Elétrica e Trabalho Final de Curso.

de Gustaffson; o método de McDonald; o contraste Q1 e Q2 de Van den Wollenberg; a análise de precedência modificada; o método Hattie para a comparação de autovalores reais e simulados; o método da equação de regressão – a maioria dos autores ainda recomenda o emprego da Análise Fatorial (AF), cuja formulação matemática é: $X_i = a_iF_1 + a_iF_2 + \dots + a_kF_k + u_iD_i$, onde:

X_i é a pontuação obtida na variável observada i ;

a_iF_1 é a carga fatorial da variável observada X_i no fator 1;

a_iF_2 é a carga fatorial da variável observada X_i no fator 2;

a_kF_k é a carga fatorial da variável observada X_i no fator k ;

u_iD_i é a unicidade (variância específica ou não compartilhada) da variável observada X_i no fator específico D_i .

Como destacou Martínez Arias (1997), esse modelo linear tenta explicar, assim, a atuação de construtos latentes, componentes ou fatores (F) sobre certas variáveis observadas (X), cada uma delas com seus pesos específicos, intensidades, saturações ou cargas fatoriais (a). Como é óbvio, a variância total dos resultados nunca será explicada unicamente pelos fatores comuns (F), pois existe uma parte denominada variância não explicada que se deve aos fatores específicos (D), que também exercem influência com certa intensidade (u) sobre as variáveis observadas (X).

Assim, ademais do emprego da técnica PCA como caso particular da AF, o estudo se propôs a analisar a estrutura curricular do curso por meio de ramos de grafos, os quais interligam com peso 1 os nós da malha de pré-requisitos, em que cada nó representa uma disciplina em determinado semestre da estrutura curricular do curso, no interesse de verificar se os resultados de insucessos gerados por disciplinas pré-requisitos desta estrutura curricular, associados à política de oferta semestral ou anual das disciplinas, adotada pelo curso contribuem para retardar a diplomação do estudante.

RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da análise das disciplinas que são pré-requisitos para as disciplinas subsequentes do curso de graduação em Engenharia Elétrica do CT da UFC. Para tanto, foram empregados grafos para detalhar a estrutura curricular do curso. Ademais, foram aplicadas técnicas de processamento de informação por meio da matriz de correlação e decomposição PCA geradas em uma matriz com a quantidade de aprovações ou sucessos das 38 disciplinas por ano, em uma série temporal de 8 anos (2015 a 2022). Por fim, as informações em formato numérico, obtidas através das duas técnicas citadas acima, foram examinadas a fim de se beneficiar da complementaridade sobre o mesmo conjunto de dados.

Estrutura curricular do curso

O curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFC foi criado em 1974 e, inicialmente, ofertava 50 vagas por semestre. Atualmente oferta 100 vagas anuais. O prazo mínimo para conclusão do curso é de 10 semestres e o máximo é de 15 semestres. O Projeto Pedagógico do Curso (PPC) de 2005.1, vigente durante a pesquisa, contém 40 disciplinas obrigatórias (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2023).

Algumas disciplinas possuem pré-requisitos, o que significa que o aluno só poderá efetuar a matrícula na disciplina subsequente se houver sido aprovado na disciplina anterior. O estudo analisa as disciplinas obrigatórias da estrutura curricular do curso de Engenharia Elétrica apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Estrutura Curricular do Curso de Engenharia Elétrica da UFC

D	Código	Componente Curricular	Pré-Requisito	Semestre	Ano
D1	CB664	Cálculo Fundamental		1 e 2	1
D2	CB665	Álgebra Linear		1 e 2	1
D3	CC265	Probabilidade e Estatística		1 e 2	1
D4	CD327	Física Fundamental		1 e 2	1
D5	CD328	Física Experimental para Engenharia		1 e 2	1
D6	TC592	Desenho para Engenharia		1 e 2	1
D7	CK174	Programação Computacional para Engenharia		1 e 2	1
D8	CE846	Química Geral para Engenharia		1 e 2	1
D9	TH166	Introdução à Engenharia		1 e 2	1
D10	CB669	Cálculo Vetorial Aplicado	CB664	3	2
D11	CB681	Séries e Equações Diferenciais	CB664	3	2
D12	TB791	Mecânica dos Materiais	CB664 e CD327	3	2
D13	TH168	Métodos Numéricos Aplicados à Engenharia Elétrica	CB664, CB665 e CK174	3	2
D14	TH169	Instrumentação, Medidas e Instalações Elétricas	CD328 e TC592	3	2
D15	TH170	Eletrônica Digital	CD328	3	2
D16	CB682	Variável Complexa	CB664	4	2
D17	TE141	Engenharia dos Materiais	CB664 e CD327	4	2
D18	TF312	Elementos de Fenômenos de Transporte	CD327 e CB681	4	2
D19	TH171	Circuitos Elétricos I	TH168 e CB681	4	2
D20	TH172	Microprocessadores	TH170	4	2
D21	TE145	Engenharia Econômica		5	3
D22	TH173	Eletromagnetismo Aplicado	CB669 e CD327	5	3
D23	TH174	Sistemas Lineares	CB682 e TH171	5	3
D24	TH175	Eletrônica Analógica	TH171	5	3
D25	TH176	Circuitos Elétricos II	TH171	5	3
D26	TH177	Conversão Eletromecânica de Energia	TH173 e TH176	6	3
D27	TH178	Controle de Sistemas Dinâmicos	TH174	6	3
D28	TH179	Eletrônica de Potência	TH175	6	3
D29	TH180	Princípios de Comunicações	TH173	6	3
D30	TH181	Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica	TH176	6	3
D31	TH182	Materiais, Equipamentos e Instalações Elétricas Prediais	TH176 e TH1809	7	4
D32	TH183	Máquinas Elétricas	TH177 e TH179	7	4
D33	TH184	Ciências, Tecnologia e Sociedade	TH166	7	4
D34	TD922	Higiene Industrial e Segurança no Trabalho		8	4
D35	TE133	Fundamentos da Economia	CB664 e CC265	8	4
D36	TE134	Fundamentos de Administração		8	4
D37	TD921	Engenharia Ambiental		8	4
D38	TH185	Instalações Elétricas Industriais	TH182	8	4
D39	TH186	Estágio Supervisionado para Engenharia Elétrica		9	5
D40	TH187	Trabalho Final de Curso		10	5

Fonte: Autores (2024).

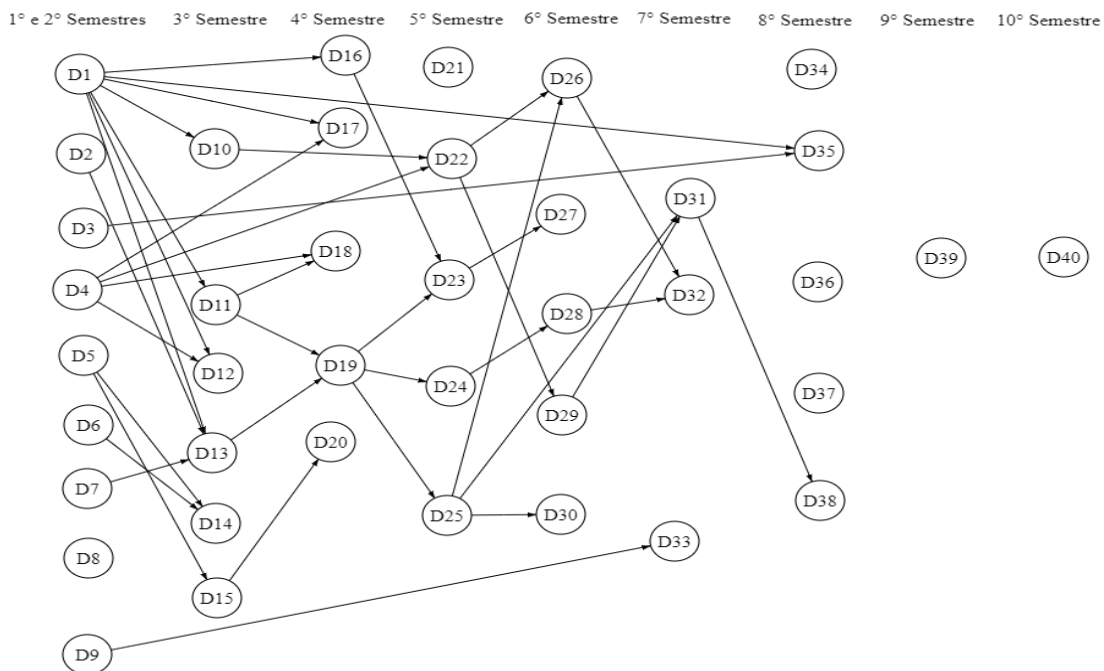
Por meio dos dados da Tabela 1, verificou-se que a disciplina Cálculo Fundamental (D1) é pré-requisito para a matrícula do estudante nas disciplinas: Cálculo Vetorial Aplicado (D10); Séries e Equações Diferenciais (D11); Mecânica dos Materiais (D12); Métodos Numéricos Aplicados à Engenharia Elétrica (D13); Variável Complexa (D16); Engenharia dos Materiais (D17) e Fundamentos da Economia (D35). Algumas outras disciplinas também aparecem como pré-requisitos diretos em mais de uma disciplina.

É importante observar ainda da Tabela 1 que há cadeias de pré-requisitos cujas conexões serão melhor visualizadas e tratadas na próxima seção.

Grafo da estrutura curricular

Através da análise minuciosa da estrutura curricular, identificou-se a necessidade de elaborar um Grafo para aprimorar a visualização da dependência entre as disciplinas obrigatórias, elucidando a relação de pré-requisitos entre elas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Grafo da Dependência entre as Disciplinas Obrigatórias



Fonte: Autores (2024).

A Figura 1 explicita a incidência de disciplinas pertencentes a semestres mais avançados, demandando a prévia integralização de disciplinas pré-requisito vinculadas aos semestres iniciais. A título de exemplo, destaca-se a disciplina Fundamentos da Economia (D35), do 8º semestre, cujos pré-requisitos são as disciplinas Cálculo Fundamental (D1) e Probabilidade e Estatística (D3), ambas do 1º ano do curso. Essa relação é também evidenciada na disciplina Ciências, Tecnologia e Sociedade (D33), pertencente ao 7º semestre, que tem como pré-requisito a disciplina Introdução à Engenharia

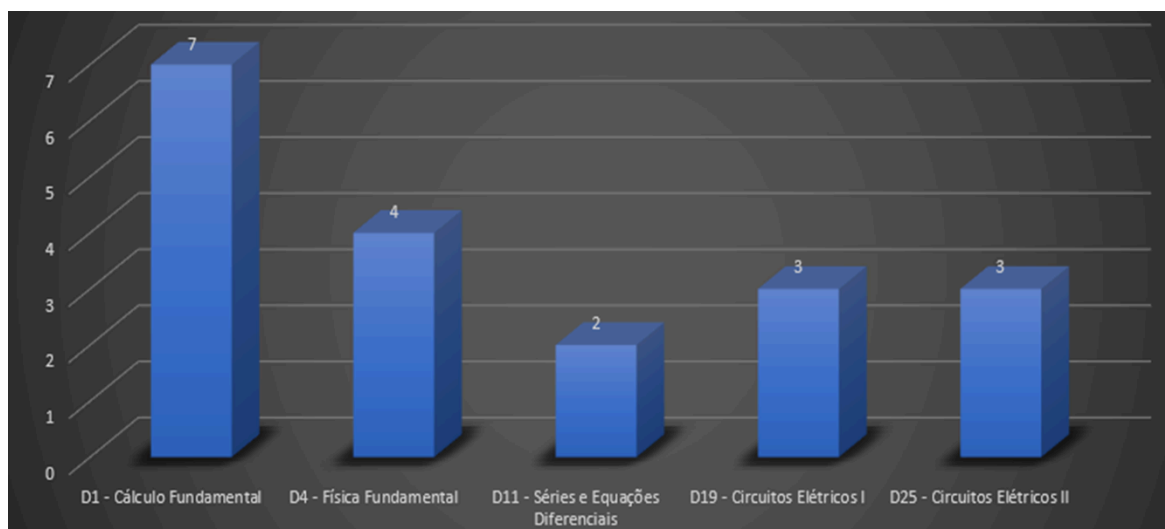
(D9), pertencente ao 1º ano. A constatação de que disciplinas pré-requisito estão distantes de algumas disciplinas subsequentes suscita reflexões pedagógicas quanto a esta lógica na proposição de uma cadeia de conhecimentos técnicos e teóricos.

Adicionalmente, observa-se a ausência de pré-requisitos em diversas disciplinas do 8º semestre, o que poderia viabilizar, em uma reflexão preliminar, a redistribuição dessas disciplinas para os semestres iniciais, com o propósito de mitigar a sobrecarga inicial dos estudantes, e eventualmente alterar em forma e conteúdo as mesmas e outras disciplinas.

A Figura 1 proporciona, ainda, uma visualização elucidativa dos caminhos que os estudantes devem percorrer durante sua trajetória acadêmica, delineando a necessidade de integralização de disciplinas pré-requisito para a consecução da diplomação. A título de exemplo, menciona-se a seguinte sequência: Cálculo Fundamental (D1) → Séries e Equações Diferenciais (D11) → Circuitos Elétricos I (D19) → Eletrônica Analógica (D24) → Eletrônica de Potência (D28) → Máquinas Elétricas (D32). Nesse contexto, é crucial notar que qualquer reprovação ao longo desse percurso compromete o cronograma estabelecido para a conclusão do curso, aumentando os riscos de retenção e evasão, dependendo ainda da política de oferta semestral dos cursos.

Dessa análise emergem duas situações de destaque: a quantidade de disciplinas que funcionam como pré-requisitos para outras disciplinas, evidenciada no Gráfico 1, e a quantidade de disciplinas que possuem pré-requisitos, ilustrada no Gráfico 2. Esses aspectos revelam nuances importantes na estrutura curricular que devem ser cuidadosamente consideradas para otimizar a progressão acadêmica dos estudantes.

Gráfico 1 - Quantidade de disciplinas pré-requisitos para outras disciplinas



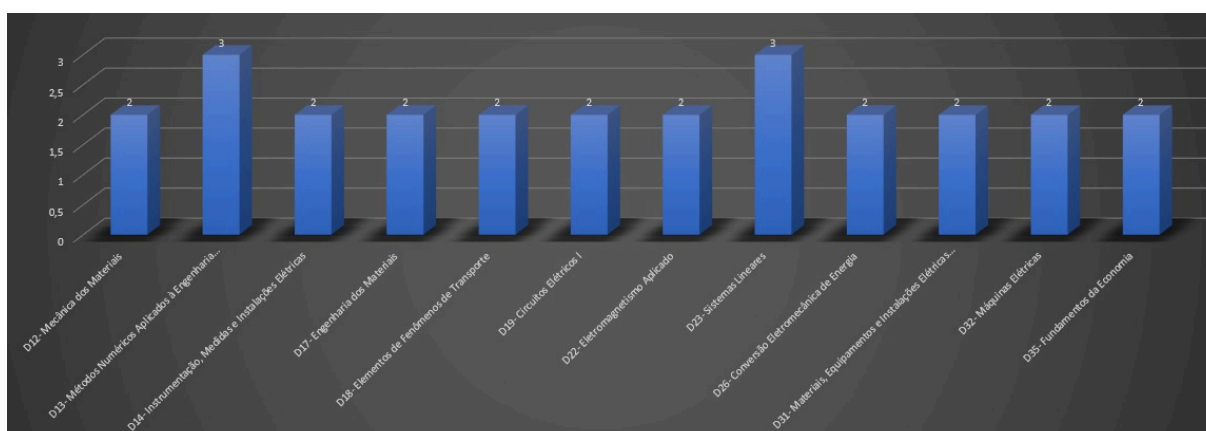
Fonte: Autores (2024).

O Gráfico 1 mostra as disciplinas que são pré-requisito para as demais disciplinas obrigatórias do curso. Dentre elas, as disciplinas Cálculo Fundamental (D1) e Física Fundamental (D4) são as que mais influenciam a progressão do estudante para os semestres posteriores. Vale salientar que ambas as disciplinas estão no período inicial do curso e possuem regime de oferta anual⁶. Tais

⁶ A adoção de disciplinas anuais nos currículos dos cursos de graduação em engenharia do CT se deu a partir de 1993, sendo somente adotado em 1994 pela Engenharia Elétrica, sem, no entanto, serem constituintes de currículos estruturados com base no regime temporal seriado, em que o período de funcionamento dos cursos é anualizado. Portanto, foram mantidos

características interferem diretamente no tempo de diplomação do estudante, pois as disciplinas do primeiro ano do curso são em sua maioria pré-requisitos para a maior parte das disciplinas posteriores.

Gráfico 2 - Quantidade de disciplinas que possuem pré-requisitos



Fonte: Autores (2024).

Analisando o Gráfico 2, percebe-se que apesar de muitas disciplinas possuírem pré-requisitos, a média das 40 disciplinas apresenta aproximadamente 1 pré-requisito por disciplina. Ao comparar os Gráficos 1 e 2 é possível identificar um desequilíbrio na distribuição de disciplinas pré-requisito. Enquanto poucas disciplinas são pré-requisito para várias outras (Gráfico 1), existe quase uma constante na exigência de pré-requisitos pelas disciplinas posteriores (Gráfico 2).

Antes de o conjunto de dados alimentar as duas técnicas para extração de conhecimento sobre o desempenho do currículo do curso de graduação em Engenharia Elétrica, é necessário avaliar sua consistência e integridade, através de testes estatísticos adequados, o que será feito na próxima seção.

Validação estatística para uso do PCA

Nesta seção, foram realizados dois testes para aplicação do PCA: Medida de adequação da Amostra de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e a Esfericidade de Bartlett (EB) (VASCONCELOS; SILVA; MOTA, 2015c). Os resultados dos dois testes são apresentados na Tabela 2:

Tabela 2 - Testes de validação do PCA

TESTE	Valor
Adequação da Amostra - KMO	0,6794042876766586
Esfericidade de Bartlett	2,4435976951715415.10 ⁻⁷⁸

Fonte: Autores (2024).

De acordo com Granato *et al.* (2018), o teste de esfericidade de Bartlett é utilizado para verificar a correlação entre as respostas e o valor de referência deve ser menor ou igual a 5%. Já o teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) indica a proporção da variância dos dados que pode ser considerada

grupos de disciplinas anuais e semestrais concomitantemente, sendo as anuais ofertadas principalmente nos primeiros anos do curso.

comum a todas as variáveis, ou seja, que pode ser atribuída a um fator comum. Nesse caso, o valor de referência do teste KMO é 1, ou seja, quanto mais próximo de 1, melhor o resultado e mais adequada é a amostra para a aplicação do PCA. Portanto, foi possível constatar que os dados são adequados para a análise.

Matriz de correlação

Para aprofundar o estudo, foram analisadas as correlações entre a quantidade de estudantes aprovados em relação aos anos e às disciplinas por meio de matrizes de correlação.

Matriz de correlação da quantidade de estudantes aprovados em relação aos anos

A matriz de fatores de correlação permite analisar os atributos de dois a dois do conjunto de dados por ano (ANDRIOLA, 2009b). Os valores dos fatores de correlação estão calculados no intervalo de -1 a 1. Esses valores representam a relação entre esses atributos, quanto mais próximo de 1, mais forte a correlação e da mesma forma a correlação em fator -1 (VASCONCELOS, 2015a).

Para uma melhor visualização, os dados foram representados em um mapa de calor. A Figura 2 apresenta o mapa de calor com a correlação presente entre os 8 anos do estudo com base na matriz (quantidade de aprovados no ano) nas 38 disciplinas obrigatórias selecionadas do curso de Engenharia Elétrica do CT da UFC.

Figura 2 - Mapa de calor com a correlação dos anos da matriz de aprovados



Fonte: Autores (2024).

Analisando o mapa de calor e seus valores (Figura 2), percebe-se que o ano de 2015 tem pouca correlação com outros anos, tendo uma correlação um pouco maior com os anos de 2016 (0,42) e 2017 (0,44). Já o ano de 2016 apresenta correlação alta com os anos de 2017 (0,61) e 2018 (0,61), mostrando também uma correlação média com os anos de 2019 (0,46) e 2020 (0,42). Dentre os dados apresentados, pode-se enfatizar a grande correlação entre os anos de 2021 e 2022 que é de 0,94.

As correlações citadas acima, e em geral na Figura 2, mostram os graus de comportamento de desempenho acadêmico dos alunos aprovados nas mesmas disciplinas ofertadas em pares de anos distintos. Tais comparações quantitativas são indicadores da relação entre a capacidade do alunado aprovado por disciplina frente à oferta curricular em cada par de ano do curso avaliado. O desempenho do alunado entre os anos de 2021 e 2022, por exemplo, é praticamente semelhante, como indicado na Figura 2, mas o mesmo não se pode dizer nos demais pares de anos, chegando a existir forte disparidade entre os anos 2020 e 2021. De fato, é desejado haver desempenhos semelhantes entre os aprovados e também entre os concludentes em cada ano, como os melhores resultados possíveis.

No entanto, esta abordagem explicitada na Figura 2 não permite identificar com qualquer precisão o impacto das cadeias de pré-requisitos com o sucesso ou o insucesso do alunado no seu desempenho na trajetória curricular.

Há muitos fatores que concorrem para eventuais justificativas e razões para aqueles intentos, tais como o grau de conhecimento básico no início do curso, maneiras adequadas de estudo do alunado, formas e conteúdos didático-pedagógicos adotados nas disciplinas para obtenção de uma melhor relação ensino-aprendizagem; políticas institucionais e condições estruturais do curso para o atendimento ao alunado e de oferta curricular ao longo dos anos, entre outros aspectos.

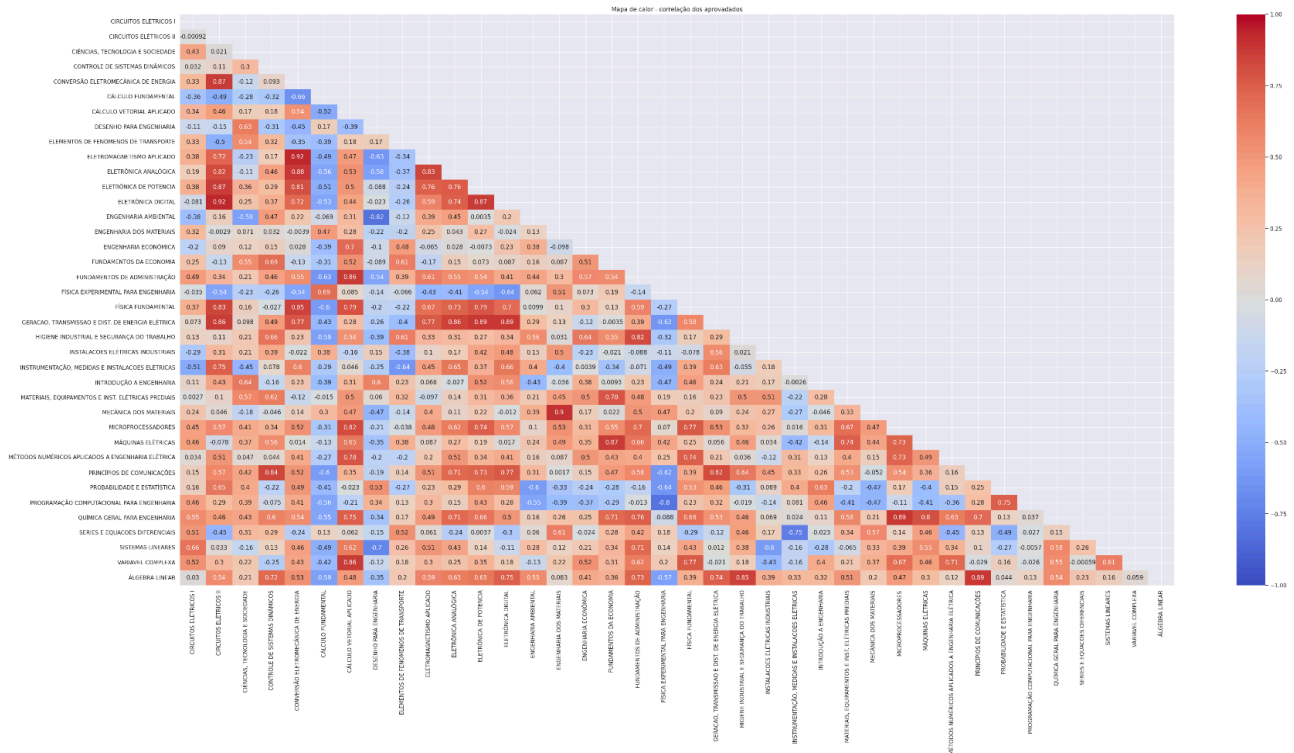
Haja vista a limitação obtida com os fatores adotados, a seguir será verificada outras variáveis e cenários com os dados disponíveis no interesse de extrair informações contidas nos dados na busca do entendimento do comportamento do alunado diante da estrutura curricular do curso, especialmente a influência da cadeia de pré-requisitos sobre a trajetória do alunado ao longo do tempo no curso.

Matriz de correlação da quantidade de estudantes aprovados em relação às disciplinas

De maneira análoga à matriz de correlação apresentada anteriormente, elaborou-se uma matriz para correlacionar a quantidade total de estudantes aprovados em todos os anos, em relação a cada disciplina, confrontando-as entre si, conforme exposto na Figura 3.

A técnica de correlação bivariada considera os estudantes aprovados em cada disciplina em todos os anos do período observado, e os correlaciona em pares de disciplinas. Através desta matriz já é possível perceber algum grau de influência entre disciplinas diferentes, confrontadas duas a duas.

Figura 3 - Mapa de calor com a correlação das disciplinas da matriz de aprovados



Fonte: Autores (2024).

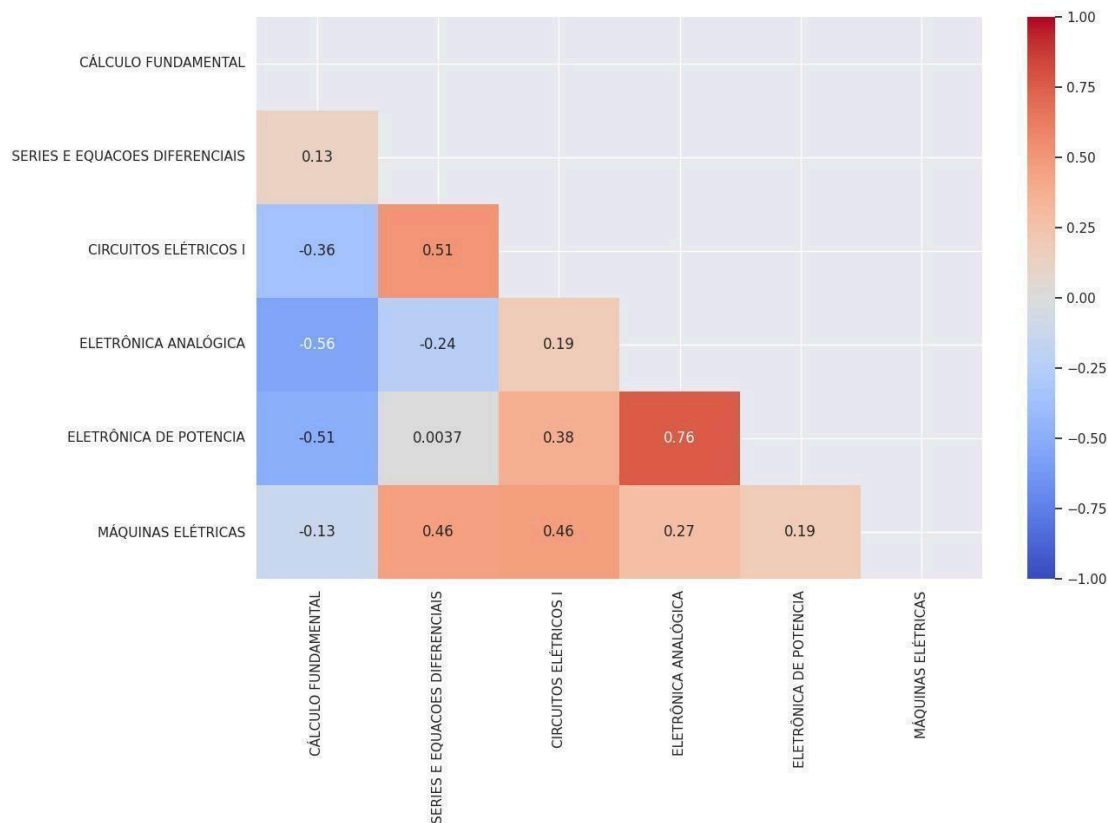
Por meio das cores e valores associados apresentados na Figura 3, verifica-se a ocorrência de muitos atributos ou valores que apresentam importantes correlações (cor mais avermelhada), algumas chegando a 0,90 e muitos pares de disciplinas com baixa correlação (cor mais azulada).

Considerando a variação de resultados do mapa de calor (Figura 3), é importante deter-se sobre sua relação com o Grafo da Dependência entre as Disciplinas Obrigatórias (Figura 1), para se chegar a conclusões mais concretas sobre a distribuição das disciplinas na estrutura curricular, no interesse maior em detectar os impactos das cadeias de pré-requisitos.

Para tanto, foram construídas novas matrizes de correlação (recortes da Figura 3) especialmente com base nas disciplinas que compõem os maiores cenários ou cadeias de pré-requisitos do Grafo exposto na Figura 1.

Cenário 1

O primeiro cenário foi selecionado por ser um dos caminhos com maior número de disciplinas com pré-requisitos no qual o estudante terá de percorrer para alcançar a diplomação, sendo ele assim composto: Cálculo Fundamental (D1) → Séries e Equações Diferenciais (D11) → Circuitos Elétricos I (D19) → Eletrônica Analógica (D24) → Eletrônica de Potência (D28) → Máquinas Elétricas (D32).

Figura 4 - Mapa de calor com a correlação das disciplinas da matriz de aprovados (Cenário 1)

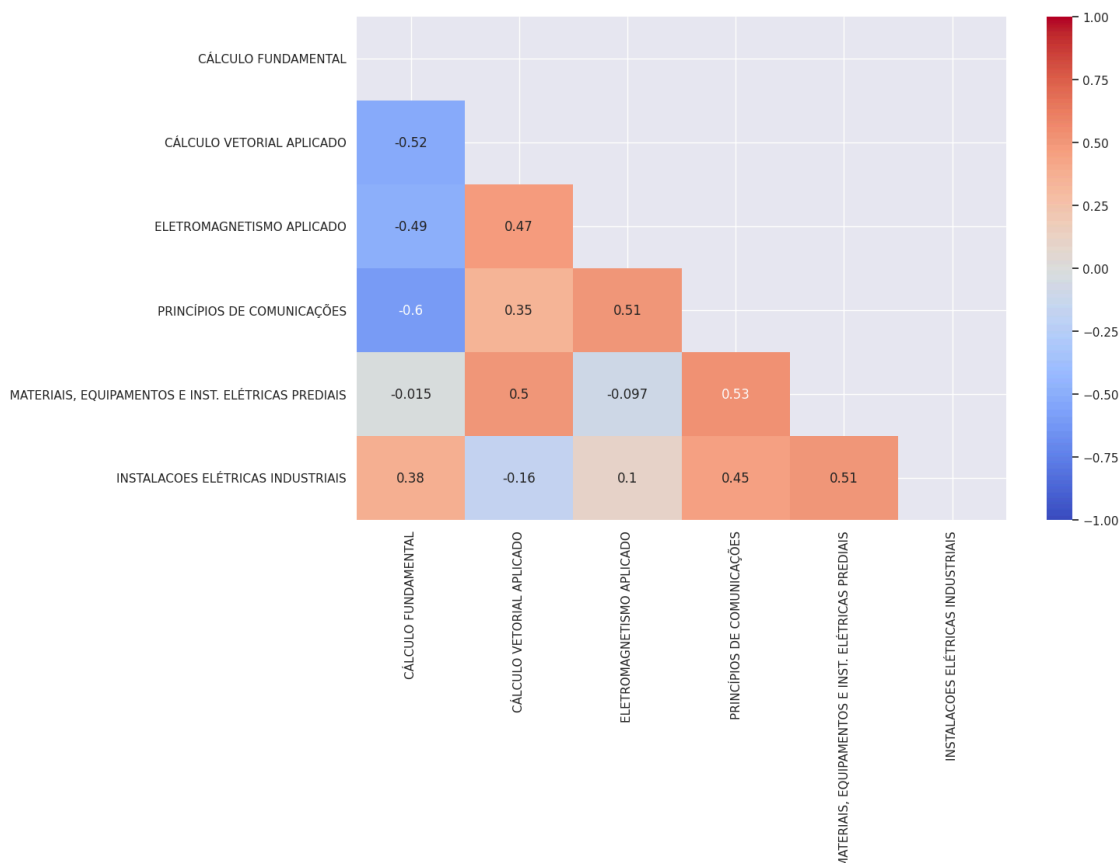
Fonte: Autores (2024).

Na Figura 4, percebe-se a disciplina Cálculo Fundamental (D1) com baixa correlação com a disciplina Séries e Equações Diferenciais (D11) (0,13) e correlação oposta com as demais. Isto implica uma importante dispersão em relação às médias de aprovação anual de uma ou mais disciplinas, concentrando-se em número maior de aprovados em pelo menos um dos anos do período observado por disciplina e seu número de aprovados, bastante menor que aquelas nas demais disciplinas. Ademais, vale destacar que todas as disciplinas do Cenário 1 têm Cálculo Fundamental (D1) como pré-requisito, pois todas elas demandam assuntos relacionados a Cálculo.

É de se destacar ainda, as disciplinas de Eletrônica Analógica (D24) e Eletrônica de Potência (D28) apresentam alta correlação entre si (0,76), pois existe, em outras justificativas plausíveis, uma importante continuidade entre os conteúdos programáticos das disciplinas interligadas por um dos ramos do Grafo (Figura 1), caracterizando uma proximidade temporal imediata bastante pertinente para a continuidade da maturidade técnica de aprendizagem.

Cenário 2

O segundo cenário abrange as seguintes disciplinas: Cálculo Fundamental (D1) → Cálculo Vetorial (D10) → Eletromagnetismo Aplicado (D22) → Princípios de Comunicações (D29) → Materiais, Equipamentos e Instalações Elétricas Prediais (D31) → Instalações Elétricas Industriais (D38), conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Mapa de calor com a correlação das disciplinas da matriz de aprovados (Cenário 2)

Fonte: Autores (2024).

O mapa de calor da Figura 5 mostra cores mais avermelhadas que o mapa anterior (Figura 4), porém a correlação da disciplina Cálculo Fundamental (D1) com as demais apresenta semelhança com aquela analisada no Cenário 1. De outro lado, destaca-se uma maior correlação (0,53) entre as disciplinas Princípios de Comunicações (D29) e Materiais, Equipamentos e Instalações Elétricas Prediais (D31). Vale a pena mencionar no entanto que seus conteúdos programáticos são dicotômicos, apesar de haver um ramo do Grafo que os interligam.

Contrastando o mapa de calor da Figura 3 com os mapas de calor dos cenários 1 e 2, Figuras 4 e 5, respectivamente, percebe-se a ocorrência de disciplinas com altas correlações, porém estas não fazem parte dos maiores caminhos expostos anteriormente. Sendo assim, levanta-se a hipótese de que as disciplinas pré-requisito não estão distribuídas em uma sequência que melhor favorece a progressão dos estudantes para as disciplinas subsequentes.

A progressão para os semestres subsequentes deveria ser uma distribuição de disciplinas mais adequada em termos técnicos, resultando em uma melhor correlação dos resultados de aprovação entre elas. Entretanto, os resultados mostraram mais ocorrências de baixa correlação do que alta correlação entre as disciplinas, considerando o número de alunos aprovados. Portanto, isso permite confirmar a suspeita de que existem múltiplas variáveis interferindo na aprovação dos estudantes.

Seleção de componentes principais

A análise bivariada direta sobre os dados existentes não permite encontrar justificativas mais contundentes sobre os efeitos da organização curricular existente. Deste modo, foi empregada a Análise de Componentes Principais (PCA) para levantar as informações latentes do conjunto de dados coletados para aprofundar o estudo e extrair mais evidências sobre as variáveis estudadas. No caso da presente pesquisa, a técnica PCA foi aplicada nos dados da série temporal de oito anos (2015 a 2022) para condensar os dados referentes ao recorte de menor número de colunas na origem da decomposição das matrizes de correlação e assim extrair informações intrínsecas da nova matriz (disciplinas x componentes principais).

Aplicando PCA na matriz de correlação da quantidade de estudantes aprovados no período de 2015 a 2022

A aplicação do método PCA sobre a matriz da Figura 3 possibilita descrever os dados a partir dos seus componentes principais somente. Para tanto, existem diferentes critérios para se determinar a quantidade de componentes principais a reter para a análise subsequente (SILVA *et al.*, 2017b).

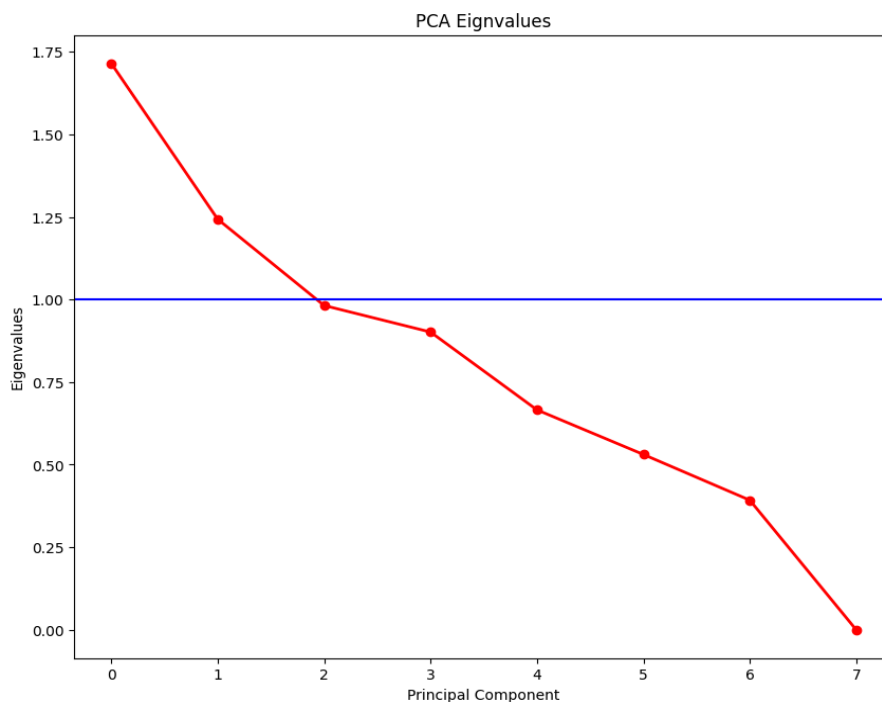
Um dos critérios é analisar a variância explicada (Ver Tabela 3), a qual permite verificar o grau de importância de cada autovalor comparado com os outros autovalores, fixando-se em um percentual que já contém a maior energia dos dados. Nesta tabela não foram incluídos todos os autovalores, pois a partir do oitavo componente já se percebe que os valores estão tendendo a zero, assim como a variância explicada, portanto é desnecessário colocá-los.

Outro critério seria o de Kaiser (Ver Gráfico 3), adotado nesta pesquisa, o qual consiste na seleção de componentes cujos autovalores apresentem valores acima de 1, ou seja, seleciona-se aqueles componentes com variância dos dados pertinentes ao referencial citado (SILVA *et al.*, 2017b).

Tabela 3 – Variância explicada referente à matriz de correlação com a variável disciplina (Figura 3)

Componentes	Autovalores	Variância %	Acumulada %
1	1,71506258	26,67	26,67
2	1,24331647	19,32	45,99
3	0,981979936	15,27	61,26
4	0,901611122	14,02	75,28
5	0,665951887	10,35	85,63
6	0,530921892	8,27	93,90
7	0,392511406	6,10	100
8	0,509074981.10 ⁻³¹	0,07.10 ⁻³⁰	100

Fonte: Autores (2024).

Gráfico 3 – Autovalores da variável ano

Fonte: Autores (2024).

Adotando-se o critério de Kaiser, através do PCA com os autovalores expostos no Gráfico 3, observam-se dois componentes principais cujos autovalores são maiores que 1.

Por outro lado, retornando à Tabela 3, verifica-se na coluna Variância que estes dois componentes explicam 45,99% do conjunto de dados. Caso fossem escolhidos três componentes, já que o terceiro componente tem autovalor menor, mas próximo a 1, a variância acumulada aumenta para 61,26% e seria possível, em princípio, obter uma maior explicação dos dados. No entanto, após realizar uma análise exploratória, concluiu-se que os dois componentes somente já satisfazem os resultados de interesse.

Em consequência a esta análise exploratória, e considerando os dois componentes principais, CP 1 e CP 2, apontados no Gráfico 3, resultou-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Componentes (carregamentos) dos autovetores associados aos 2 maiores autovalores e às disciplinas correspondentes

CP 1	CP 2	Disciplinas
0,601379	0,167809	CIRCUITOS ELÉTRICOS I
-2,060678	0,116811	CIRCUITOS ELÉTRICOS II
0,661745	1,710998	CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
0,318476	-0,424150	CONTROLE DE SISTEMAS DINÂMICOS
-1,874753	-0,587580	CONVERSÃO ELETROMECAÂNICA DE ENERGIA
1,994883	1,774846	CÁLCULO FUNDAMENTAL
0,145319	-1,294994	CÁLCULO VETORIAL APLICADO
0,581705	3,281126	DESENHO PARA ENGENHARIA
1,773994	0,550736	ELEMENTOS DE FENOMENOS DE TRANSPORTE
-1,385691	-0,864104	ELETROMAGNETISMO APLICADO
-1,577284	-1,004063	ELETRÔNICA ANALÓGICA
-1,522909	0,178561	ELETRÔNICA DE POTÊNCIA
-1,800280	0,280473	ELETRÔNICA DIGITAL
0,325554	-1,426219	ENGENHARIA AMBIENTAL
1,457837	0,105480	ENGENHARIA DOS MATERIAIS
0,838690	-0,514840	ENGENHARIA ECONÔMICA
1,444352	-0,469929	FUNDAMENTOS DA ECONOMIA
0,205849	-1,458428	FUNDAMENTOS DE ADMINISTRAÇÃO
2,635144	0,260835	FÍSICA EXPERIMENTAL PARA ENGENHARIA
-1,287173	-0,432201	FÍSICA FUNDAMENTAL
-1,779999	0,023068	GERACAO, TRANSMISSAO E DIST. DE ENERGIA ELÉTRICA
0,459367	-0,920391	HIGIENE INDUSTRIAL E SEGURANÇA DO TRABALHO
0,017589	1,348449	INSTALACOES ELÉTRICAS INDUSTRIAIS
-1,928057	0,285930	INSTRUMENTAÇÃO, MEDIDAS E INSTALACOES ELÉTRICAS
-0,506305	1,739562	INTRODUÇÃO A ENGENHARIA
1,200103	0,036614	MATERIAIS, EQUIPAMENTOS E INST. ELÉTRICAS PRED...
1,315811	-0,629727	MECÂNICA DOS MATERIAIS
-0,038339	-0,658987	MICROPROCESSADORES
1,621576	-1,005736	MÁQUINAS ELÉTRICAS
-0,117202	-0,667519	MÉTODOS NUMÉRICOS APLICADOS A ENGENHARIA ELÉTRICA
-0,951920	-0,184152	PRINCÍPIOS DE COMUNICAÇÕES
-1,724049	2,078233	PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA
-1,202238	1,866693	PROGRAMAÇÃO COMPUTACIONAL PARA ENGENHARIA
-0,120535	-0,969293	QUÍMICA GERAL PARA ENGENHARIA
2,030150	0,310893	SERIES E EQUACOES DIFERENCIAIS
0,598937	-1,513853	SISTEMAS LINEARES
0,384317	-0,474260	VARIÁVEL COMPLEXA
-0,735365	-0,616692	ÁLGEBRA LINEAR

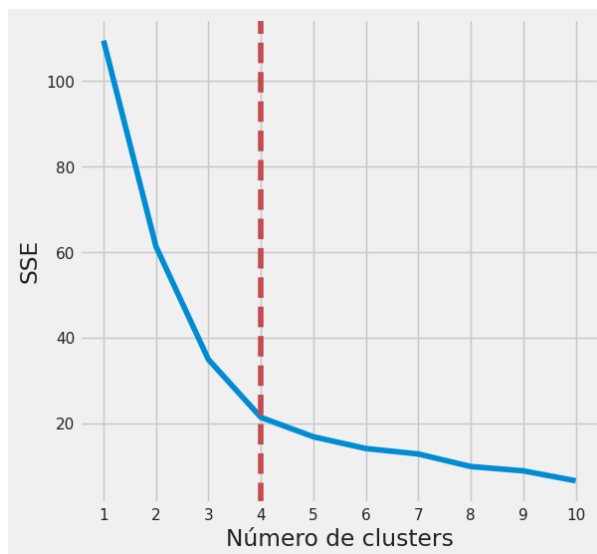
Fonte: Autores (2024).

Para melhor visualizar a afinidade entre as disciplinas, é necessário aplicar um método de classificação que é no caso o algoritmo adotado K-means⁷ e o método *elbow* (cotovelo)⁸ à Tabela 4, resultando no Gráfico 4, no qual é escolhido o número de 4 *clusters* para a classificação das disciplinas.

⁷ O Algoritmo K-means é uma técnica de agrupamento baseada em partição que utiliza a distância entre as distâncias euclidianas entre os pontos como critério para formação de agrupamento (JOSHI, 2022, tradução dos autores).

⁸ O método Elbow ou método cotovelo utiliza a soma das energias dos pontos e calcula-se a distância média centro do agrupamento (JOSHI, 2022, tradução dos autores).

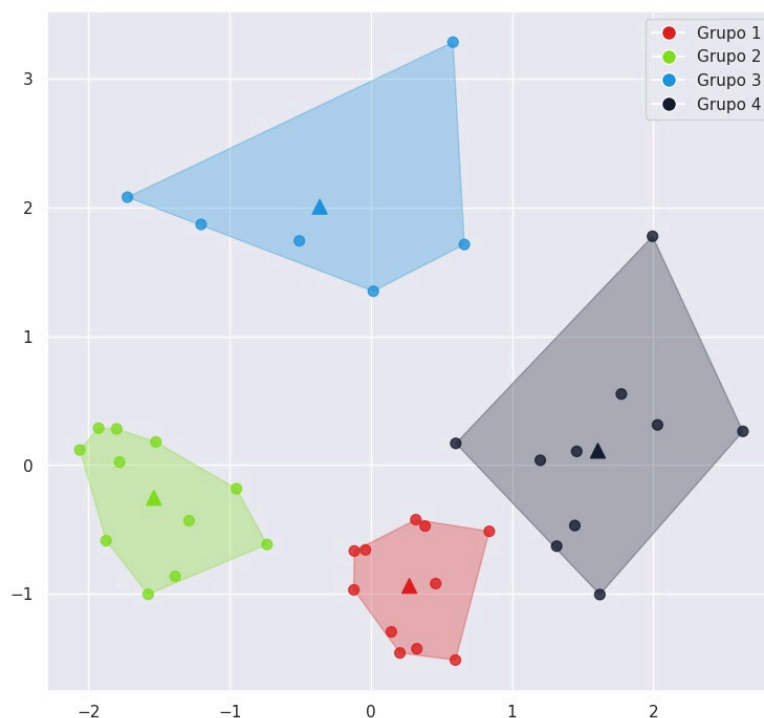
Gráfico 4 - Método de Elbow PCA anos



Fonte: Autores (2024).

Em seguida, é possível identificar o número e a organização dos *clusters* (grupos) das disciplinas a partir do plano cartesiano, conforme o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Carregamentos



Fonte: Autores (2024).

A partir do Gráfico 5, é possível organizar os grupos das disciplinas, conforme a classificação da Tabela 5.

Tabela 5 – Grupos de Disciplinas do PCA

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Controle de Sistemas Dinâmicos	Circuitos Elétricos II	Ciências, Tecnologia e Sociedade	Circuitos Elétricos I
Cálculo Vetorial Aplicado	Conversão Eletromecânica de Energia	Desenho para Engenharia	Cálculo Fundamental
Engenharia Ambiental	Eletromagnetismo Aplicado	Instalações Elétricas Industriais	Elementos de Fenômenos de Transporte
Engenharia Econômica	Eletrônica Analógica	Introdução a Engenharia	Engenharia dos Materiais
Fundamentos de Administração	Eletrônica de Potência	Probabilidade e Estatística	Fundamentos da Economia
Higiene Industrial e Segurança do Trabalho	Eletrônica Digital	Programação Computacional para Engenharia	Física Experimental para Engenharia
Microprocessadores	Física Fundamental		Materiais, Equipamentos e Instalações Elétricas Prediais
Métodos Numéricos Aplicados a Engenharia Elétrica	Geração, Transmissão e Dist. de Energia Elétrica		Mecânica dos Materiais
Química Geral para Engenharia	Instrumentação, Medidas e Instalações Elétricas		Máquinas Elétricas
Sistemas Lineares	Princípios de Comunicações		Series e Equações Diferenciais
Variável Complexa	Álgebra Linear		

Fonte: Autores (2024).

Inicialmente, procedeu-se à análise dos grupos, conforme detalhado na Tabela 5, em correlação com os semestres das disciplinas integrantes da matriz curricular, como apresentado na Tabela 1. A comparação entre as Tabelas 1 e 5 revela que os Grupos 1 e 4 exibem uma distribuição não uniforme das disciplinas ao longo dos semestres. Essa não uniformidade é evidenciada pela ausência de uma distribuição equitativa das disciplinas em diferentes períodos letivos. Tal desequilíbrio pode ser explicado pela quantidade de créditos do conteúdo programático associados ao avanço pretendido no aprendizado e maturidade presente no percurso curricular do alunado.

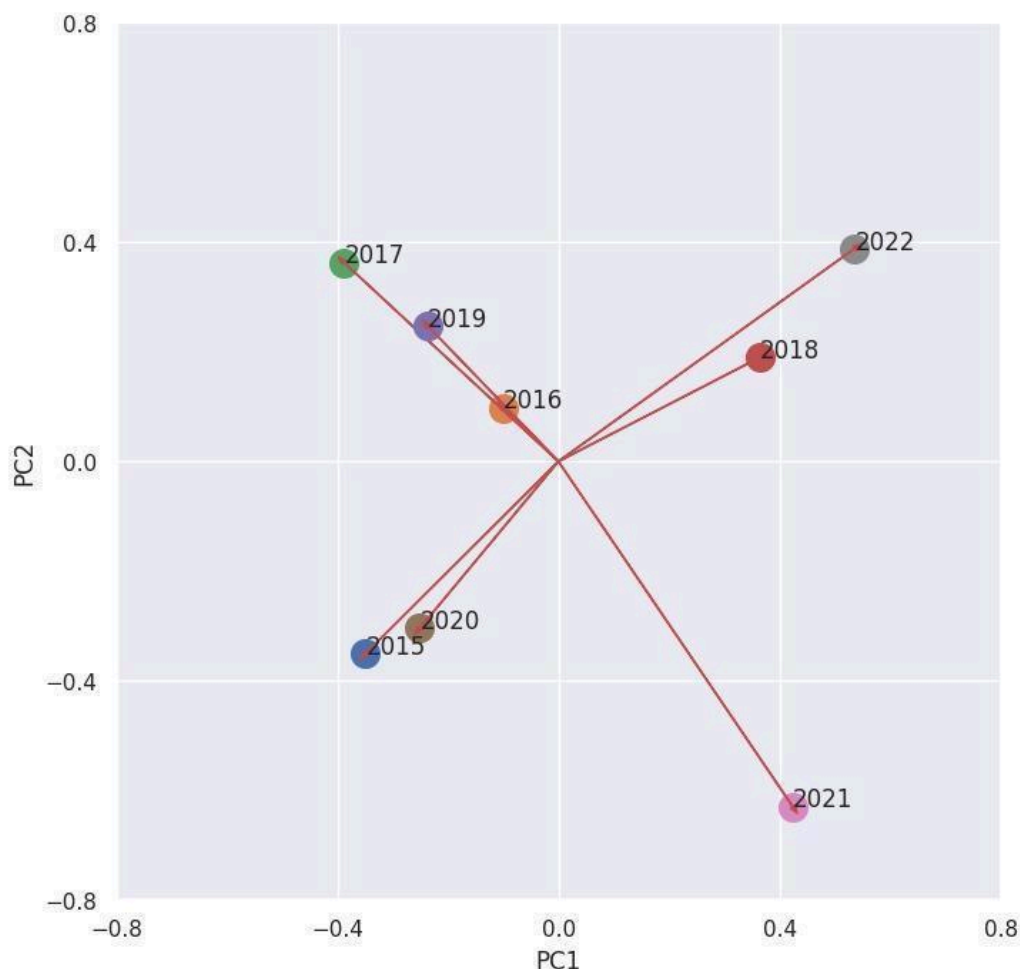
Por outro lado, o Grupo 2 é caracterizado principalmente por disciplinas associadas ao 5º e 6º semestres, enquanto o Grupo 3 abrange seis disciplinas, das quais quatro pertencem ao primeiro ano e duas ao 8º semestre. Essa análise revela padrões distintos na distribuição temporal das disciplinas nos grupos identificados.

Posteriormente, a análise comparativa do grafo na Figura 1 com o agrupamento de disciplinas presente na Tabela 5, evidenciou que o Grupo 4 contém a disciplina Cálculo Fundamental (D1). Esta disciplina é crucial, pois se apresenta como pré-requisito para praticamente todas as outras disciplinas do grupo, exceto Física Experimental para Engenharia (D5). A exceção ocorre devido a ambas as disciplinas pertencerem ao primeiro ano do curso, conforme especificado na Tabela 1. Adicionalmente, constatou-se uma correlação de 0,69 entre as disciplinas Cálculo Fundamental (D1) e Física Experimental para Engenharia (D5), como indicado na Figura 3.

A partir dessa análise detalhada das relações entre disciplinas, a conexão com os escores temporais (anos) foi estabelecida por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) da matriz de correlação dos anos (Figura 2), conforme representado no Gráfico 6. Neste gráfico, foram expostos os

pares de componentes associados aos 2 autovalores identificados por ano, cujos autovalores correspondentes são maiores que um. Essa abordagem proporciona uma compreensão mais profunda das dinâmicas e interações entre as variáveis (disciplinas) e os objetos (anos), contribuindo para uma interpretação mais robusta e abrangente dos resultados obtidos.

Gráfico 6 – Escores

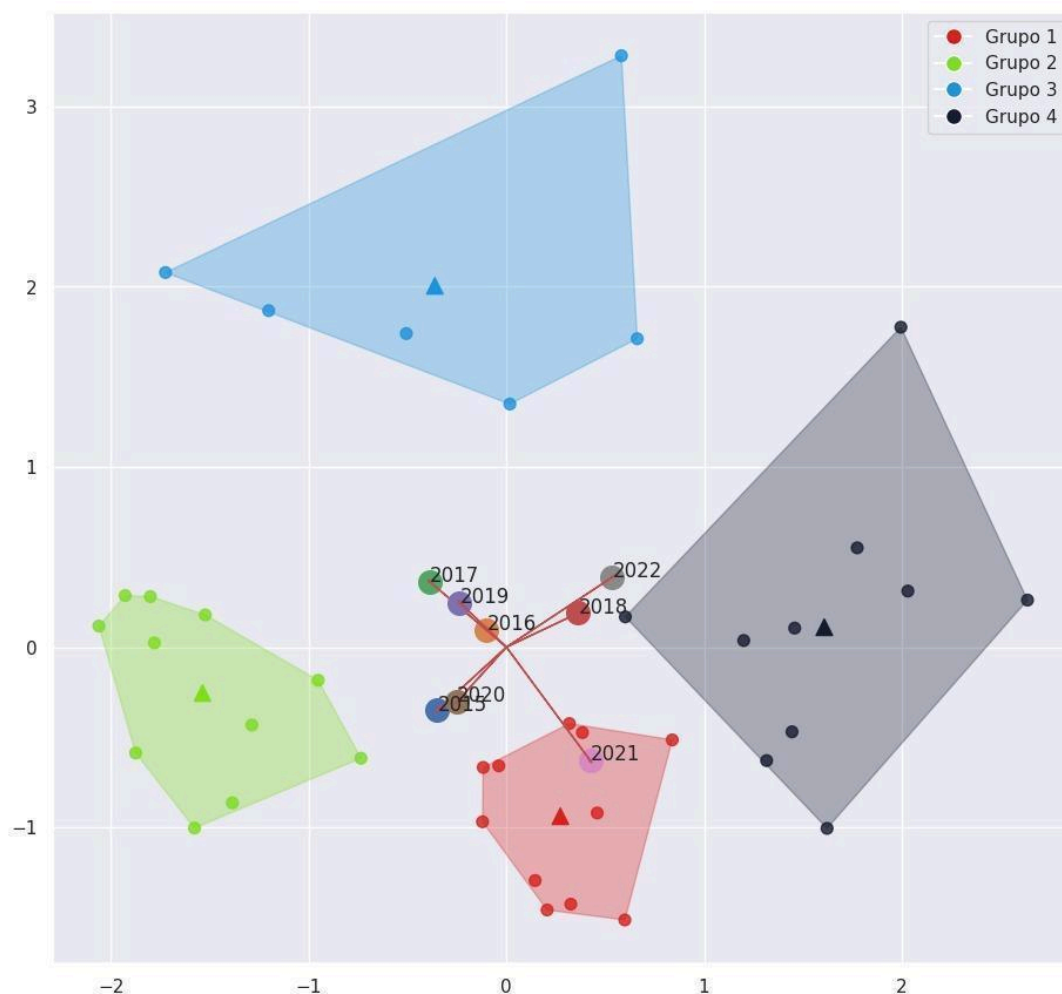


Fonte: Autores (2024).

O Gráfico 6 exibe uma dispersão na distribuição temporal dos anos, destacando-se uma tendência à linearidade entre os anos posicionados na mesma direção, com a exceção notável do ano de 2021, ano este participante da pandemia de COVID-19.

A fim de proporcionar uma visualização mais elucidativa dessa distribuição e explorar as relações entre as variáveis, procedeu-se à construção do biplot integrando os Gráficos 5 e 6. O resultado desta integração é apresentado no Gráfico 7, que sinergicamente incorpora as informações desses gráficos, permitindo uma análise mais abrangente e integrada.

Na análise do biplot, observa-se que a direção e a proximidade relativa dos anos refletem as características de distribuição identificadas nos Gráficos 5 e 6. Essa abordagem gráfica potencializa a interpretação das tendências temporais e fornece considerações adicionais sobre a relação entre os anos, auxiliando na compreensão mais profunda das dinâmicas subjacentes nos dados apresentados.

Gráfico 7 – Biplot

Fonte: Autores (2024).

Ao analisar os Grupos 1 e 2, observa-se uma predominância de disciplinas, totalizando 11 em cada grupo, o que corresponde a aproximadamente 58% do conjunto total de disciplinas avaliadas. Notavelmente, esses dois grupos compartilham os anos de 2020 e 2021 como elementos comuns.

O Grupo 3, conforme previamente mencionado, é caracterizado pela predominância de disciplinas do primeiro semestre, apresentando a peculiaridade de abranger a maior quantidade de anos (três) e a menor quantidade de disciplinas (seis).

Ao relacionar a conjuntura da pandemia de COVID-19, que exerceu influência significativa em diversas esferas da sociedade, com a série temporal dos anos de 2020 a 2022, emerge a interligação desse fenômeno com o desempenho acadêmico dos estudantes do curso de Engenharia Elétrica do CT da UFC.

Infere-se, portanto, que a pandemia de COVID-19 impactou de maneira substancial o desempenho com sucesso dos estudantes desse curso, evidenciada pela marcante influência desses anos nos Grupos 1 e 2. Além disso, o ano de 2022, que coincide com o retorno às aulas presenciais, assinala sua influência no Grupo 4, o qual é caracterizado pela presença da disciplina Cálculo Fundamental (D1), detentora do maior número de pré-requisitos e uma expressiva influência no grafo, conforme retratado na Figura 1.

Diante do exposto, a aplicação das técnicas PCA e sua relação com os grafos na análise dos dados coletados nesta pesquisa proporcionou a conclusão de que as disciplinas pré-requisito do primeiro ano do curso de Engenharia Elétrica do CT da UFC exercem uma influência direta na progressão dos estudantes para os semestres subsequentes. Adicionalmente, constatou-se que as disciplinas do 5º e 6º semestres também desempenham um papel crucial na progressão dos estudantes, representando o cumprimento com sucesso de vários pré-requisitos de disciplinas anteriores.

Por fim, é possível inferir que a pandemia de COVID-19 deixou uma marca indelével no rendimento acadêmico dos estudantes do curso em questão, evidenciada pela significativa alteração no padrão de progressão dos estudantes ao longo dos semestres na série temporal de 2020 a 2022. Essa constatação alinha-se com as tendências identificadas na literatura acadêmica (BLANDO *et al.*, 2021; DIAS; PINTO, 2020; VIEIRA; SILVA, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) propiciou uma notável ampliação no acesso ao Ensino Superior, promovendo a criação, entre outros, de novos *campi* em universidades e institutos federais, e conseqüente interiorização do Ensino Superior. Contudo, paradoxalmente, o orçamento alocado para a manutenção das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) não acompanhou na mesma proporção as crescentes demandas institucionais, gerando uma pressão adicional por eficiência, conforme exigências do Tribunal de Contas da União (TCU), as quais foram fixadas pela Decisão nº 408/2002 – TCU - Plenário (BRASIL, 2002).

Nesse contexto desafiador, os gestores das IFES enfrentam a necessidade premente de embasar suas decisões em dados confiáveis e pertinentes, especialmente diante do aumento de despesas e da contingência de recursos orçamentários. Agravando essa conjuntura, estudo conduzido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2023) revela que, apesar do Brasil investir um volume de recursos comparável ao destinado pelos países desenvolvidos no Ensino Superior, apenas 22% dos jovens entre 25 e 34 anos detêm um diploma de graduação.

Essa problemática está intrinsecamente ligada aos elevados índices de retenção e evasão no Ensino Superior brasileiro, fenômenos multidimensionais que implicam complexidade variada, incluindo fatores como assistência estudantil, integração do estudante à vida no campus e arranjos curriculares.

Diante da complexidade desta problemática, o escopo desta pesquisa concentrou-se na exploração da estrutura curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará (UFC) para identificar as causas curriculares subjacentes à retenção e à evasão dos estudantes de graduação.

A partir da indagação central da pesquisa – "Qual a relação entre a estrutura curricular do curso e a diplomação dos seus estudantes?" – emergiram as seguintes conclusões: primeiramente, as disciplinas pré-requisito do primeiro ano desse curso exercem impacto substancial na trajetória acadêmica dos estudantes ao longo da estrutura curricular. Em segundo lugar, a distribuição das disciplinas pré-requisito não favorece a progressão dos estudantes para as disciplinas subsequentes. Por

fim, constatou-se que os caminhos necessários para a conclusão dessas disciplinas são notavelmente extensos, considerando a quantidade de pré-requisitos a serem cumpridos.

Adicionalmente, a pesquisa evidenciou uma significativa mudança no padrão de progressão dos estudantes ao longo dos semestres durante o período de 2020 a 2022, marcado pela conjuntura da pandemia de COVID-19. Dessa forma, os resultados obtidos corroboram as hipóteses inicialmente formuladas: (1) o modelo atual de oferta das disciplinas impacta o desempenho dos estudantes de graduação e (2) a organização das disciplinas pré-requisito retarda a progressão dos estudantes para os semestres subsequentes e, conseqüentemente, sua diplomação.

Considerando que esta pesquisa apresentou resultados que transcendem as limitações de um único artigo científico, sugere-se o desenvolvimento de futuros trabalhos que incorporem a integração das matrizes, combinando a matriz de referência derivada do grafo com a matriz gerada pela Análise de Componentes Principais (PCA).

Inicialmente concebida para explorar a relação entre o currículo do curso de graduação em Engenharia Elétrica e a diplomação dos estudantes, a pesquisa viu-se compelida a ampliar suas indagações devido às lacunas reveladas pela pandemia de COVID-19. Aspectos como o impacto do ensino remoto emergencial, o isolamento social e a disparidade de acesso à internet na aprendizagem e desempenho acadêmico dos estudantes de graduação tornaram-se áreas de investigação suplementares. Em última análise, a interferência dos períodos de pandemia e pós-pandemia de COVID-19 possibilitou descobertas além do escopo inicialmente delineado pela pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. O uso de computadores na avaliação psicológica: verificação de sua influência sobre o desempenho individual num Teste de Raciocínio Verbal (RV). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 9, n. 2, p. 257-268, 1996a.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Estudo comparativo do desempenho de estudantes do ensino médio em dois formatos (lápiz-papel e computador) de um teste de Raciocínio Verbal (RV) [Resumo]. In: INSTITUTO DE PSICOLOGIA/USP (org.). *II Encontro de Técnicas de Exame Psicológico*. São Paulo: Universidade de São Paulo (USP), 1996b.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. A influência da informática na área da avaliação psicológica. *Psique*, v. 7, n. 11, p. 102-110, 1997.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. *Deteccion del funcionamiento diferencial del ítem (DIF) en tests de rendimiento. Aportaciones teoricas y metodologicas*. Tese de Doutorado (629 pag). Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/39159134_Deteccion_del_funcionamiento_diferencial_del_item_DIF_en_tests_de_rendimiento>. Acesso em: 02/05/2024.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Evasão discente na Universidade Federal do Ceará (UFC): proposta para identificar suas causas e implantar um serviço de Orientação e Informação (SOI). *Ensaio. Avaliação de Políticas Públicas em Educação*, v. 11, n. 40, p. 332-347, 2003a.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. O uso de computadores na avaliação psicológica: estudo de sua influência sobre o desempenho individual num Teste de Raciocínio Numérico (RN). *Interações*, v. 8, n. 15, p. 105-124, 2003b. Disponível em

<http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-29072003000100006>. Acesso em 02/05/2024.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Propostas estatais voltadas à avaliação do ensino superior brasileiro: breve retrospectiva histórica do período 1983-2008. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, v. 6, n. 4, p. 127-148, 2008. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55160408>>. Acesso em: 18/12/2023.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Fatores associados à evasão discente na Universidade Federal do Ceará (UFC) de acordo com as opiniões de docentes e de coordenadores de cursos. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación (REICE)*, v. 7, n. 4, p. 342-356, 2009a. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/551/55114094018.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Psicometria moderna: características e tendências. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 20, p. 319-340, 2009b. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/scielo.php?pid=S0103-68312009000200011&script=sci_abstract&tlng=en>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira. *Faroleiros da Educação: lançando luzes sobre o Ensino Superior*. Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará (UFC), 2012.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira; ANDRIOLA, Cristiany Gomes; MOURA, Cristiane Pascoal. Opiniões de docentes e de coordenadores acerca do fenômeno da evasão discente dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v.14, n.52, p. 365-382, 2006.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira; ARAÚJO, Adriana Castro. Adaptação de alunos ao ambiente universitário: estudo de caso em cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 29, n. 110, p. 135-159, 2021. <<https://doi.org/10.1590/s0104-40362020002802251>>.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira; ARAÚJO, Adriana Castro. Avaliação dos impactos do Programa de Apoio a Planos de Expansão e Reestruturação das Universidades Federais Brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos (RBEP)*, v. 102, n. 261, p. 437-464, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.102i261.4462>>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ANDRIOLA, Wagner Bandeira; ARAÚJO, Adriana Castro. Perfil de ingressantes no Ensino Superior após a Lei de Cotas. *Revista Docentes*, v. 8, p. 19-30, 2023. Disponível em: <<https://revistadocentes.seduc.ce.gov.br/revistadocentes/article/view/242>>. Acesso em: 01 mai. 2024.

ARAÚJO, Rhoberta Santana de. Expansão do ensino superior e desenvolvimentismo: limites e contradições sob a hegemonia do Capital. *Educação e Fronteiras*, v. 6, n. 16, p. 93-105, 2016. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/educacao/article/view/5713>>. Acesso em: 18/12/2023.

BLANDO, Alessandra; MARCILIO, Fabiane Cristina Pereira; FRANCO, Sérgio Roberto Kieling; TEIXEIRA, Marco Antônio Pereira. Levantamento sobre dificuldades que interferem na vida acadêmica de universitários durante a pandemia de COVID-19. *Revista Thema*, v. 20, p. 303-314, 2021. <<https://doi.org/10.15536/thema.V20.Especial.2021.303-314.1857>>

BRASIL. *Decreto nº 6.096, de 24 de abril de 2007*. Institui o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais – REUNI. Brasília, 2007.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). *Censo da Educação Básica 2022: notas estatísticas*. Brasília, DF: Inep, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>>. Acesso em: 11/12/2023.

BRASIL. *Lei nº 10.861, de 24 de abril de 2004*. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – SINAES e dá outras providências. Brasília, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação. Censo mostra que ingresso de alunos cresceu 8,5% em 2008. *Portal do MEC*. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/212-educacao-superior-1690610854/14698-censo-aponta-crescimento-no-ingresso-de-alunos-em-2008>>. Acesso em: 11/12/2023.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Acórdão nº 408/2002*. Plenário. Relator: Ministro Iram Saraiva. Sessão de 24/04/2002. Disponível em: <https://pesquisa.apps.tcu.gov.br/redireciona/acordao-completo/%22ACORDAO-COMPLETO-6830%22>. Acesso em: 10/01/2024.

CAVALCANTE, S. M. A.; ANDRIOLA, W. B. Avaliação da eficiência dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC) através da Análise Envoltória de Dados (DEA). *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, v. 5, p. 291-313, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.15366/riee2012.5.3.017>>. Acesso em: 02/05/2024.

CUNHA, João Paulo Alves; GOIS, Livia Gois dos; TAVARES, Thaís Maria Araújo; QUERINO, Josefa de Jesus; ARAÚJO, Dyego Carlos Souza Anacleto de; BARROS, Izadora Menezes da Cunha; MESQUITA, Alessandra Rezende; BRITO, Giselle de Carvalho. Fatores associados à retenção e intencionalidade de evasão nos cursos de farmácia de uma universidade pública do nordeste brasileiro. *Educação em Revista*, v. 39, n. 39, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/edrevista/article/view/36898>>. Acesso em: 11/12/2023.

DIAS, Érika; PINTO, Fátima Cunha Ferreira. A Educação e a Covid-19. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 28, n. 108, p. 545-554, 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/ensaio/v28n108/1809-4465-ensaio-28-108-0545.pdf>>. Acesso em: 19/12/2023.

FERRAZZA, Adriana Gioato; SCHMITT, Jeovani; ANDRADE, Dalton Francisco de Andrade; KONRATH, Andrea Cristina; VINCENZI, Silvana Ligia. Adequação psicométrica de uma escala de medida de propensão à evasão. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 34, p. e09362, 2023. <<https://doi.org/10.18222/eae.v34.9362>>.

FROM, Danieli Aparecida; ANDRADE, Nilson Nogueira. Impactos do REUNI nas Universidades Federais brasileiras. *Vitrine Produção Acadêmica*, v.7 n.1, p. 181-187, 2019.

GARCÍA JIMÉNEZ, Eduardo; GIL FLORES, Javier; GÓMEZ, Gregorio Rodríguez. *Análisis Factorial*. Madrid: Editorial la Muralla, 2000. (Cuadernos de estadística, 7).

GAVÍRIA SOTO, José Luís. *El Supuesto de la unidimensionalidad en la teoría del rasgo latente: aportaciones metodológicas*. Madrid: Editora da Universidad Complutense de Madrid, 1988.

HATTIE, John. An Empirical study of various indices for determining unidimensionality. *Multivariate Behavioral Research*, n. 19, p. 49-78, 1984.

HATTIE, John. Methodology review: assessing unidimensionality of test and items. *Applied Psychological Measurement*, v.9, n.2, p. 139-164, 1985.

GRANATO, Daniel *et al.* Use of principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA) for multivariate association between bioactive compounds and functional properties in foods: A critical perspective. *Trends in Food Science & Technology*, v. 72, p. 83-90, 2018. <<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.006>>.

HIPPÓLYTO, Luzia Queiroz; ANDRIOLA, Wagner Bandeira; NUNES, Albano Oliveira. Uso da Análise Multivariada (PCA) e da Álgebra Multilinear (PARAFAC) para averiguar a associação entre o clima escolar com o desempenho acadêmico de alunos. *Educação & Linguagem*, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2023. <<https://www.fvj.br/revista/revista-educacao-e-linguagem/edicoes/redli-2023-1-jan-abr-2023/>>. Acesso em 02 mai. 2024.

JOSHI, S. *Types of Clustering Algorithms in Machine Learning With Examples*. Disponível em: <https://www.analytixlabs.co.in/blog/types-of-clustering-algorithms/#1_K-Means_clustering>. Acesso em: 20/12/2023.

KEELING, Kellin Beckford. A Regression equation for determining the dimensionality of data. *Multivariate Behavioral Research*, v. 35, n. 4, p. 457-46, 2000.

LAVOR, João Ferreira; ANDRIOLA, Wagner Bandeira; LIMA, Alberto Sampaio. Avaliando o impacto da qualidade da gestão acadêmica no desempenho dos cursos de graduação: um estudo em universidade pública brasileira. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, v. 8, n. 2, p. 233-254, 2016. Disponível em: <<https://revistas.uam.es/index.php/riee/article/view/2887>>. Acesso em: 02 mai. 2024.

MARTÍNEZ ARIAS, María del Rosario. *Psicometria: teoría de los tests psicológicos y educativos*. Madrid: Ediciones Síntesis, 1997.

MOHAN, Radha. *Measurement, Evaluation, and Assessment Education*. New Delhi: PHI Learning Private Limited, 2016.

NANDAKUMAR, Ratna. Assessing dimensionality of a set of items: comparisons of different approaches. *Journal of Educational Measurement*, n. 31, p. 17-35, 1994.

NUNES, Albano Oliveira; SILVA, Thomaz Edson; MOTA, João César; ALMEIDA, André Ferrer; ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Developing an Instrument for Assessment of Academic Management in Engineering Courses. *IEEE Latin America Transactions*, v. 13, n. 1, p. 264-271, 2015a.

NUNES, Albano Oliveira; SILVA, Thomaz Edson; MOTA, João César; ALMEIDA, André Ferrer; ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Validation of the academic management evaluation instrument based on principal component analysis for engineering and technological courses. *Ingeniería e Investigación*, v. 35, n. 2, p. 96-102, 2015b. <<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v35n2.47369>>.

NUNES, Maria Simone Mendes; LIMA, Alberto Sampaio, ANDRIOLA, Wagner Bandeira; LAVOR, João Ferreira; ARAGÃO, Francisco Erivelton Fernandes. Avaliando a Inserção de Egressos de Cursos de Graduação da Área de Tecnologia da Informação no Mercado de Trabalho Regional Brasileiro. Um Estudo em Campi de Cidades do Interior. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, v. 10, n. 2, p. 127-149, 2017. <<https://doi.org/10.15366/riee2017.10.2.007>>.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE). *Education at a Glance 2023: OECD Indicators*. Paris: OECD Publishing, 2023. <<https://doi.org/10.1787/e13bef63-en>>.

PASQUALI, Luiz. *Psicometria: teoria e aplicações*. Brasília: Universidade de Brasília (UnB), 1997.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

ROCHA, M. M. R. da; LIMA, A. S.; ANDRIOLA, W. B. Avaliação da evasão discente em cursos de graduação da área de engenharia. *Educação & Linguagem*, v.7, n.2, p.116-146, 2020.

SALES, Edriene Cristine da Silva Santos; ROSIM, Daniela; FERREIRA, Vicente Soares da Rocha; COSTA, Sérgio Henrique Barroca. O programa de apoio a planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI): uma análise de seu processo de avaliação. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, v. 24, n. 3, p. 658–679, 2019.

SANTOS JUNIOR, José da Silva; REAL, Giselle Cristina Martins. Reprovação induz evasão? Aspectos da trajetória acadêmica no curso de Matemática-Licenciatura em uma instituição federal de Educação Superior. *Educação e Fronteiras*, v. 10, n. 29, p. 57–71, 2020. <<https://doi.org/10.30612/eduf.v10i29.14171>>.

SILVA, Thomaz Edson Veloso da. *Educometrics: from theory to application*. Tese de doutorado em regime de cotutela (Engenharia de Teleinformática, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, e Data Science, Copenhagen: Copenhagen University), 2017a.

SILVA, Thomaz Edson Veloso da *et al.* QEO Questionnaire for Assessing Experiences in Virtual Learning Environments. *IEEE Latin America Transactions*, v. 15, n. 6, p. 1197-1204, 2017b. <DOI:10.1109/TLA.2017.7932709>.

SILVA, Thomaz Edson Veloso da *et al.* Multivariate analysis for students' evaluation of teaching effectiveness in teleinformatics engineering. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) 2012*. IEEE, 2012. p. H1A-1-H1A-6. <DOI: 10.1109/TALE.2012.6360316>

SILVA, Thomaz Edson Veloso da; MOTA, João Cesar Moura. Educometrics: Principles, Issues and Possible Applications. *Research Gate*, 2020. <DOI:10.13140/RG.2.2.12009.85605>

TYLER, Ralph Winfred. *Basic principles of curriculum and instruction*. Chicago: University of Chicago Press, 1949.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO. Verbas de custeio caem 45% e investimento despenca 50% em universidades federais no governo Bolsonaro. *SOU_CIÊNCIA*. São Paulo, 2022. Disponível em: <<https://souciencia.unifesp.br/destaques/universidade-em-pauta/verbas-de-custeio-caem-45-e-investimento-despenca-50-em-universidades-federais-no-governo-bolsonaro#:~:text=A%20an%C3%A1lise%20mostra%20ainda%20que,apenas%20R%EF%BC%84%20129%20milh%C3%B5es>>. Acesso em: 19/12/2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. *Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Elétrica*. Fortaleza, 2023. Disponível em:

<<https://prograd.ufc.br/pt/cursos-de-graduacao/engenharia-eletrica-fortaleza/>>. Acesso em: 12/03/2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. *Sobre a Comissão Própria de Avaliação*. Fortaleza, 2024. Disponível em: <<https://cpa.ufc.br/pt/sobre-a-comissao-propria-de-avaliacao/conceitos-basicos/>>. Acesso em: 18/02/2024.

VASCONCELOS, Francisco Herbert Lima. *Análise do contexto e dos resultados da aprendizagem da avaliação educacional em um curso de graduação em Engenharia*. Tese (Doutorado em Engenharia de Teleinformática). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015a.

VASCONCELOS, Francisco Herbert Lima; SILVA, Thomaz Edson Veloso da; MOTA, Joao Cesar Moura. Multilinear educational data analysis for evaluation of engineering education. *IEEE Latin America Transactions*, v. 13, n. 8, p. 2785-2791, 2015b. <DOI: 10.1109/TLA.2015.7332163>

VASCONCELOS, Francisco Herbert Lima; SILVA, Thomaz Edson Veloso da; MOTA, João Cesar Moura. The context and outcomes of learning in educational evaluation an engineering course. *IEEE Latin America Transactions*, v. 13, n. 7, p. 2447-2453, 2015c. <DOI: 10.1109/TLA.2015.7273811>.

VIANNA, Heraldo Marelím. Avaliação educacional: uma perspectiva histórica. *Estudos em Avaliação Educacional*, v. 25, n. 60 (especial), p. 14–35, 2014. Disponível em: <<https://publicacoes.fcc.org.br/ae/article/view/3308>>. Acesso em: 18/12/2023.

VIEIRA, Márcia de Freitas; SILVA, Carlos Manuel Seco da. A Educação no contexto da pandemia de COVID-19: uma revisão sistemática de literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE*, v. 28, p. 1013-1031, 2020. Disponível em: <<https://www.rbrie.org/pub/index.php/rbie/article/view/v28p1013/6750>>. Acesso em: 19/12/2023.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Autor 1 – Escrita da primeira versão, revisão e edição do texto, condução da coleta de dados e participação ativa na análise dos dados.

Autor 2 – Análise dos dados e revisão da escrita final.

Autor 3 – Coleta de dados e revisão da escrita final.

Autora 4 – Coordenadora do projeto e revisão da escrita final.

Autor 5 – Revisão da literatura, edição e escrita final.

DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSE

Os autores declaram que não há conflito de interesse com o presente artigo.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.