



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
MESTRADO ACADÊMICO

CAIO COSTA DO AMARAL

ANÁLISE DO FLUXO ACADÊMICO DOS ALUNOS DE ENGENHARIA DA UFC:
UMA APLICAÇÃO DA CADEIA DE MARKOV

FORTALEZA

2023

CAIO COSTA DO AMARAL

ANÁLISE DO FLUXO ACADÊMICO DOS ALUNOS DE ENGENHARIA DA UFC: UMA
APLICAÇÃO DA CADEIA DE MARKOV

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Teleinformática. Área de Concentração: Sinais e Sistemas

Orientador: Prof. Dr. João César Moura Mota

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A513a Amaral, Caio Costa do.
Análise do fluxo acadêmico dos alunos de engenharia da UFC : uma aplicação da cadeia de markov /
Caio Costa do Amaral. – 2023.
103 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Teleinformática, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Joao Cesar Moura Mota.
1. Fluxo estudantil. 2. Educação Superior. 3. Evasão de curso. 4. Cadeias de Markov absorventes. 5.
Avaliação educacional. I. Título.

CDD 621.38

CAIO COSTA DO AMARAL

ANÁLISE DO FLUXO ACADÊMICO DOS ALUNOS DE ENGENHARIA DA UFC: UMA
APLICAÇÃO DA CADEIA DE MARKOV

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Teleinformática do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia de Teleinformática. Área de Concentração: Sinais e Sistemas

Aprovada em: 26 de Junho de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João César Moura Mota (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Charles Casimiro Cavalcante
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Wagner Bandeira Andriola
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Renato da Rocha Lopes
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Dedico esta dissertação para a minha família, especialmente a meus pais, irmãos, irmãs e à minha namorada, por todo o suporte e apoio. Sem vocês, não chegaria até aqui.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho, assim como praticamente tudo na vida, não foi construído sozinho. Desta forma, faz-se necessário aqui os agradecimentos a todos aqueles que colaboraram, de forma direta ou indireta, para esta dissertação. Por isso, agradeço ...

A minha família, especialmente aos meus pais, Clodoaldo Silva do Amaral e Eliete Costa de Oliveira pela compreensão, carinho, suporte e encorajamento necessário para que pudesse persistir e seguir em frente durante todos esses anos de estudo, além de serem estes grandes exemplos na minha vida. Sem vocês nada disso teria sido possível.

As minhas irmãs Amanda Costa, Sabrina Lima e a meu irmão Davi Sandes, pela força e companheirismo dado sempre que possível. Contem comigo para o que precisar.

A minha amada Lígia Foeppel, por tornar meus dias mais alegres e pelo inestimável apoio e força em nos momentos necessários, Espero conseguir retribuir com a mesma intensidade.

Ao Prof. Dr, João César Moura Mota, pela orientação, apoio, dedicação e motivação necessária para o desenvolvimento deste e de outros trabalhos relacionados ao acompanhamento estudantil na UFC.

Aos doutorandos Carlos Alex Martins e Michel Gonzaga, que já estavam envolvidos nos projetos de acompanhamento estudantil e me deram o apoio e conhecimento necessário nesta nova área de conhecimento para realizar este trabalho.

A todos os servidores da Escola Integrada de Desenvolvimento e Inovação Acadêmica (EIDEIA) e da Superintendência de Tecnologia da Informação (STI), e especialmente a Sérgio Braga, Tayná Gomes e Eudijuno Duarte, que contribuíram imensamente na logística necessária para a obtenção dos dados.

Aos amigos Júlio César, David Mota e aos diversos colegas e professores do LESC, pelos ensinamentos técnicos e pela amizade que auxiliaram tanto meu aperfeiçoamento pessoal quanto profissional. Também não poderia esquecer da Dona Fátima, que sempre esteve presente com sua alegria no laboratório, dando suporte, normalmente em forma de café, para que pudesse continuar no gás.

Agradeço também aos professores Dr. Andre Lima, Dr. Gisele Azevedo e Dr. Wagner Andriola, pelos levantamentos e discussões técnicas relacionadas a avaliação de ensino, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

A meus amigos de luta acadêmica e a todos que, de alguma maneira, contribuíram para a realização deste trabalho.

“We are all in the gutter, but some of us are
looking at the stars.”

(Oscar Wilde)

RESUMO

A expansão do Ensino Superior brasileiro trouxe consigo novos desafios para as universidades, principalmente no quesito da permanência dos alunos na graduação. A evasão e retenção dos estudantes é ainda mais grave no ensino público, pois resulta em desperdício dos recursos da união investidos na formação de profissionais qualificados. Desta forma, a investigação e uso de ferramentas que auxiliem na compreensão do comportamento estudantil em relação a este fenômeno é de grande valor. No âmbito local já foram realizadas pesquisas nesta área, como avaliações da efetividade de ensino em um dos cursos de engenharia da UFC e a análise das motivações que influenciam a evasão dos discentes por meio de questionários direcionados. Este trabalho tem como objetivo contribuir com o estudo desta problemática, por meio da análise e modelagem do fluxo estudantil dos alunos dos cursos de Engenharia do Centro de Tecnologia (CT) da Universidade Federal do Ceará, utilizando cadeias de Markov absorventes. Para isto foi criado um modelo com seis estados transientes, que representam a não matrícula e os quintis de completude do curso, assim como três estados finais que contemplam a graduação, mudança de curso e evasão. Este método permitiu estimar algumas métricas como o tempo médio que o aluno leva em cada estado transiente, o tempo que um aluno leva para se graduar, as probabilidades do aluno progredir ou permanecer no mesmo quintil e as probabilidades do discente alcançar os estados finais. A análise foi feita em cima de um conjunto de dados que continham as informações de matrícula dos alunos do semestre 2015.1 a 2022.2, permitindo analisar o comportamento estudantil de alunos ingressantes no mesmo processo seletivo e de alunos ativos na universidade em determinados semestres. Os resultados obtidos mostram probabilidade média em torno de 45% de um aluno ingressante de engenharia se graduar, além das distintas probabilidades de evasão dos alunos em diferentes etapas do curso para as engenharias do Centro de Tecnologia da UFC. Por fim, é apresentada estimativas que mostram uma queda no quantitativo previsto de formação de alunos nas turmas SISU 2016 e 2017 quando comparados aos resultados obtidos nas turmas de 2015. Os resultados obtidos são de grande valor, pois fornecem informações importantes para apoiar o processo decisório dos gestores na elaboração de ações para a melhoria dos cursos de engenharia.

Palavras-chave: fluxo estudantil; educação superior; evasão de curso; cadeias de markov absorventes; avaliação educacional.

ABSTRACT

The expansion of Brazilian higher education has brought new challenges to universities, especially in terms of the permanence of students in undergraduate programs. The evasion and retention of students is even more serious in public education, as it results in a waste of the union's resources invested in the training of qualified professionals. Thus, the research and the utilization of tools that help understand student behavior in relation to this phenomenon is of great value. Locally, research has already been done in this field, such as evaluations of the effectiveness of teaching in one of the engineering courses at the UFC and the analysis of the motivations that influence the dropout of students through targeted questionnaires. This work aims to contribute to the study of this issue, through the analysis and modeling of the student flow of the Engineering courses of the Centro de Tecnologia (CT) of the Federal University of Ceará (UFC), using absorbing Markov chains. For this, a model was created with six transient states, which represent the non-enrollment and the quintiles of course completion, as well as three final states that contemplate graduation, course change and evasion. This method allows estimating some metrics such as the average time a student takes in each transient state, the time it takes a student to graduate, the probabilities of the student progressing or remaining in the same quintile, and the probabilities of the student reaching the final states. The analysis was performed on a dataset containing the enrollment information of students from semester 2015.1 to 2022.2, allowing to analyze the student behavior of students entering the same admissions exam and active students at the university in specific semesters. The results obtained show an average probability around 45% of an incoming engineering student to graduate, in addition to the distinct probabilities of student dropout at different stages of the course for the engineering majors of the UFC. Finally, estimates are presented that show a drop in the expected number of students graduating in the SISU 2016 and 2017 classes when compared to the results obtained in the 2015 class. The results obtained are of great value, as they provide important information to support the decision-making process of managers in the development of actions to improve the engineering courses.

Keywords: student flow; higher education; course dropout; absorbing markov chains; educational evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cadeia de Markov que modela "cara ou coroa"	21
Figura 2 – Cadeia de Markov que modela "roleta russa"	23
Figura 3 – Cadeia de Markov que utiliza como estados transientes as etapas do curso. Os estados 1,2,3 representam as etapas rígidas anuais do curso, "C"é o estado opcional de candidatura, "I"o estado inativo de matrícula, "G"sendo a graduação e "W"o estado de evasão do aluno.	27
Figura 4 – Cadeia de Markov que utiliza como estados transientes as divisões de horas cursadas dos alunos.	28
Figura 5 – Taxas de retenção no período normal e Taxa de evasão Anuais (2015 - 2022)	36
Figura 6 – Processo de aquisição e processamento das informações educacionais . . .	38
Figura 7 – Processamento dos estados de evasão e transferência.	41
Figura 8 – Diagrama de transições de estados deste trabalho.	42
Figura 9 – Exemplo de transições de estados de um aluno.	42
Figura 10 – Diferentes conjuntos de dados analisados.	43
Figura 11 – Representação gráfica das mudanças de estado entre semestre	43
Figura 12 – Probabilidades de transição dos alunos de Engenharia de um semestre para o próximo, por curso. Média SISU 2015 e 2016	51
Figura 13 – Probabilidade dos alunos chegarem a estados absorventes, por curso. Média SISU 2015 e 2016	52
Figura 14 – Probabilidade de um aluno mudar de curso , por curso. Média SISU 2015 e 2016.	53
Figura 15 – Probabilidade de um aluno evadir do curso. Média SISU 2015 e 2016.	54
Figura 16 – Eventos ocorridos nos semestres analisados.	55
Figura 17 – Divisão dos conjuntos de teste dos alunos ingressantes do SISU 2015	61
Figura 18 – Predição de alunos ativos das turmas SISU 2015 a 2017	63
Figura 19 – Predição de alunos formados das turmas SISU 2015 a 2017	64
Figura 20 – Predição de evadidos (transferencias e evasões) das turmas SISU 2015 a 2017	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de alguns trabalhos encontrados na literatura que utilizam os créditos obtidos pelos alunos como estados nas cadeias de Markov, e suas respectivas divisões. ND significa Não Disponível.	29
Tabela 2 – Diferença entre dois grupos de cursos analisados	30
Tabela 3 – Informações utilizadas do conjunto de dados.	38
Tabela 4 – Matriz de transições dos estados definidos neste trabalho.	44
Tabela 5 – Matrizes de frequência dos alunos ingressantes de eng. no SISU 2015 e 2016. Os valores nas matrizes representam o total de transições realizadas entre os estados do sistema no período. Nos estados absorventes, o valor representa o total de alunos que alcançaram estados finais.	45
Tabela 6 – Matrizes de probabilidade, dos alunos ingressantes de engenharia SISU 2015-2016	46
Tabela 7 – Matrizes fundamentais dos cursos de engenharia, do SISU 2015 e 2016 . . .	46
Tabela 8 – Probabilidades de transição dos alunos de engenharia, por estado. Turmas SISU 2015 e 2016	47
Tabela 9 – Probabilidades do aluno relacionadas a não-matrícula, Turmas SISU 2015 e 2016	48
Tabela 10 – Probabilidades de alcançar estados absorventes, Turmas SISU 2015 e 2016.	48
Tabela 11 – Quantidade de semestres estimados para o aluno se graduar, GERAL ENG SISU 2015/2016	49
Tabela 12 – Qtd. de transições médias (semestres) que um aluno leva para chegar a um estado absorvente, saindo de transiente. SISU 2015/2016.	49
Tabela 13 – Quantidade de semestres estimado até a diplomação, para cada curso	50
Tabela 14 – Quantidade de semestres estimados para o aluno se graduar nos cursos de engenharia. Semestres 2019.2 a 2022.2	55
Tabela 15 – Probabilidades de transição dos alunos de engenharia, por estado. Semestres 2019.2 a 2022.2	56
Tabela 16 – Probabilidade dos alunos se graduarem. Semestres 2019.2 a 2022.2	57
Tabela 17 – Probabilidade dos alunos não se graduarem nos cursos de engenharia, entre os semestres 2019.2 a 2022.2	58

Tabela 18 – Probabilidade dos alunos avançarem de estado, por curso. Média dos pares de transições acontecidas por ano (2019.2-2020.2, 2020.2-2021.2, 2021.2-2022.2)	59
Tabela 19 – Probabilidade dos alunos se graduarem, por curso. Média dos pares de transições acontecidas por ano (2019.2-2020.2, 2020.2-2021.2, 2021.2-2022.2)	60
Tabela 20 – Quantitativo de alunos ativos e inativos da Seleção SISU 2015, no grupo geral de engenharias.	62
Tabela 21 – Comparação das previsões a partir dos n-4 e n-2 semestres, comparado com os dados reais dos alunos SISU 2015.	62
Tabela 22 – Comparação das previsões a partir dos n-4 e n-2 semestres dos alunos SISU 2015, integrando as métricas de evasão e mudança de curso usadas no trabalho.	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BRAFITEC	Programa Franco-Brasileiro de Formação em Engenharia e Tecnologia
CFE	Conselho Federal de Engenharia
CT	Centro de Tecnologia
EIDEIA	Escola Integrada de Desenvolvimento e Inovação Acadêmica
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PNAES	Programa Nacional de Assistência Estudantil
REUNI	Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SIGAA	Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas
SISU	Sistema de Seleção Unificada
STI	Superintendência de Tecnologia da Informação
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	17
1.2	Organização do trabalho	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	Cadeias de Markov	19
2.1.1	<i>Cadeia de Markov absorventes</i>	23
2.2	Cenário educacional	26
2.2.1	<i>Trabalhos relacionados na literatura</i>	26
2.2.2	<i>Conceitos relevantes sobre a evasão no Ensino Superior</i>	32
3	METODOLOGIA	35
3.1	Caracterização dos dados	35
3.1.1	<i>Local de pesquisa</i>	35
3.1.2	<i>Detalhamento do conjunto de dados</i>	37
3.2	Estratégia de modelagem	39
3.2.1	<i>Estados da cadeia</i>	40
3.2.2	<i>Divisão dos grupos de alunos</i>	42
4	MODELAGEM E RESULTADOS	45
4.1	Modelagem por acompanhamento de turma SISU - Geral Engenharias	45
4.1.1	<i>Métricas obtidas</i>	47
4.1.2	<i>Modelagem por acompanhamento de turma SISU - Individual por curso</i>	50
4.2	Modelagem por acompanhamento entre semestres	54
4.3	Predição de fluxo educacional	61
4.3.1	<i>Análise de predição do modelo</i>	61
4.3.2	<i>Predições futuras das Turmas SISU</i>	63
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	65
5.1	Conclusão	65
5.2	Limitações e Trabalhos futuros	66
	REFERÊNCIAS	67
	APÊNDICES	76

APÊNDICE A – MATRIZES DE TRANSIÇÃO PARA ANÁLISES POR TURMA SISU	76
APÊNDICE B – MATRIZES DE TRANSIÇÃO PARA ANÁLISES POR TRANSIÇÃO ENTRE SEMESTRES	80
APÊNDICE C – ARTIGOS PUBLICADOS	88

1 INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento tecnológico na sociedade contemporânea vem refletindo na necessidade e na exigência do mercado em contar com profissionais que sejam capazes de desenvolver e solucionar problemas (ANDRIOLA, 2014; DENIZ, 2015). Dessa forma, o investimento na formação de qualidade para formar profissionais nas áreas tecnológicas torna-se essencial para o desenvolvimento econômico e científico de um país (BAKER *et al.*, 2011; KRUSS *et al.*, 2015).

O Governo Federal, visando incentivar o acesso, expansão e reestruturação do Ensino Superior, lançou em 2007 o Decreto Presidencial nº 9.096, definindo e implementando o Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) (CAVALCANTE, 2011; ROCHA, 2020), que estabeleceu diversos objetivos e metas em relação à ampliação do ensino superior, dentre estas, o aumento do quantitativo de matrículas nas Universidades brasileiras. (CAVALCANTE, 2011).

Este plano, junto com outras iniciativas, como a criação do Programa Nacional de Assistência Estudantil (PNAES), tiveram êxito em aumentar as matrículas do Ensino Superior (ROCHA, 2020), alcançando um aumento de ingressantes de quase 50% entre 2007 e 2014, que podem ser observados nos Censos do Ensino Superior realizados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (INEP, 2012; INEP, 2022). Entretanto, esse aumento trouxe consigo novos desafios, principalmente na permanência e formação destes alunos, o que pode ser visto nas altas taxas de evasão, desistência e retenção dos alunos nos cursos de Ensino Superior (LIMA; ANDRIOLA, 2018; SILVA FILHO *et al.*, 2007). Este fenômeno gera impacto negativo em termos econômicos e sociais, devido aos recursos investidos sem o retorno esperado à sociedade (SILVA FILHO *et al.*, 2007).

Devido a este problema, surgiram novas pesquisas sobre o comportamento de adesão e participação dos alunos no ensino superior (conceitos como persistência, taxa de graduação, carga horária do curso, horas aprovadas, dentre outros) devido ao interesse de investigar e compreender os resultados acadêmicos alcançados no processo educacional (BAHR, 2009). Esta é uma forma de avaliação educacional, que é uma atividade científica de obtenção de informações que fornece diagnóstico e subsídios para a implementação ou manutenção de políticas educacionais (ANDRIOLA, 1999; AMARAL *et al.*, 2022).

No caso das Engenharias, estes problemas se mostram especialmente preocupantes, visto que estes cursos possuem médias de evasão, desistência e retenção acima da média dos

outros cursos (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Em relação a resultados locais, Rocha (2020) investigou a evasão discente dos cursos de engenharia do Centro de Tecnologia UFC, analisando quais fatores influenciavam o aumento desta métrica por meio de consultas a docentes e discentes. Avaliações de curso por consultas a discentes também foram realizadas por Silva (2013), Nunes (2015), Vasconcelos (2015) e Souza (2016), aplicando métodos numéricos para avaliar o ensino de um curso de engenharia da UFC. A análise de dados educacionais também foram realizadas de forma exploratória por Amaral *et al.* (2022), analisando algumas métricas de desempenho acadêmico dos alunos de um curso de engenharia da UFC.

Trabalhos na literatura mostram que o comportamento estudantil dos alunos em busca da graduação possui características estocásticas que permite modelá-las por meio das cadeias de Markov. (MASHAT *et al.*, 2012; SYMEONAKI; KALAMATIANOU, 2012; BREZAVŠČEK *et al.*, 2017). A cadeia de Markov é um processo estocástico que representa uma sequência de variáveis aleatórias, no qual a probabilidade futura de um evento ocorrer é influenciada apenas pelo estado atual do sistema, não dependendo assim do conhecimento dos acontecimentos anteriores (TIJMS, 2003).

É possível encontrar trabalhos que investigam os aspectos de permanência e comportamento estudantil por cadeias de Markov que utilizam como estados transientes o total de horas aprovadas acumuladas dos alunos, segmentando-os em estados discretos a serem alcançados até a conclusão do curso (PORATH, 2009; ALAWADHI; KONSOWA, 2010; MASHAT *et al.*, 2012; GAGNE, 2015; PIERRE; SILVER, 2016; MAMUDU, 2017; GANDY *et al.*, fall 2019). Os créditos curriculares do curso nestes trabalhos são divididos em quatro estados, *Freshman*, *Sophomore*, *Junior* e *Senior*, onde o aluno avança de estado ao conseguir acumular a quantidade de créditos definidos.

Entretanto, há uma inconsistência em trabalhos que utilizam esse método, em relação à definição dos valores de cada "estado" que o aluno se encontra, normalmente utilizando os valores arbitrários definidos pela universidade, o que dificulta a realização de comparações entre diferentes estudos que utilizam esse método. Essa divisão tipicamente encontrada na literatura também não aborda as diferenças de grade curricular entre cursos, não ajustando os limiares de cada nível de acordo com o total de créditos do curso. Aljohani (2016) menciona que estudos sobre a retenção e comportamento de estudantes são notoriamente limitados em respeito à capacidade de generalização dos resultados obtidos. A falta de uniformidade nesse tipo de modelagem certamente contribui para este problema.

Diante disto, neste trabalho é apresentada uma análise da trajetória dos alunos dos cursos de Engenharia do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), realizada através da modelagem do fluxo educacional de alunos por meio de uma cadeia de Markov absorvente. Para isso, também se propõe uma nova classificação do progresso do aluno baseada na quantidade de créditos/horas cursadas, com os estados transientes representando os quintis do total de horas curriculares de curso.

Desta forma, apresentam-se tanto resultados relevantes para o contexto da UFC, permitindo a análise do comportamento dos alunos nos cursos mencionados, como a probabilidade de um aluno ingressante evadir, graduar ou mudar de curso na UFC, o tempo médio que os alunos levam em cada etapa do curso, as probabilidades dos alunos avançarem entre cada etapa do curso, dentre outros, assim como a proposição de um processo que possa ser aplicado em outros cursos e unidades educacionais.

1.1 Objetivos

Considerando o contexto exposto, neste trabalho é apresentada uma análise da trajetória dos alunos dos cursos de Engenharia do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará (UFC), modelando o fluxo educacional de alunos por meio de uma cadeia de Markov discreta com seis estados transientes e três estados absorventes, relacionados à aprovação e ao progresso do aluno no curso. As análises foram realizadas tanto individualmente por curso quanto agrupadamente para os cursos de engenharia do Campus do Pici, de forma a analisar o comportamento geral e individual do fluxo de alunos no curso.

Adicionalmente, os conjuntos de dados dos cursos foram segmentados de duas formas distintas: um que agrupa as transições de estado dos alunos que entraram em um mesmo processo seletivo e outro que agrupa as transições de estados que acontecem entre dois semestres letivos. Isso permite a análise das diferenças entre os dois métodos, em relação às informações que representam.

Abaixo seguem alguns dos objetivos específicos a serem alcançados neste trabalho:

- Implementar uma modelagem da cadeia de Markov que permita analisar o fluxo dos alunos, assim como a evasão, conclusão e mudança de curso e aplicá-lo no conjunto de cursos de engenharia do Centro de Tecnologia (CT) da UFC;
- Avaliar quais as diferenças entre o fluxo de alunos considerando os cursos de engenharia de forma individual e de forma conjunta.

- Avaliar as diferenças entre os métodos de segmentação do conjunto de dados e verificar as vantagens e desvantagens dos mesmos.

1.2 Organização do trabalho

Este trabalho é dividido em cinco partes, e está organizado da seguinte forma:

Neste capítulo será apresentado o contexto geral no qual este trabalho se insere, destacando a motivação, objetivos e contribuições dessa dissertação.

No **Capítulo 2** será apresentada uma contextualização sobre o que é cadeia de Markov, suas especificidades e trabalhos relacionados que utilizam essa ferramenta.

Já no **Capítulo 3** é mostrada a metodologia utilizada para extrair as informações necessárias para realizar a análise por meio da cadeia de Markov. Nisso serão discutidos os dois conjuntos de dados a serem analisados.

Em seguida, no **Capítulo 4** serão apresentados os resultados da modelagem para os dois conjuntos de dados, tanto agrupando os cursos de engenharia quanto individualmente. Para finalizar, as conclusões e trabalhos futuros serão discutidos no **Capítulo 5**.

Por fim, este trabalho gerou a seguinte publicação de artigo em conferência, que pode ser encontrado no apêndice C :

- AMARAL, C. C. DO et al. ANÁLISE DOS RESULTADOS DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UM ESTUDO COMPARATIVO NOS ANOS DE 2017 A 2021. Proceedings of the L Brazilian Congress of Engineering Education. Em: 5º Simpósio Internacional de Educação em Engenharia da ABENGE, 2022.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A evasão e retenção de alunos no ensino superior trazem prejuízos sociais e econômicos, pois gera custos que não se convertem em mão de obra qualificada para o país, sendo este um problema enfrentado por universidades no mundo todo. A análise e estudo do comportamento estudantil nestes casos podem indicar possíveis gargalos no fluxo educacional, possibilitando a realização de mudanças e melhorias para reduzir estes cenários. Trabalhos na literatura mostram que o comportamento estudantil dos alunos possui características estocásticas, o que permite modelá-las por meio das cadeias de Markov (MASHAT *et al.*, 2012; SYMEONAKI; KALAMATIANTANOU, 2012; BREZAVŠČEK *et al.*, 2017), que será a metodologia de análise e geração de resultados deste trabalho.

Neste capítulo será apresentada uma fundamentação inicial sobre os conceitos e técnicas utilizadas para realizar modelagens por cadeias finitas de Markov, com o intuito de auxiliar a compreensão dos fenômenos associados ao fluxo estudantil pelo leitor. Em seguida, serão discutidos trabalhos que utilizam esse método para a análise de sistemas educacionais.

2.1 Cadeias de Markov

Um processo de Markov permite-nos modelar a incerteza em muitos sistemas do mundo real que evoluem dinamicamente no tempo (TIJMS, 2003). Mas antes de descrever o que é cadeia de Markov, devemos definir um conceito mais amplo, que é de um processo estocástico.

Um processo estocástico $\underline{X} = \{X(t), t \in T\}$ é um conjunto de variáveis aleatórias no qual para cada t contido no conjunto ordenado T , $X(t)$ é uma variável que pertence ao conjunto amostral E . Se interpretarmos t como o tempo, podemos dizer que $X(t)$ é o estado do processo no tempo t . Se T for um conjunto contável então E é um conjunto finito de estados e podemos chamar \underline{X} de um processo estocástico em tempo discreto. Caso contrário, se T for um conjunto contínuo então \underline{X} é um processo estocástico em tempo contínuo. (ROSS, 1995)

O processo de Markov é um caso especial de processo estocástico, no qual o conjunto amostral E é composto pelos estados possíveis que o sistema pode assumir e em que podemos realizar a seguinte afirmação: sempre que o sistema esteja no estado i , existe uma probabilidade fixa p_{ij} de que o próximo estado no tempo $t + 1$ será o estado j (ROSS, 1995). Descrevendo formalmente, temos que:

$$p\{X_{t+1} = j \mid X_0 = n_0, \dots, X_{t-1} = n_{t-1}, X_t = i\} = p\{X_{t+1} = j \mid X_t = i\} = p_{ij}, \quad (2.1)$$

no qual $j, i, n_0 \dots n_{t-1} \in E$.

Essa característica descrita acima também pode ser chamada de propriedade Markoviana, no qual podemos dizer que probabilidade de transição entre dois estados $i, j \in E$, representada por p_{ij} , independe dos estados do sistema em tempos anteriores, sendo definida apenas pelo estado atual do sistema (ROSS, 1995; TIJMS, 2003). Uma propriedade importante é a homogeneidade no tempo, no qual se considera que a probabilidade $p_{ij} = p\{X_{t+1} = j \mid X_t = i\}$ independa do tempo t escolhido (TIJMS, 2003).

As probabilidades de transições entre um intervalo de tempo podem ser representadas em uma matriz quadrada $m \times m$, onde m é o total de estados no conjunto $E = \{1, 2, \dots, m\}$. A matriz P descreve as probabilidades de transição entre os estados nos instantes adjacentes, sendo chamada de matriz de probabilidades de transição entre estados, descrita conforme a eq. 2.2 .

$$P = [p_{ij}]_{m \times m} = \begin{array}{c} \leftarrow \text{Próximo estado} \rightarrow \\ \begin{array}{ccccc} & 1 & 2 & 3 & \cdots & m \\ \uparrow \text{Estado Atual} & 1 & \left[\begin{array}{ccccc} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2m} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdots & p_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & \cdots & p_{mm} \end{array} \right. & \\ \downarrow & m & & & & \end{array} \end{array} \quad (2.2)$$

Naturalmente, as probabilidades de transição entre os estados devem seguir as propriedades a seguir.

- $0 \leq p_{ij} \leq 1$, para todo $i, j \in E$.
- $\sum_{j \in E} p_{ij} = 1$, para todo $i \in E$.

Uma forma alternativa de representar cadeias de Markov é por meio de dígrafos valorados, isto é, grafos direcionados que possuem pesos nos vértices, em que os vértices do grafo são os estados que o sistema possui, as arestas representam as transições entre os estados

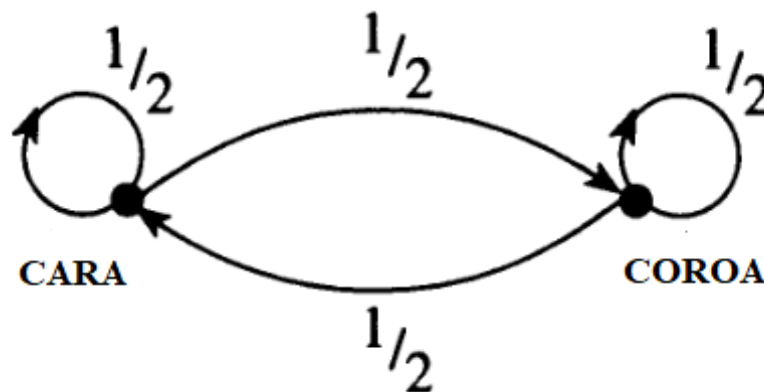
do sistema e os pesos nas arestas são as probabilidades de transição entre os estados. (WALTER; CONTRERAS, 1999).

Para exemplificar esses conceitos, podemos considerar a dinâmica de um jogo "cara ou coroa", modelado por um processo estocástico com apenas dois estados possíveis, $E = \{\text{CARA}, \text{COROA}\}$. Naturalmente, como a probabilidade de tirar CARA ou COROA na próxima jogada não depende das jogadas anteriores, pode-se concluir que esse sistema possui a propriedade markoviana, e portanto é uma cadeia de Markov discreta. Adicionalmente, como a probabilidade de tirar CARA é a mesma de tirar COROA, que são iguais a $\frac{1}{2}$, podemos descrever esse sistema com a seguinte matriz de probabilidades.

$$P = [p_{ij}]_{2 \times 2} = \begin{array}{c} \text{CARA} \\ \text{COROA} \end{array} \begin{array}{cc} \text{CARA} & \text{COROA} \\ \left[\begin{array}{cc} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{array} \right] \end{array} \quad (2.3)$$

A representação em dígrafo da matriz de probabilidades P da equação 2.3 pode ser vista na figura 1 a seguir.

Figura 1 – Cadeia de Markov que modela "cara ou coroa"



Fonte: Adaptado de Walter e Contreras (1999)

Como descrito anteriormente, a matriz de probabilidade de transições P contém as probabilidades de mudança de estado em um intervalo de tempo, de t para $t + 1$. Se as probabilidades de transições entre os estados não variarem no tempo, é possível obter as probabilidades de transição em n intervalos de tempo, de t a $t + n$, sendo t e n números inteiros positivos, com $n \geq 1$ (TIJMS, 2003). Essa probabilidade é definida pela eq. 2.4.

$$p_{ij}^{(n)} = p(X_{t+n} = y | X_t = x), \text{ para todo } i, j \in E \quad (2.4)$$

A probabilidade de transição em n períodos de tempo, $p_{ij}^{(n)}$, exibida na equação 2.4, também pode ser obtida por meio das equações de Chapman–Kolmogoroff, a qual define que a probabilidade de transição do estado i para j em $m + n$ passos pode ser calculada com o somatório das probabilidades de transição do estado i para um estado intermediário qualquer k em n passos com a probabilidade de transição do estado intermediário k para o estado j em m passos (TIJMS, 2003). A equação que representa essa probabilidade pode ser vista abaixo.

$$p_{ij}^{(m+n)} = \sum_{k \in E} p_{ik}^{(m)} p_{kj}^{(n)}, \text{ para todo } i, j \in E. \quad (2.5)$$

Essa probabilidade pode ser calculada para toda a matriz P , de forma que podemos descrever a probabilidade de transição de todos os estados em $n + m$ passos da forma descrita na equação 2.6.

$$P^{(m+n)} = P^{(m)} \cdot P^{(n)} \quad (2.6)$$

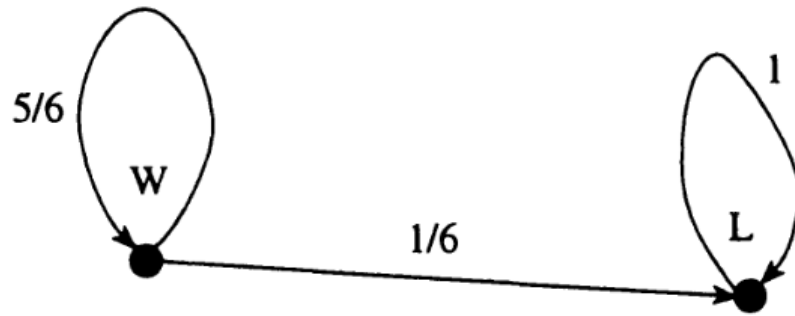
Podemos calcular as probabilidades dos estados após n transições, considerando um vetor com as probabilidades iniciais do sistema, p_0 , multiplicado com as probabilidades de transição em n transições, $P^{(n)}$, que podem ser calculadas com as equações de Chapman–Kolmogoroff mencionadas anteriormente. Desta forma, temos que esse resultado pode ser descrito pela equação 2.7.

$$P^{(n)} = p_0 \cdot P^{(n)} \quad (2.7)$$

Em relação aos tipos de estados, podemos classificá-los em três tipos: transiente, recorrente e absorvente. Um estado i é dito recorrente caso a probabilidade do sistema estocástico iniciar e retornar ao mesmo estado seja igual a um, independentemente de quantas transições sejam necessárias. Em outras palavras, um estado i ser recorrente indica que o processo estocástico ao iniciar deste estado, necessariamente retornará a ele em algum momento (TIJMS, 2003). Caso esta probabilidade seja menor que um, o estado é denominado transiente.

Um caso especial de estado recorrente é o estado absorvente, no qual o processo estocástico permanecerá indefinidamente neste estado após alcançá-lo. Descrevendo de outra maneira, um estado absorvente i é aquele que a probabilidade de transição para si mesmo, p_{ii} , é

Figura 2 – Cadeia de Markov que modela "roleta russa"



Fonte: Adaptado de Walter e Contreras (1999)

igual a um. (TIJMS, 2003; LEVIN *et al.*, 2017) Um exemplo de sistema estocástico que possui estados absorventes é o do jogo roleta russa, que pode ser visto na figura 2.

Observando no dígrafo que representa o sistema estocástico da roleta russa, podemos visualizar que no estado L há apenas uma transição, direcionada para si próprio, caracterizando assim L como um estado absorvente. Cadeias de Markov que possuem ao menos um estado absorvente são denominadas da Cadeia de Markov absorventes, possuindo propriedades e características distintas que serão explicadas na seção a seguir.

2.1.1 Cadeia de Markov absorventes

Uma cadeia de Markov absorvente é um tipo especial da cadeia de Markov, no qual existe pelo menos um estado absorvente no conjunto de estados, e estes estados absorventes são alcançáveis, isto é, existe probabilidade não nula de um estado transiente chegar a um estado absorvente. Para esse tipo da cadeia é possível extrair características como o tempo esperado até a absorção, probabilidades de transição para cada estado absorvente, o tempo esperado médio em cada estado transiente do sistema, dentre outros. Nesta seção serão descritos os métodos para extrair essas informações.

A matriz de transições de probabilidades de uma cadeia de Markov absorvente com t estados transientes e n estados absorventes pode ser descrita da forma canônica, separada em submatrizes da forma representada na equação 2.8 (ROSS, 1995; GRINSTEAD; SNELL, 1998; WALTER; CONTRERAS, 1999; TIJMS, 2003).

$$P = \begin{matrix} & \text{TR.} & \text{ABS.} \\ \begin{matrix} \text{TR.} \\ \text{ABS.} \end{matrix} & \begin{bmatrix} Q & R \\ O & I \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.8)$$

Nesta representação, Q é uma matriz $t \times t$, contendo apenas as probabilidades de transição entre estados transientes, R é uma matriz $t \times n$ que armazena somente as probabilidades de transição de estados transientes para estados absorventes, O é uma matriz $n \times t$ que possui as probabilidades de transição de estados absorventes para estados transientes, e a matriz I com tamanho $n \times n$, que representa as probabilidades de transições entre estados absorventes.

Como por definição não há transições de um estado absorvente para qualquer outro estado além dele mesmo, é natural afirmar que a matriz O é uma matriz nula, e que a matriz I é uma matriz identidade de tamanho n , por possuir probabilidades nulas em todas as transições, exceto naquelas em que o estado absorvente pra si próprio, cuja probabilidade é igual a um.

Considerando o exemplo do jogo "roleta-russa", que é uma cadeia de Markov absorvente, temos que a sua matriz de transições desse sistema será igual á equação 2.9.

$$P = [p_{ij}]_{2 \times 2} = \begin{matrix} & \text{W} & \text{L} \\ \text{W} & \begin{bmatrix} \frac{5}{6} & \frac{1}{6} \end{bmatrix} \\ \text{L} & \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2.9)$$

As probabilidades de o sistema estocástico passar de um estado transiente para um estado absorvente em n transições podem ser calculadas para toda a matriz utilizando o conceito apresentado na equação 2.6, no qual:

- Para um único intervalo, temos que a matriz de probabilidade de transição é dada por R .
- Para dois intervalos, temos que a matriz de probabilidade é dada por QR .
- Para três intervalos, temos que a matriz de probabilidade é dada por Q^2R .
- \vdots
- Para n intervalos, temos que a matriz de probabilidade é dada por Q^nR .

Sendo assim, a matriz de probabilidades do processo passar de um estado transiente i para um estado absorvente j em até n intervalos de tempo $\{1, 2, \dots, n\}$, que podemos chamar de F_n pode ser calculada pela soma das probabilidades de transição para cada transição realizada até n , expressa na equação 2.10.

$$F_n = R + QR + Q^2R + \dots + Q^nR \quad (2.10)$$

Um caso especial é quando queremos saber as probabilidades finais de transição entre estados transientes para absorventes de um sistema estocástico, onde a quantidade de

transições de estados $n \rightarrow \infty$. Essa probabilidade é apresentada na equação 2.11. (ROSS, 1995; GRINSTEAD; SNELL, 1998; WALTER; CONTRERAS, 1999; TIJMS, 2003).

$$F_{\infty} = (I - Q)^{-1}R \quad (2.11)$$

Em uma cadeia de Markov absorvente, através de uma matriz com dimensões $t \times t$, onde t é o quantitativo de estados transientes, podemos descobrir a quantidade de transições que ocorrem quando o sistema se inicia de um estado transiente para qualquer outro do sistema. Caso estejamos interessados no valor esperado de passagens do sistema passa no estado j ao iniciarmos do estado i , podemos observar o item n_{ij} dessa matriz, que é denominada de matriz fundamental, N . O cálculo desta matriz pode ser realizado com a equação descrita em 2.12.

$$N = (I - Q)^{-1} \quad (2.12)$$

O tempo esperado de um sistema estocástico começar de um estado transiente i e alcançar um estado absorvente qualquer, representado por t_i , é dado pela matriz T que pode ser calculada na equação 2.13

$$T = N \times u, \text{ em que } u \text{ é um vetor coluna unitário de dimensões } 1 \times n \quad (2.13)$$

Por fim, caso o sistema estocástico tenha um estado absorvente no qual o seu alcance dependa da passagem em todos os estados transientes do sistema, podemos estimar a quantidade final de transições que um processo estocástico realiza até chegar esse estado. Podemos chamar esta métrica de E , que pode ser obtido pela soma dos componentes diagonais da matriz fundamental N , como demonstrado na equação 2.14 a seguir.

$$E = N_{11} + N_{22} + \dots + N_{tt}, \text{ em que } t \text{ é o último estado transiente do modelo.} \quad (2.14)$$

Esta métrica é útil, pois no contexto educacional este cálculo representa a estimativa do quantas transições um aluno ingressante leva até concluir seu curso de graduação.

Apesar de matematicamente simples, o uso das cadeias de Markov na modelagem de sistemas é bastante útil, sendo utilizada na lógica de recomendação de páginas *PageRank*, do Google (LEUNG, 2004; JAUREGUI, 2012), utilizado em padrões de normas da *International Electrotechnical Commission* (IEC) para análise de confiabilidade, disponibilidade, manutibilidade e recursos de segurança em sistemas industriais (CEI, 2006), em aplicações de processamento de linguagem natural (ALMUTIRI; NADEEM, 2022) e em diversas outras áreas.

2.2 Cenário educacional

2.2.1 *Trabalhos relacionados na literatura*

A análise do comportamento de sistemas educacionais por meio das cadeias de Markov não é algo recente. Gani (1963) já utilizava esse método para estimar a quantidade de matrículas e formações em uma universidade australiana. O uso predominante desta ferramenta se deve à aplicação em dados longitudinais, que podem ser obtidos com facilidade em sistemas educacionais (ARMACOST; WILSON, 2002)

Antes de citar trabalhos relacionados à modelagem educacional dos alunos de graduação, vale destacar aplicações da cadeia de Markov em outros sistemas educacionais. Ascama (2002) realiza uma investigação no Ensino Fundamental brasileiro, utilizando cadeias de Markov para realizar projeções de quantidade de matrículas nos anos seguintes (2005-2007), assim como a taxa de progressão dos alunos em todas as regiões brasileiras.

Ibrahim e Sampath (2022) investigam o aumento do tempo médio de permanência de alunos indonésios na educação básica, modelando e realizando previsões sobre o comportamento desse sistema. Já Kortu (2021) realiza análises do comportamento dos alunos no Ensino Médio, assim como os trabalhos de Nyandwaki *et al.* (2014), Egbo *et al.* (2018), Auwalu *et al.* (2013), Nyandwaki e Kennedy (2016)

Mark e Karmel (2010) modelaram o comportamento dos alunos em cursos vocacionais na Austrália, similar em conceito aos cursos técnicos aqui no Brasil, focando na estimativa da probabilidade do aluno que chega ao final do primeiro ano permanecer e concluir o curso.

Em relação ao ensino na pós-graduação, há trabalhos como o de Nicholls (2007) que analisa o fluxo de alunos de mestrado e doutorado de uma universidade australiana, realizado para averiguar e investigar as baixas taxas de conclusão, e o de Bessent e Bessent (1980), que investiga a progressão dos alunos até a defesa, para averiguar se o fluxo de alunos ingressantes e matriculados naquele período causaria risco de sobrecarga dos professores no futuro, com excesso de estudantes a serem orientados.

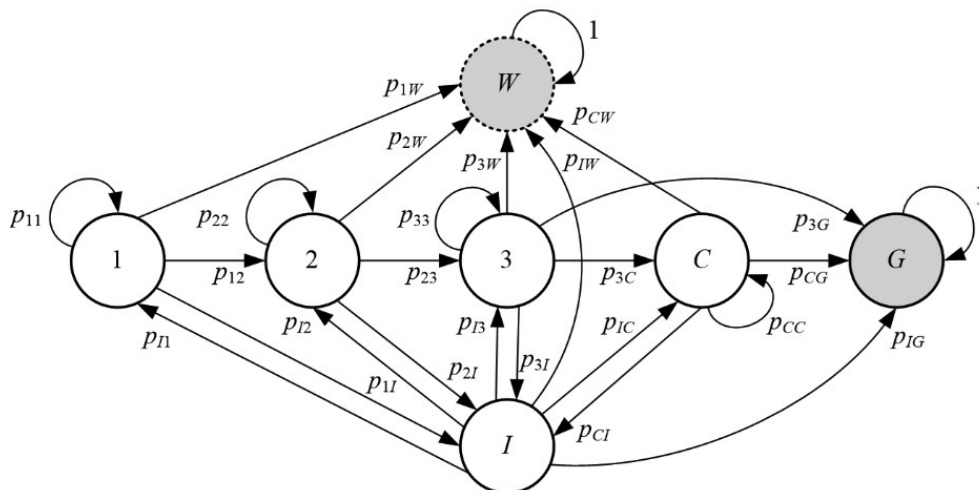
Thonstad (1967) realiza uma análise completa com cadeias de Markov, englobando desde a escola primária até a universidade, com dados de 1961 a 1963, modelando o fluxo estudantil de todo o sistema educacional norueguês naquele período. Trabalhos posteriores desse autor relacionam os resultados obtidos com as expectativas de demanda e oferta de força de trabalho no país (VAIZEY; THONSTAD, 1969). Geary (1978) realiza análise similar no sistema

educacional da Suíça.

Bleau (1981) analisa o sistema de ensino superior, mas focado no comportamento do corpo docente de uma universidade americana. Utiliza como estados transientes os níveis de titularidade alcançáveis pelos professores, desde professor auxiliar até titular, estimando a partir disso a composição de quadro docente, estimativas de entrada e saída de professores, dentre outros resultados.

Em relação a trabalhos que modelam o comportamento estudantil na graduação, podem-se citar dois tipos de metodologias frequentemente utilizadas na definição dos estados transientes representantes do percurso acadêmico dos alunos, sendo uma delas os trabalhos que utilizam as etapas rígidas que o curso/universidade define, de forma que o aluno apenas avança de estado ao alcançar sucesso na etapa atual, necessitando repetir etapas caso haja insucesso. Trabalhos que utilizam esse método para definir o progresso podem ser encontrados em (ELSAIED *et al.*, 2017; BREZAVŠČEK *et al.*, 2017; ELEDUN; IDRIS, 2019; WALDE, 2019; OMARY *et al.*, 2020; YAHAYA; HASAN, 2021; AHMED; ALBEHERY, 2022). Como exemplo, pode-se ver na figura 4 a cadeia de Markov utilizada por Brezavšček *et al.* (2017) que utiliza essa divisão mencionada anteriormente.

Figura 3 – Cadeia de Markov que utiliza como estados transientes as etapas do curso. Os estados 1,2,3 representam as etapas rígidas anuais do curso, "C" é o estado opcional de candidatura, "I" o estado inativo de matrícula, "G" sendo a graduação e "W" o estado de evasão do aluno.

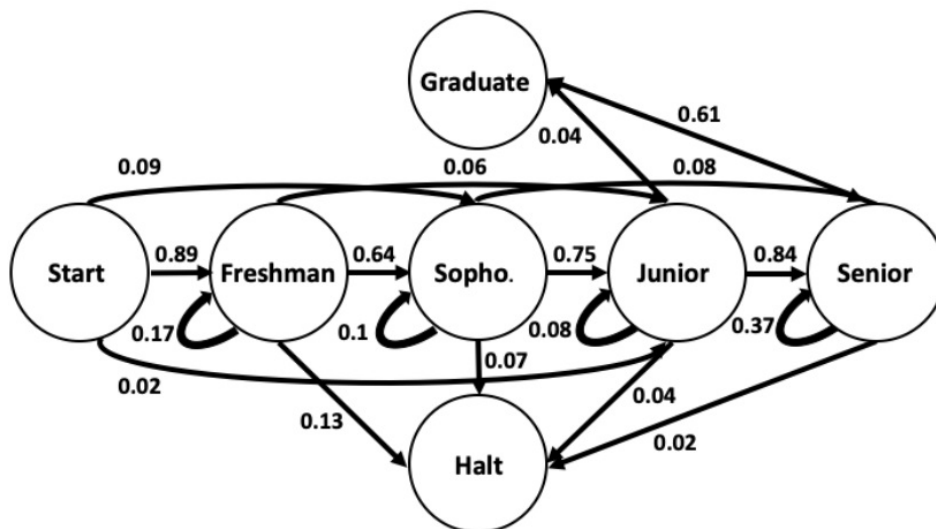


Fonte: Adaptado de Brezavšček *et al.* (2017)

Outra metodologia na definição do progresso dos alunos é utilizando o total de horas/créditos acumulados pelo aluno, dividindo o total de horas estipuladas do curso em etapas distintas, que o estudante alcança ao ser aprovado nas disciplinas,. Este é tipicamente encontrado

dividindo em quatro grupos, identificadas como *Freshman*, *Sophomore*, *Junior* e *Senior*, em que o aluno avança de estado ao conseguir acumular a quantidade de créditos definidos em cada etapa. Essa metodologia pode ser encontrada nos trabalhos de (PORATH, 2009; ALAWADHI; KONSOWA, 2010; MASHAT *et al.*, 2012; GAGNE, 2015; PIERRE; SILVER, 2016; MAMUDU, 2017; GANDY *et al.*, fall 2019). Como exemplo, pode-se ver na figura 4 a cadeia de Markov utilizada por Boumi e Vela (2020), que usa este e outros modelos para verificar as estimativas de diplomação e comparar seus resultados.

Figura 4 – Cadeia de Markov que utiliza como estados transientes as divisões de horas cursadas dos alunos.



Fonte: Adaptado de Boumi e Vela (2020)

Vale destacar que existem trabalhos que utilizam esses estados de forma composta, representando não só a informação de progresso dos alunos. Borden e Dalphin (1998) utilizam um modelo que codifica o grupo de horas aprovadas que o aluno se encontra (como mencionado na segunda metodologia), o total de créditos matriculados no semestre e o GPA, índice de desempenho utilizado na universidade americana, gerando 36 estados no total, com intuito de averiguar o impacto do desempenho estudantil na evasão e permanência dos alunos. Shah e Burke (1999) utilizam estados que agregam as etapas rígidas do curso relacionadas à primeira metodologia mencionada com faixas de idade, em busca de investigar as mudanças de probabilidades de formação de acordo com a idade dos alunos. Wainright (2007) utiliza as métricas de créditos alcançados pelos alunos, mas as codifica separadamente para alunos com GPA acima e abaixo do limite da universidade, resultando em 23 estados alcançáveis no modelo.

No contexto da UFC, a segunda metodologia é mais adequada à realidade de ensino. Na tabela 1 pode-se ver um resumo de artigos que utilizam esse método.

Tabela 1 – Relação de alguns trabalhos encontrados na literatura que utilizam os créditos obtidos pelos alunos como estados nas cadeias de Markov, e suas respectivas divisões.

ND significa Não Disponível.

Definição dos grupos	Borden & Dalphin (1998)	Poreth (2009)	Al-Awadhi & Konsowa (2010)	Mashat, Ragab & Kedra (2012)	Ferko (2014)	Gagne (2015)	Pierre & Silver (2016)	Mamudu (2017)
Freshman	ND	≤ 29	≤ 30	≤ 26	≤ 31	≤ 31	≤ 27	ND
Sophomore	ND	30 - 59	31 - 60	27 - 60	32 - 63	32 - ND	28 - 57	ND
Junior	ND	60 - 89	61 - 90	61 - 90	64 - 95	ND	58 - 87	ND
Senior	ND	≥ 90	≥ 91	91 - 140	96 - 128	ND	≥ 88	ND
Estados presentes na modelagem								
Não Matriculado	SIM	NÃO	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
Graduado	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Evadido	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Transferido	SIM	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
Foco geral	O modelo utiliza estados compostos, agregando os créditos aprovados obtidos pelo aluno, total de créditos matriculados no semestre e o GPA, que é o índice de desempenho utilizado na universidade.	Avalia o tempo médio de conclusão levado pelos alunos da univ. em cada ano entre 1999- 2005.	Investigação a nível de universidade e de unidades acadêmicas, calcula o tempo de conclusão, tempo por estado, probabilidades de avanço/retenção no estado, etc.	Investiga o departamento de Computação, dividindo o conjunto em relação ao gênero dos alunos, para investigar como estes grupos se comportam.	Investiga os cursos de Eng, usando modelo com estados adicionais para indicar a permanência no mesmo estado.	Utiliza estados adicionais para indicara permanência no mesmo estado pelo aluno. Avalia a progressão de um conjunto de alunos específicos (ELI) e os compara aos outros alunos da universidade.	Avalia o tempo de conclusão dos alunos, e calcula para cada estado o tempo que leva para o aluno graduar.	Investiga em nível de universidade o comportamento dos alunos, incluindo na modelagem o estado de não-matrícula. Compara os resultados com os de Helbert (2010), sendo a diferença entre eles o uso do estado não-matriculado.

A tabela anterior permite visualizar uma inconsistência deste método, visto que os estados *Freshman*, *Sophomore*, *Junior* e *Senior* utilizados por esses artigos não são consistentes, o que pode ser atribuído as diferentes universidades em que as pesquisas foram realizadas. Isso dificulta a comparação dos resultados observados, ainda mais considerando que alguns artigos nem definem os intervalos de créditos desses estados. Um problema adicional é o de artigos que realizam comparações entre grupos de cursos distintos, utilizando a mesma divisão de créditos nesta análise. Um exemplo dessa ocorrência pode ser vista na tabela 2 a seguir.

Tabela 2 – Diferença entre dois grupos de cursos analisados

Conjunto de cursos	Total de créditos	Total de créditos que cada estado representa	Porcentagens em relação ao total de créditos.
Allied Health, Social Sciences, Science and Business Administration	126 ~130	30	23.8%
		30	23.8%
		30	23.8%
		35/39	27.8% (126 crs.)
Engineering and Petroleum	144	30	20.8%
		30	20.8%
		30	20.8%
		53	36.8%

Fonte: Extraído de Alawadhi e Konsowa (2010)

No exemplo acima, é possível verificar uma diferença de até 18 créditos entre os cursos analisados, que podem ser responsáveis pela conclusão dos autores de os alunos de engenharia levarem mais tempo no estado *Senior* que em outros conjuntos de cursos. Desta forma, justifica-se o uso de divisões de créditos/horas aprovadas dos alunos que não variem de acordo com a universidade, e que possa ser replicado em diferentes cursos de forma simples e sem distorções relacionadas à extensão do curso. Uma sugestão para a solução desta questão é dada no capítulo seguinte.

Uma diferença existente nos trabalhos, além da diferença na criação dos estados transientes, é a da definição do conjunto de dados utilizados. Alguns artigos utilizam o conjunto de transições de um determinado conjunto de alunos, normalmente que ingressaram na universidade no mesmo ano e concluíram seus estudos. Este método pode ser encontrado nos trabalhos de Boumi e Vela (2020) e Bairagi e Kakaty (2017). Apesar de possibilitar um conjunto de alunos mais consistente, este método implica em atraso na extração dos resultados, pois depende do

conjunto de alunos analisados chegarem a um estado final (BORDEN; DALPHIN, 1998).

Outro método utilizado é a extração das transições dos alunos ativos, em uma transição do sistema. Dependendo da metodologia, as transições podem ser anuais ou semestrais. Este método é frequentemente encontrado em trabalhos, como os de (ELEDUN; IDRIS, 2019; BREZAVŠČEK *et al.*, 2017; MASHAT *et al.*, 2012; MAMUDU, 2017; WALDE, 2019; QUIMIO *et al.*, 2021) e outros, devido à simplificação na aquisição e na geração de resultados. Uma limitação desse método é a maior suscetibilidade a variações do sistema (MARSHALL, 1973), o que leva a muitos autores a obter os dados de várias transições e realizar a média das probabilidades obtidas.

Considerando o foco deste trabalho, vale mencionar artigos que aplicam o modelo de Markov em universidades brasileiras e em contextos de engenharia, como o de Santos *et al.* (2022), que realiza uma análise sobre a evasão e retenção de três cursos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), observando também o impacto do semestre de retenção nessas métricas. Araújo (2019) realizou um estudo de evasão utilizando como estados a situação acadêmica do aluno e a quantidade de reprovações que o mesmo possui, agrupando e analisando os cursos da UFRPE de acordo com as suas áreas de conhecimento. Foram calculadas as probabilidades de transição do sistema e realizadas simulações, modificando estas probabilidades para averiguar onde haveria maior impacto na redução da evasão.

De forma similar àquela realizada por Araújo, Caicedo *et al.* (2016) investigam o comportamento estudantil utilizando o quantitativo de reprovações como os estados da cadeia de Markov, porém voltado a certas disciplinas dos cursos de Engenharia (Cálculo I,II,III e Física Mecânica) em uma Universidade da Colômbia. Hlavatý e Dömeová (2014) realiza análise similar, observando os resultados de evasão em relação às reprovações na disciplina de Métodos Matemáticos do curso de Ciências em uma Universidade tcheca.

Quimio *et al.* (2021) realiza uma análise do fluxo de estudantes de engenharia industrial, obtendo os dados semestrais de uma Universidade das Filipinas, que constatou uma alta retenção no curso, com os alunos permanecendo duas vezes mais tempo que o estipulado no curso. González-Campos *et al.* (2020) criam um índice do risco de evasão individual por meio da cadeia de Markov, considerando os eventos de evasão ocorridos. O processo é aplicado em oito departamentos de uma Universidade pública do Chile e obtém informações sobre os semestres em que a probabilidade de evasão é mais alta. Os resultados deste trabalho mostram que a probabilidade de evasão no departamento de engenharia é a mais alta dentre os departamentos

analisados.

Ferko (2014) analisa um cenário de uma Universidade de Akron de Ohio-EUA, em que a taxa de conclusão nos cursos da área de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemáticas - STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) é de 40% em seis anos, tendo como objetivo a modelagem do sistema por cadeia de Markov para descobrir as probabilidades de transição reais do sistema e os cenários de probabilidades de transição que ocasionariam aumento na taxa de formação para 60% no mesmo período. Ele determina que esforços aplicados no primeiro ano (*freshman*) possuem maior impacto no aumento dessa taxa.

Por fim, vale destacar que apesar dos diversos exemplos e aplicações das cadeias de Markov no âmbito educacional, existem limitações no uso dessa técnica, principalmente relacionadas à previsão de estados futuros, no qual se assume que há estabilidade nas transições do sistema educacional (BREZAVŠČEK *et al.*, 2017). Esta suposição pode até ser considerada razoável, principalmente no curto prazo, mas o seu uso não é ideal caso ocorram mudanças frequentes nas probabilidades do sistema (ARAÚJO, 2019).

Existem outros métodos utilizados na literatura. Trabalhos como os de Crippa *et al.* (2016), que investigam o percurso dos alunos em sua carreira por meio das cadeias de Markov não homogêneas com estados nebulosos. Aplicação similar é realizada por Symeonaki e Kalamatianou (2012), utilizando o mesmo método citado anteriormente, na análise do fluxo educacional de uma universidade grega.

Existem outras metodologias, como a análise de eventos históricos (Event History Analysis) e modelagem de crescimento latente (*Latent Growth Modelling*), realizado por Mohn Jr. (2007) na análise da perseverança de alunos no ensino superior. Chen (2012) utiliza análise multinível de eventos históricos para investigar o impacto da universidade na evasão universitária e Bartolucci (2012) utiliza este mesmo método no estudo do ritmo de progresso dos alunos.

Neste capítulo foram apresentados artigos que utilizam modelos da cadeia de Markov para modelar os mais diversos comportamentos em sistemas escolares, mostrando a versatilidade de uso desse método para obter informações relevantes para a compreensão do sistema. No capítulo seguinte serão descritos os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho.

2.2.2 Conceitos relevantes sobre a evasão no Ensino Superior

Nesta subseção serão descritos, de forma sucinta, alguns termos e conceitos utilizados na discussão sobre os alunos e seus percursos no Ensino Superior. A Comissão Especial de

Estudos sobre a Evasão nas Universidades Públicas Brasileiras (ANDIFES *et al.*, 1996), define alguns termos para se referir aos diferentes tipos de saídas de alunos do ensino superior, definidos da seguinte forma:

- Evasão de curso: quando o estudante desliga-se do curso superior em situações diversas tais como: abandono (deixa de matricular-se), desistência (oficial), transferência ou reopção (mudança de curso), exclusão por norma institucional;
- Evasão da instituição: quando o estudante desliga-se da instituição na qual está matriculado;
- Evasão do sistema: quanto o estudante abandona de forma definitiva ou temporária o ensino superior.

Para este trabalho, considerou-se o estudo de um aspecto da evasão, relacionado à observação da saída do aluno de um curso para outro. Para Miranda Júnior (2017), esse fenômeno, descrito com termos como mobilidade acadêmica, mudança de curso, reopção de curso, migração de curso, dentre outros, podem ser motivadas por diversos fatores, tanto pessoais quanto institucionais, indicando autores como Dias Sobrinho (2000) e Velloso e Cardoso (2008) que afirmam que este comportamento deve ser interpretado separadamente.

Desta forma, para este estudo buscou-se diferenciar esses tipos de evasão, para obter um perfil mais completo sobre o comportamento estudantil dos alunos de engenharia da UFC. Define-se aqui os termos Evasão e Transferência, que serão utilizados nos capítulos seguintes.

- Transferência: quando o estudante com vínculo ativo, realiza mudança para outro curso, na mesma universidade, seja esta por transferência interna por edital, ou por entrada externa via seleção Sistema de Seleção Unificada (SISU). Neste caso, o aluno se desliga do curso atual e se matricula novamente na universidade.;
- Evasão de curso: quando o estudante desliga-se do curso superior em situações diversas tais como: abandono (deixa de matricular-se), desistência (oficial), exclusão por norma institucional, dentre outros, excluindo-se aqui o caso de transferência citado anteriormente;

Um caso especial em relação a estes comportamentos estudantis é no caso do aluno que passa mais de quatro semestres sem matrícula válida, que para a UFC caracteriza a perda do

vínculo institucional com a universidade, como disposto no Art. 107 do Regimento Geral da UFC (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2019):

"Prescreverá em quatro semestres letivos, seguidos ou não, o direito ao vínculo institucional por interrupção dos estudos, seja por Trancamento Total, seja por Matrícula Institucional ou por Abandono Temporário dos mesmos. Ficam ressalvados os casos previstos em lei."

Para este trabalho, um aluno que perdeu o vínculo desta forma e posteriormente ingressou em outro curso da Universidade não se considerará na métrica de transferência, e sim na de evasão.

Neste capítulo, foram discutidos os métodos matemáticos que serão utilizados na análise do fluxo estudantil, assim como trabalhos da literatura que utilizam a ferramenta selecionada nos mais diversos cenários educacionais. No capítulo a seguir serão detalhados os cursos e o conjunto de dados utilizados para a análise do comportamento estudantil dos alunos dos cursos de engenharia do Campus do Pici - UFC, assim como o modelo proposto que lida com as inconsistências de classificação do estado do aluno em trabalhos similares na literatura.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresentam-se os procedimentos metodológicos desta pesquisa, detalhando o conjunto de cursos analisados, o método de coleta e processamento dos dados recebidos do STI e a modelagem da cadeia de Markov proposta para extrair as informações relacionadas ao fluxo estudantil, sem as limitações encontradas em trabalhos relacionados na literatura.

3.1 Caracterização dos dados

3.1.1 Local de pesquisa

Este estudo foi realizado na UFC - Universidade Federal do Ceará, na unidade acadêmica do CT (Centro de Tecnologia), que possui 14 cursos ativos, sendo 12 deles de engenharia, com a seguinte distribuição de vagas:

- Engenharia Civil - 120 Vagas
- Engenharia de Energias e Meio Ambiente - 120 Vagas (Dividido)
 - Engenharia Ambiental - 40 Vagas
 - Engenharia de Energias Renováveis - 40 Vagas
 - Engenharia de Petróleo - 40 Vagas
- Engenharia de Computação - 60 Vagas
- Engenharia de Produção Mecânica - 60 Vagas
- Engenharia de Telecomunicações - 60 Vagas
- Engenharia Elétrica - 100 Vagas
- Engenharia Mecânica - 60 Vagas
- Engenharia Metalúrgica - 60 Vagas
- Engenharia Química - 70 Vagas

Vale destacar que o curso de Engenharia de Energias e Meio Ambiente até o processo seletivo de 2016 era considerado um curso normal do centro acadêmico, mas que funcionava como uma entrada unificada para as especialidades de Engenharia Ambiental, Engenharia de Energias Renováveis e Engenharia de Petróleo, em que o aluno escolheria a ênfase após concluir o ciclo básico de disciplinas (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2014) . A partir da

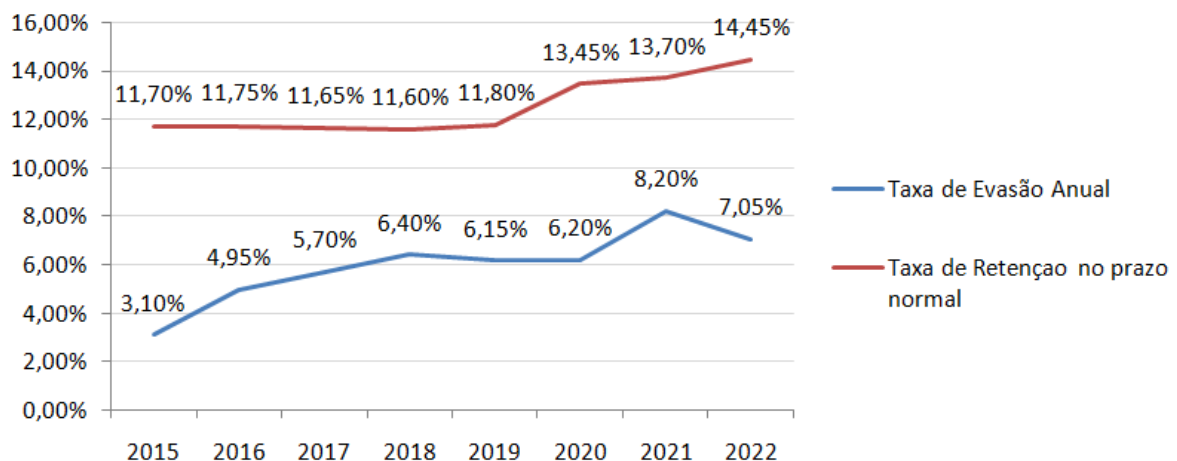
seleção SISU de 2017 não foi mais realizada esta unificação de entrada, sendo a escolha pela especialidade feita diretamente na matrícula dos cursos das três especialidades, cada uma delas com 40 vagas. Desta forma, não houve mais matrículas no curso Engenharia de Energias e Meio Ambiente, como pode ser visto em Universidade Federal do Ceará (2016) e Universidade Federal do Ceará (2017).

Além destes cursos citados, vale destacar a existência do curso "Engenharia de Teleinformática", que entrou em extinção a partir de 2015, dando lugar aos cursos de Engenharia de Computação e Engenharia de Telecomunicações, com suas primeiras turmas iniciando neste mesmo ano.

A escolha desta unidade acadêmica, e em especial aos cursos de engenharia desta, se dá devido à importância destes cursos no desenvolvimento social e econômico local e nacional, além de serem cursos em que há notória evasão e problemas de retenção de alunos, sendo objeto de trabalhos anteriores como o de (ROCHA, 2020), que indica que há bastantes queixas dos discentes desses cursos, levando-os a desistir ou atrasar a conclusão do curso. Extrair métricas e informações que possibilitem compreender melhor esse acontecimento é algo válido, principalmente na formação de políticas internas para lidar com este problema.

Antes de detalhar o conjunto de dados, é relevante apresentar a situação atual dos cursos de engenharia de 2015 a 2022, utilizando os dados sobre taxa de evasão e taxa de retenção no prazo normal do curso. Estas informações estão disponíveis no Painel da Transparência, fornecido pela PROGRAD-UFC e disponível para consulta pública em Universidade Federal do Ceará (2023b).

Figura 5 – Taxas de retenção no período normal e Taxa de evasão Anuais (2015 - 2022)



Fonte: Extraído de Painel da Transparência UFC (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2023b)

Pode-se visualizar uma tendência de aumento nas taxas de evasão e retenção no prazo normal do curso, principalmente entre 2019 a 2022. Estas métricas foram calculadas com os dados e fórmulas 3.1 e 3.2, definidas no Painel da Transparência em Universidade Federal do Ceará (2023b).

$$\rightarrow \text{Taxa de evasão no semestre } (t) = 1 - \frac{[\text{matrículas no semestre } (t + 1)] + [\text{ingressos no semestre } (t + 1)]}{[\text{matrículas no semestre } (t)] - [\text{conclusões no semestre } (t)]} \quad (3.1)$$

$$\rightarrow \text{Taxa de retenção no semestre } (t) = \frac{[\text{matrículas de discentes acima do prazo padrão do curso no semestre } (t)]}{[\text{matrículas de discentes no semestre } (t)]} \quad (3.2)$$

Desta forma, compreender o comportamento do fluxo dos alunos dos cursos de engenharia da UFC, gerando novas informações complementares às disponíveis atualmente é parte dos objetivos desejados para este trabalho.

3.1.2 Detalhamento do conjunto de dados

Para este estudo, foram utilizados dados do Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA), sistema responsável pela informatização do acesso, controle e armazenamento das informações da UFC, coletados sob a supervisão e colaboração da Escola Integrada de Desenvolvimento e Inovação Acadêmica (EIDEIA) e da Superintendência de Tecnologia da Informação (STI), responsável pela gerência dos sistemas tecnológicos da UFC. A partir disso foram coletados registros dos alunos matriculados e ativos de todos os cursos da UFC, para cada semestre letivo entre 2015 e 2022.

Os registros foram recebidos de forma semestral, em três tabelas distintas: informações semestrais das matrículas do aluno, índices de rendimento acadêmico por aluno e relação de métricas e informações semestrais dos cursos da UFC. Estes registros foram complementados com as informações de matrizes curriculares, principalmente as informações de horas curriculares por semestre de ensino, obtidas com apoio do servidor da EIDEIA Sérgio Braga e com acesso as ferramentas públicas do SIGAA, que fornecem informações sobre as estruturas curriculares de todos os cursos da universidade. Vale aqui destacar que as informações foram recebidas já anonimizadas por padrão, sem a presença de informações que possibilitassem a identificação pessoal dos indivíduos. Para permitir a vinculação das informações entre diferentes semestres

com esta restrição, os dados possuem uma identificação única randomizada (ID) para cada aluno, de forma a possibilitar o acompanhamento do estudante a cada semestre. A solicitação dessas informações foram realizadas semestralmente entre 2021 e 2023 em conjunto com a EIDEIA, seguindo o seguinte processo da figura 6.

Figura 6 – Processo de aquisição e processamento das informações educacionais



De relevância para os objetivos deste trabalho, de 51 atributos disponíveis nos dados foram utilizados 14, correspondendo às seguintes variáveis:

Tabela 3 – Informações utilizadas do conjunto de dados.

Atributo	Definição	Representação
id_institucional	ID única que representa um aluno.	String alfanumérica de 32bits
forma_ingresso	Identificação do método de entrada no curso	Valores fixos: {SELEÇÃO SISU, VESTIBULAR, TRANSFERÊNCIA, etc.}
campus	Nome da unidade acadêmica que o aluno está matriculado.	Texto. Ex.: "CENTRO DE CIÊNCIAS"
id_campus	ID da unidade acadêmica que o aluno está matriculado.	Valor inteiro.
curso	Nome do curso que o aluno está matriculado.	Texto. Ex.: "ENGENHARIA CIVIL"
id_curso	ID do curso que o aluno está matriculado.	Valor inteiro.
semestre_dados	Semestre de quais os dados foram obtidos.	Texto. Ex.: "2015.1", "2019.2", etc.
status_matricula	Estado do aluno no período de geração dos dados.	Valores: {ATIVO, CONCLUÍDO, CANCELADO, TRANCADO, etc..}
permanência	Valor que indica a permanência de um aluno, em semestres. Só é definido quando o status_matrícula representa um estado final.	Valor inteiro.
sem_esperado_aluno	Variável criada com a diferença entre o semestre atual do aluno e o semestre de entrada dele no curso.	Valor inteiro.
ch_aprov	Quantidade de horas aprovadas no semestre	Valor inteiro.
ch_aprov_acumulado	Quantidade de horas aprovadas acumuladas, desde a entrada do aluno no curso.	Valor inteiro.
semestres_curso	Mapa com informação das horas curriculares do curso do aluno, por semestre.	Dicionário de valores, Ex.: {1: 608, 2: 128, 3: 464, 4: 256, 5: 496...}

Fonte: Autor

A partir destas variáveis é possível selecionar o conjunto de alunos de interesse, onde foram obedecidos os seguintes requisitos:

- Apenas serão selecionados alunos que entraram pela Seleção SISU, visto que alunos que entram por meio de transferências de outra universidade/curso podem realizar aproveitamento de disciplinas, o que não é contabilizado no conjunto de dados.
- Alunos que entraram pelo SISU e concluíram o curso com quantidade excessivamente inferior de horas curriculares em relação ao estipulado pela estrutura curricular do curso serão retirados do conjunto de dados. A motivação é a mesma do item anterior.

Desta forma, define-se como o conjunto de dados de interesse deste trabalho os cursos de Engenharia do Centro de Tecnologia, localizado no Campus do Pici da UFC, como mencionado anteriormente. Devido aos pontos levantados na seção 3.1.1 o Curso de Engenharia de Teleinformática não será considerado na análise realizada e devido à limitação interna no conjunto de dados, causada pelos cursos Engenharia Ambiental, Engenharia de Energias Renováveis e Engenharia de Petróleo serem considerados no SIGAA como currículos do curso Engenharia de Energias e Meio Ambiente (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2023a), estes serão agrupados e considerados como um único curso, da mesma forma realizada anteriormente.

Estes requisitos foram definidos com o objetivo de deixar o grupo amostral de alunos mais consistente, de forma a gerar resultados aplicáveis aos alunos que ingressam no ensino superior pela primeira vez. O conjunto de estudantes das engenharias definidas é de 5411 alunos, contemplando todas as seleções SISU entre 2015 e 2022. A partir deste conjunto geral podemos realizar o mapeamento do fluxo estudantil, que será apresentado nas seções seguintes.

3.2 Estratégia de modelagem

Considerando os trabalhos disponíveis na literatura e a problemática apresentada na seção 2.2, este trabalho propõe uma cadeia de Markov absorvente, discreta e homogênea no tempo para realizar a modelagem do fluxo estudantil, utilizando estados transientes que possibilitem a comparação de alunos de cursos distintos sem distorções e estados absorventes que incorporem os conceitos de evasão, transferência e diplomação do aluno.

3.2.1 *Estados da cadeia*

De acordo com o definido na seção 2.2, é proposto o acompanhamento do progresso do aluno utilizando o seu total de horas aprovadas. Para isso, foram feitas divisões do total de horas curriculares do curso do aluno em quintis, dividindo igualmente os estados. Supondo um curso com 3000 horas curriculares, temos que a divisão do progresso acontecerá dessa forma:

- $A_0 = Q_{1/5}$ = Alunos que possuem menos de 20% da carga horária total do curso. No exemplo citado, seriam alunos que possuem menos de 600hrs aprovadas no momento avaliado.
- $A_{20} = Q_{2/5}$ = Alunos que possuem entre 20% e 40% da carga horária total do curso. No exemplo citado, seriam alunos que possuem entre 600hrs e 1200hrs aprovadas no momento avaliado.
- $A_{40} = Q_{3/5}$ = Alunos que possuem entre 40% e 60% da carga horária total do curso. No exemplo citado, seriam alunos que possuem entre 1200hrs e 1800hrs aprovadas no momento avaliado.
- $A_{60} = Q_{4/5}$ = Alunos que possuem entre 60% e 80% da carga horária total do curso. No exemplo citado, seriam alunos que possuem entre 1800hrs e 2400hrs aprovadas no momento avaliado.
- $A_{80} = Q_{5/5}$ = Alunos que possuem mais de 80% da carga horária total do curso. No exemplo citado, seriam alunos que possuem mais de 2400hrs aprovadas no momento avaliado.

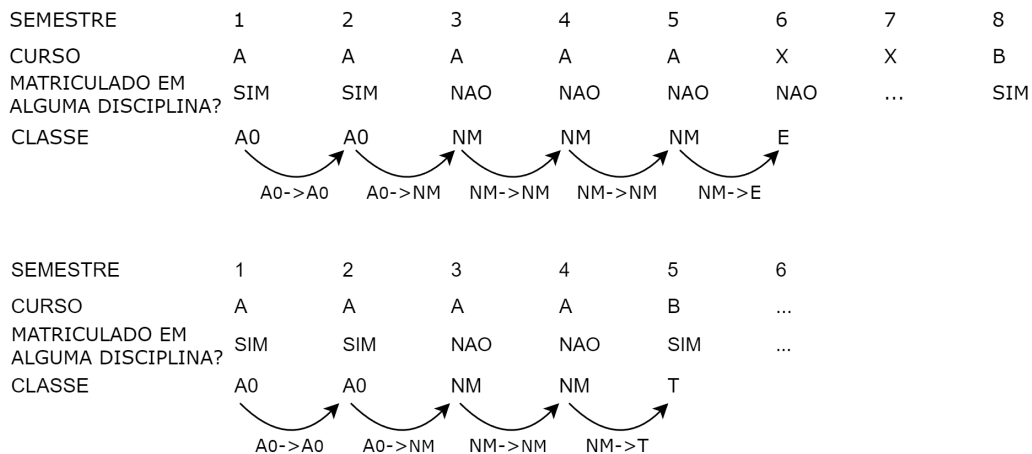
Desta forma, é possível ter uma definição de qual é o progresso do aluno, independentemente do curso no qual ele está matriculado. No caso dos cursos de engenharia presenciais, há um limite mínimo de 3600 horas definidos pelo Conselho Federal de Engenharia - BRASIL (), mas como os cursos são livres para criar suas matrizes de ensino, existem cursos de engenharia que exigem mais de 3800 horas aprovadas para conclusão, por exemplo. Nos cursos de engenharia da UFC mencionados anteriormente é possível encontrar estas diferenças, tornando essencial a definição do modelo desta forma.

Na modelagem proposta, estes seriam os estados transientes, junto com um estado que represente a não-matrícula do aluno, que será o estado "NM". Já em relação aos estados absorventes, temos os seguintes estados:

- G = Alunos que se graduaram, realizando a colação de grau e concluindo o curso.
- T = Alunos que possuíam matrícula ativa em um curso e realizaram mudança para outro curso da UFC, seja esta por transferência interna ou transferência externa.
- E = Alunos que possuíam matrícula ativa em um curso e evadiram, seja devido à desistência, abandono, transferência para outra IES, etc.

Neste caso, como definido anteriormente na subseção 2.2.2, haverá um tratamento adicional na classificação da transferência, onde os casos onde o aluno possui quatro semestres ou mais sem matrícula válida (I), seu estado final será classificado como Evasão (E), mesmo que posteriormente voltem a se matricular na UFC. Alunos que realizem mudança de curso abaixo deste limite serão classificados como Transferidos (T). Uma representação dessa seleção pode ser vista nos exemplos da figura 7 a seguir.

Figura 7 – Processamento dos estados de evasão e transferência.



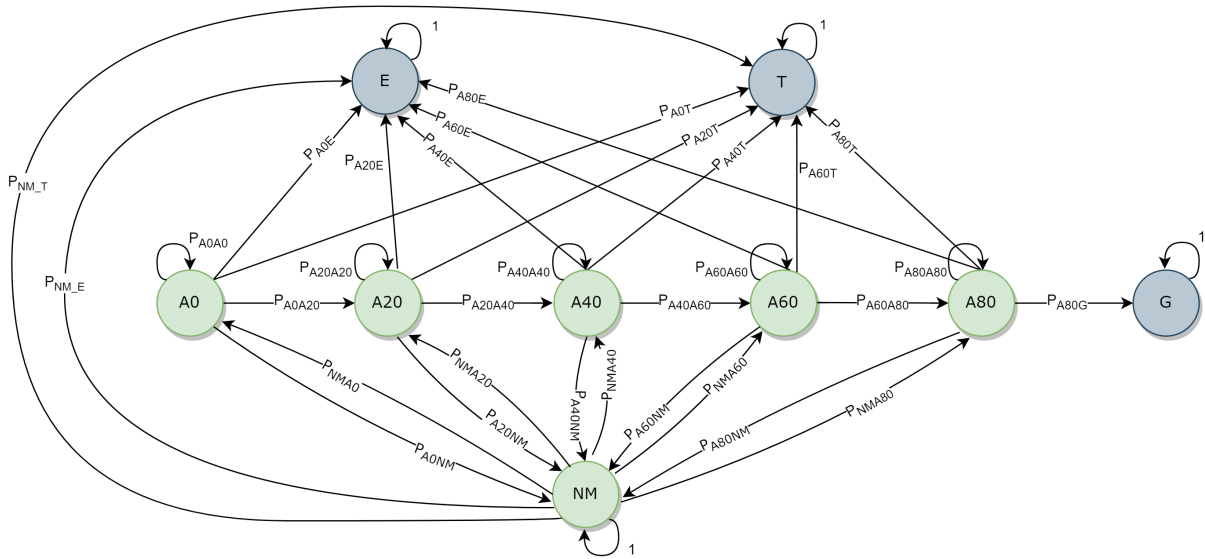
Fonte: Autor

Uma representação do diagrama dos estados e suas respectivas transições podem ser visualizadas na figura 8.

Um exemplo de como os dados educacionais de um aluno podem ser processados, para um curso de 3600 horas pode ser visto na figura 9 a seguir.

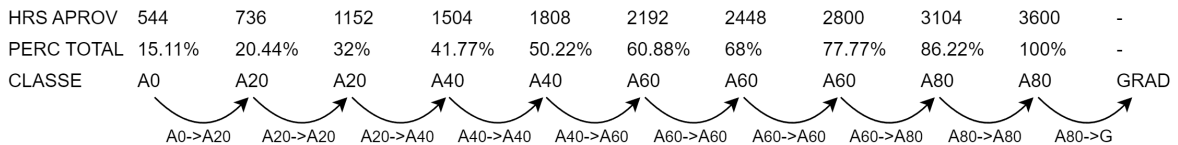
Na imagem anterior, vale destacar que nos dados recebidos o status de matrícula "FORMADO" do aluno é considerado apenas após a colação de grau, que nos cursos de Engenharia da UFC costumam ser realizadas após o final do semestre que o aluno alcança todos os requisitos necessários para formação (integralização de créditos, defesa do Trabalho de conclusão de Curso, registros de horas complementares, etc.). Desta forma, como os dados do semestre são coletados apenas após a finalização do mesmo, ocorre essa defasagem temporal na consideração

Figura 8 – Diagrama de transições de estados deste trabalho.



Fonte: Autor

Figura 9 – Exemplo de transições de estados de um aluno.



Fonte: Autor

da diplomação do aluno.

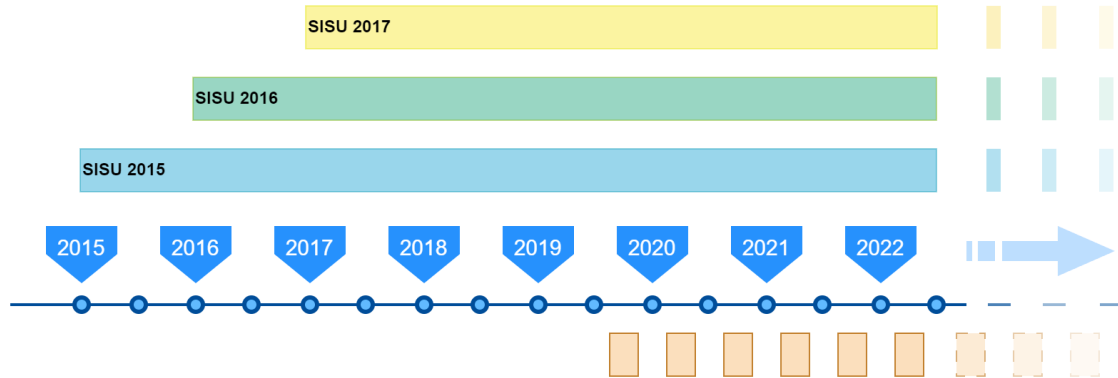
3.2.2 Divisão dos grupos de alunos

Como discutido anteriormente em 2.2, há trabalhos que definem o conjunto de dados de forma diferente. Como contribuições deste trabalho, serão realizadas as comparações dos resultados obtidos pelo uso das transições de um grupo de alunos em um mesmo período de ingresso e pelas transições realizadas de semestre a semestre, considerando todos os alunos ativos.

Desta forma, seguindo a metodologia utilizada nos trabalhos que analisam alunos ingressantes até a finalização do vínculo com a universidade, serão considerados os cenários das seleções SISU 2015 e 2016, pois estas possuem um quantitativo alto de alunos em estados absorventes (94.1% e 88.3%, respectivamente). Os dados do SISU 2017 possuem apenas 78.6% de alunos com situação acadêmica definida, o que indica que as probabilidades de transição deste sistema devem sofrer alterações, principalmente relacionadas à diplomação dos alunos. Esta não é uma restrição considerada nos trabalhos que analisam as transições de estado dos

alunos semestre a semestre, mas devido ao conjunto de dados disponível só possuir informações completas dos alunos ingressantes em 2015 em diante acaba-se limitando a janela de observação para transições do semestre 2019.2 em diante, visto que é apenas neste semestre que há alunos se formando em todos os cursos analisados. A representação da metodologia aplicada pode ser vista na Figura 10 a seguir.

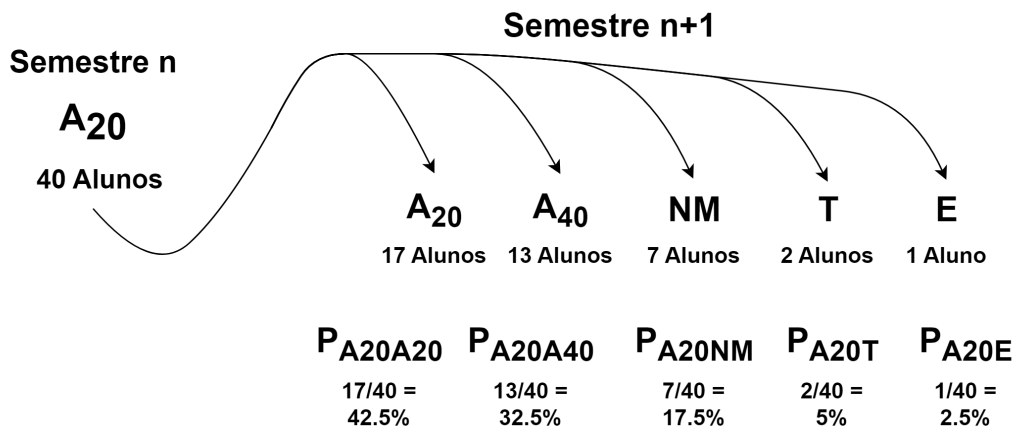
Figura 10 – Diferentes conjuntos de dados analisados.



Fonte: Autor

Para exemplificar de forma simples o processo realizado neste trabalho, podemos observar o seguinte cenário representado na figura 11, das transições de alunos no estado A_{20} de semestre a semestre.

Figura 11 – Representação gráfica das mudanças de estado entre semestre



Fonte: Autor

Podemos ver que neste exemplo o quantitativo de alunos no estado A_{20} , após decorrido um semestre no sistema de ensino é de 17 alunos que permaneceram no estado A_{20} , 13 que avançaram para o estado A_{40} , 7 que não se matricularam em nenhuma disciplina no semestre seguinte, 2 que realizaram transferência de curso, e um aluno que se evadiu. Quando

consideramos esses quantitativos obtidos em relação ao total original podemos obter as frequências relativas de transição que ocorreram no sistema, que para simplificar chamaremos a partir daqui de probabilidades de transição. Realizando este cálculo para todos os estados do sistema, obtemos uma matriz de probabilidades de transição do sistema educacional, como definido na equação 2.2, Para o nosso modelo, removendo todos os casos não alcançáveis, temos a seguinte matriz da tabela 4.

Tabela 4 – Matriz de transições dos estados definidos neste trabalho.

[P]	A0	A20	A40	A60	A80	NM	T	E	G
A0	PA0A0	PA0A20	0	0	0	PA0NM	PA0T	PA0E	0
A20	0	PA20A20	PA20A40	0	0	PA20NM	PA20T	PA20E	0
A40	0	0	PA40A40	PA40A60	0	PA40NM	PA40T	PA40E	0
A60	0	0	0	PA60A60	PA60A80	PA60NM	PA60T	PA60E	0
A80	0	0	0	0	PA80A80	PA80NM	PA80T	PA80E	PA80G
NM	PNMA0	PNMA20	PNMA40	PNMA60	PNMA80	PNMNM	PNMT	PNME	0
T	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: Autor.

A diferença prática destes dois conjuntos de dados que serão analisados é justamente na forma como o quantitativo de transições é obtido, em que no modo de transição entre semestres apenas são observadas as mudanças de estado de um semestre para o outro, como exemplificado anteriormente, e no modo da seleção SISU em que se contabiliza todas as transições ocorridas nos dados disponíveis para aquele grupo de alunos ingressantes.

O detalhamento da metodologia aplicada neste trabalho serve também como forma de facilitar a aplicação da modelagem realizada em outros cursos e universidades, visto que os dados utilizados podem ser extraídos dos sistemas de gestão escolar sem grandes dificuldades. No capítulo a seguir serão descritos os resultados alcançados com a metodologia proposta.

4 MODELAGEM E RESULTADOS

Neste capítulo, são descritos os principais resultados obtidos pela aplicação do modelo definido no capítulo anterior, com os dados educacionais da UFC, organizado em três partes distintas, com seus respectivos apontamentos e discussões.

Na primeira parte serão detalhados e analisados os dados extraídos pelo modelo das turmas SISU 2015 e 2016, tanto os resultados gerais da engenharia, quanto por curso. Em seguida, na segunda parte se analisará o fluxo estudantil por meio dos dados extraídos por transições entre semestres letivos.

Por fim, na terceira parte será realizada uma análise de predição desse modelo, testando a capacidade de predição utilizando dados truncados dos alunos da turma SISU 2015, comparando-as com o comportamento real dos alunos extraídos dos dados complementada pelas predições dos quantitativos de evasão e conclusão para as turmas de engenharia geral que entraram no SISU 2015, 2016 e 2017 nos próximos semestres.

4.1 Modelagem por acompanhamento de turma SISU - Geral Engenharias

Nesta subseção serão detalhadas as análises das métricas de fluxo estudantil, das turmas de engenharia ingressantes no SISU 2015 e 2016, como descrito no capítulo anterior. Vale destacar aqui que após a seleção descrita na 3.1.2, o conjunto de alunos em cada semestre é de 680 alunos de engenharia no SISU 2015 e 689 alunos em 2016. As matrizes de transição extraídas do conjunto de dados dessas duas turmas podem ser vistas na tabela 5 a seguir.

Tabela 5 – Matrizes de frequência dos alunos ingressantes de eng. no SISU 2015 e 2016. Os valores nas matrizes representam o total de transições realizadas entre os estados do sistema no período. Nos estados absorventes, o valor representa o total de alunos que alcançaram estados finais.

Matriz frequências ENG GERAL SISU 2015 (2015.1-2022.2)										Matriz frequências ENG GERAL SISU 2016 (2016.1-2022.2)									
Freq	A0	A20	A40	A60	A80	NM	T	E	G	Freq	A0	A20	A40	A60	A80	NM	T	E	G
A0	784	471	0	0	0	144	39	57	0	A0	745	440	0	0	0	127	90	59	0
A20	0	810	382	0	0	40	36	25	0	A20	0	735	361	0	0	35	31	22	0
A40	0	0	504	340	0	23	12	14	0	A40	0	0	475	315	0	26	11	15	0
A60	0	0	0	492	308	23	5	9	0	A60	0	0	0	458	288	21	3	5	0
A80	0	0	0	0	666	28	2	10	272	A80	0	0	0	0	585	20	2	7	234
NM	31	13	10	12	28	228	68	91	0	NM	28	12	11	14	24	183	81	48	0
T	0	0	0	0	0	0	162	0	0	T	0	0	0	0	0	0	218	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	206	0	E	0	0	0	0	0	0	0	156	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	272	G	0	0	0	0	0	0	0	0	234

Fonte: Autor

A partir das matrizes de frequência já é possível observar que há uma grande quantidade de alunos que realizaram transferência e evadiram nos estados A0 e Inativo, tanto

no período de ingresso SISU 2015 e 2016. A partir desses dados, podemos extrair as seguintes informações:

- Probabilidades gerais de transições de estado (pela equação 2.2)
- Quantidade de transições que um aluno no estado inicial leva até graduar. (pela equação 2.14)
- Quantidade de transições que um aluno leva para chegar a um estado absorvente, em cada estado transiente (pela equação 2.13).
- Probabilidades gerais do aluno se Graduar, Transferir de curso e se Evadir (pela equação 2.11).

Com esses dados de frequência da tabela 5, é possível calcular as matrizes de probabilidades de transição, que podem ser vistas na tabela 6 e as matrizes fundamentais, encontradas na tabela 7. De forma a facilitar a visualização dos resultados, essas probabilidades e outras métricas geradas serão descritas com detalhes na próxima subseção.

Tabela 6 – Matrizes de probabilidade, dos alunos ingressantes de engenharia SISU 2015-2016

Matriz probabilidade ENG GERAL SISU 2015 - (2015.1-2022.2)									
P	A0	A20	A40	A60	A80	NM	T	E	G
A0	0.5244	0.3151	0	0	0	0.0963	0.0261	0.0381	0
A20	0	0.6265	0.2954	0	0	0.0309	0.0278	0.0193	0
A40	0	0	0.5644	0.3807	0	0.0258	0.0134	0.0157	0
A60	0	0	0	0.5878	0.3680	0.0275	0.0060	0.0108	0
A80	0	0	0	0	0.6810	0.0286	0.0020	0.0102	0.2781
NM	0.0644	0.0270	0.0208	0.0249	0.0582	0.4740	0.1414	0.1892	0
T	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Matriz probabilidades ENG GERAL SISU 2016 - (2016.1-2022.2)									
P	A0	A20	A40	A60	A80	NM	T	E	G
A0	0.5099	0.3012	0	0	0	0.0869	0.0616	0.0404	0
A20	0	0.6208	0.3049	0	0	0.0296	0.0262	0.0186	0
A40	0	0	0.5641	0.3741	0	0.0309	0.0131	0.0178	0
A60	0	0	0	0.5910	0.3716	0.0271	0.0039	0.0065	0
A80	0	0	0	0	0.6899	0.0236	0.0024	0.0083	0.2759
NM	0.0698	0.0299	0.0274	0.0349	0.0599	0.4564	0.2020	0.1197	0
T	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Fonte: Autor

Tabela 7 – Matrizes fundamentais dos cursos de engenharia, do SISU 2015 e 2016

Matriz Fundamental ENG GERAL SISU 2015 (2015.1-2022.2)							Matriz Fundamental ENG GERAL SISU 2016 (2016.1-2022.2)						
N	A0	A20	A40	A60	A80	NM	N	A0	A20	A40	A60	A80	NM
A0	2.2022	1.9105	1.3308	1.2737	1.6033	0.7346	A0	2.1310	1.7425	1.2589	1.2056	1.5671	0.6351
A20	0.0647	2.7661	1.8988	1.7828	2.1435	0.4773	A20	0.0650	2.7246	1.9347	1.8084	2.2550	0.4564
A40	0.0525	0.0723	2.3631	2.2063	2.6155	0.3872	A40	0.0533	0.0718	2.3680	2.1978	2.7055	0.3738
A60	0.0411	0.0566	0.0529	2.4933	2.9313	0.3032	A60	0.0385	0.0520	0.0534	2.5167	3.0677	0.2706
A80	0.0251	0.0346	0.0323	0.0411	3.2158	0.1854	A80	0.0217	0.0292	0.0300	0.0404	3.3021	0.1520
NM	0.2800	0.3856	0.3601	0.4577	0.9049	2.0659	NM	0.2848	0.3840	0.3944	0.5314	1.0225	1.9991

Fonte: Autor

4.1.1 Métricas obtidas

As matrizes de probabilidades de transição no contexto de fluxo educacional podem ser consideradas como as probabilidades de um estudante, em um estado específico, chegar a outro estado. Observando as transições entre estados ativos, temos as probabilidades destacadas na Tabela 8 a seguir.

Tabela 8 – Probabilidades de transição dos alunos de engenharia, por estado. Turmas SISU 2015 e 2016

Prob. do estudante avançar de estado no próximo período, Turma SISU.					
Turma SISU	A0->A20	A20->A40	A40->A60	A60->A80	A80->Grad
ENG 2015	31.51%	29.54%	38.07%	36.80%	27.81%
ENG 2016	30.12%	30.49%	37.41%	37.16%	27.59%
Média	30.81%	30.02%	37.74%	36.98%	27.70%

Prob. do estudante permanecer no mesmo estado no próximo período, SISU					
Turma SISU	A0->A0	A20->A20	A40->A40	A60->A60	A80->A80
ENG 2015	52.44%	62.65%	56.44%	58.78%	68.10%
ENG 2016	50.99%	62.08%	56.41%	59.10%	68.99%
Média	51.72%	62.36%	56.43%	58.94%	68.54%

Fonte: Autor

Podemos ver uma alta probabilidade de o aluno permanecer no mesmo estado no próximo período, principalmente nos estados A0 e A20. Já o aluno nos estados A40 e A60 possuem uma maior probabilidade de avanço, comparado aos demais. Este período se alinha ao final dos ciclos básicos e no início das disciplinas de especialização destes cursos, ocorrendo após os primeiros do curso onde há maior desistência.

Já A80 possui a maior probabilidade de permanência no mesmo estado, o que pode ser explicado pelo período do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) e do período de estágio obrigatório, que podem contribuir com essa maior probabilidade. É possível observar essas métricas de permanência e progresso pela matriz fundamental indicada na tabela 7, em que é possível ver tempos de 3.2158 e 3.3021 semestres neste estado A80, e tempos de 2.7661 e 2.7246 semestres no estado A20. Estes valores dão noção direta do tempo que o aluno leva em cada etapa, permitindo corroborar os pontos vistos anteriormente e visualizar os pontos de gargalo do sistema de ensino. Outra métrica possível de ser analisada diz respeito às probabilidades do aluno chegar ao estado não-matriculado, que podem ser vistas na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Probabilidades do aluno relacionadas a não-matrícula, Turmas SISU 2015 e 2016

Probabilidade do aluno não se matricular no próximo período, turma SISU						
Turma SISU	A0->NM	A20->NM	A40->NM	A60->NM	A80->NM	NM->NM
ENG 2015	9.63%	3.09%	2.58%	2.75%	2.86%	47.40%
ENG 2016	8.69%	2.96%	3.09%	2.71%	2.36%	45.64%
Média	9.16%	3.02%	2.83%	2.73%	2.61%	46.52%

Probabilidade do aluno não-matriculado voltar se matricular no próximo período, SISU						
Turma SISU	NM->A0	NM->A20	NM->A40	NM->A60	NM->A80	NM->NM
ENG 2015	6.44%	2.70%	2.08%	2.49%	5.82%	47.40%
ENG 2016	6.98%	2.99%	2.74%	3.49%	5.99%	45.64%
Média	6.71%	2.85%	2.41%	2.99%	5.90%	46.52%

Fonte: Autor

Nesta tabela podemos visualizar que o estado em que há maior probabilidade do aluno não se matricular no semestre seguinte é em A0, ou seja, aluno com menos de 20% do curso integralizado. Observando as probabilidades de um aluno retornar da não matrícula, é possível ver os maiores valores em A0 e A80, este último podendo ser explicado pelos alunos que participam de programas de intercâmbio, como a Programa Franco-Brasileiro de Formação em Engenharia e Tecnologia (BRAFITTEC), que é voltado para discente que tenham integralizado entre 40% a 80% da grade curricular do curso, com o objetivo de desenvolver estudos nas áreas de interesse dos cursos de Engenharia, além do Programa Duplo Diploma, que possuem o propósito em comum de reforçar e facilitar a cooperação internacional. Podemos ver em seguida na Tabela 10 as probabilidades de o aluno alcançar estados absorventes, a partir de um estado transiente.

Tabela 10 – Probabilidades de alcançar estados absorventes, Turmas SISU 2015 e 2016.

Probabilidade de o aluno mudar de curso (T), por estado						
Turma SISU	A0	A20	A40	A60	A80	NM
ENG 2015	24.33%	18.67%	10.84%	6.71%	3.51%	31.95%
ENG 2016	33.00%	20.51%	12.65%	7.61%	4.11%	44.10%
Média	28.66%	19.59%	11.75%	7.16%	3.81%	38.03%

Probabilidade de o aluno evadir (E), por estado						
Turma SISU	A0	A20	A40	A60	A80	NM
ENG 2015	31.08%	21.71%	16.42%	11.76%	7.05%	42.88%
ENG 2016	23.76%	17.26%	12.69%	7.74%	4.77%	27.68%
Média	27.42%	19.49%	14.56%	9.75%	5.91%	35.28%

Probabilidade do aluno se graduar (G), por estado						
Turma SISU	A0	A20	A40	A60	A80	NM
ENG 2015	44.59%	59.62%	72.74%	81.52%	89.44%	25.17%
ENG 2016	43.24%	62.22%	74.66%	84.65%	91.12%	28.21%
Média	43.92%	60.92%	73.70%	83.09%	90.28%	26.69%

Fonte: Autor

Inicialmente, podemos ver que a probabilidade do aluno se graduar estando no estado A0, ou seja, no início do curso, é de apenas 44%, considerando a média dos dois períodos analisados, aumentando à medida que o aluno avança no curso, alcançando 90% para alunos que estão no estado A80, que já acumularam mais de $\frac{4}{5}$ do curso. Já o estado NM possui a menor taxa de conclusão observada, o que faz sentido considerando que a não matrícula em um semestre é algo comum para alunos que não tem intenção de prosseguir no curso de forma geral.

Outro aspecto interessante é a relação entre a métrica de evasão e de mudança de curso, onde podemos ver que há uma diferença entre os comportamentos observados nas turmas de 2015 e 2016, com as turmas de 2015 exibindo maior probabilidade de evasão, e as de 2016 com maiores índices de transferência de curso. Na média, há uma maior probabilidade de transferência nos estados A0 e A20, e de evasão nos estados A40, A60 e A80.

Uma métrica relevante no acompanhamento estudantil diz respeito à janela de tempo de permanência estimada do aluno na universidade, que pode ser calculada com a equação 2.14 apresentada anteriormente. Para o conjunto de cursos de engenharia da UFC, esses tempos podem ser vistos na tabela 11 a seguir.

Tabela 11 – Quantidade de semestres estimados para o aluno se graduar, GERAL ENG SISU 2015/2016

Tempo estimado que um aluno no estado inicial leva para graduar.	
ENG SISU 2015	15.10647 Semestres
ENG SISU 2016	15.04157 Semestres

Fonte: Autor

Uma métrica auxiliar deste comportamento é o tempo que o aluno leva para chegar a um estado absorvente, para todos os estados transientes definidos. Estes resultados para 2015 e 2016 podem ser vistos na tabela 12 a seguir.

Tabela 12 – Qtd. de transições médias (semestres) que um aluno leva para chegar a um estado absorvente, saindo de transiente. SISU 2015/2016.

Quantidade de períodos médios para chegada em estado absorvente, saindo de um estado transiente.			
	SISU 2015	SISU 2016	Média
A0	9.0551 Sem.	8.5400 Sem.	8.7976 Sem.
A20	9.1333 Sem.	9.2441 Sem.	9.1887 Sem.
A40	7.6969 Sem.	7.7702 Sem.	7.7335 Sem.
A60	5.8783 Sem.	5.9989 Sem.	5.9386 Sem.
A80	3.5344 Sem.	3.5754 Sem.	3.5549 Sem.
NM	4.4542 Sem.	4.6161 Sem.	4.5352 Sem.

Fonte: Autor

Esta última métrica possui resultados que aparentam ser inconsistentes, como o estado A0 levar menos tempo para chegada em estado absorvente que o estado A20, mas isso é decorrência dos altos índices de evasão e transferência existentes no primeiro estado. O tempo estimado no estado NM é similar ao limite de tempo para perda de vínculo mencionado na subseção 2.2.2.

4.1.2 Modelagem por acompanhamento de turma SISU - Individual por curso

Na subseção anterior foram observados o comportamento geral dos alunos de engenharia do Centro de Tecnologia, nos dois processos seletivos SISU 2015 e 2016. Nesta subseção serão observados os comportamentos individualizados, para averiguar diferenças de comportamento entre os alunos de cada curso.

Vale destacar aqui que devido à quantidade de matrizes de frequência, probabilidades e matrizes fundamentais geradas para cada curso, serão apresentadas aqui apenas as métricas individualizadas. O leitor pode encontrar as respectivas matrizes de frequência utilizadas no cálculo destes resultados no apêndice A. Inicialmente, para verificar as diferenças entre os semestres SISU na estimativa de tempo de conclusão, podemos observar as diferenças dessa métrica por cursos na tabela 13 a seguir.

Tabela 13 – Quantidade de semestres estimado até a diplomação, para cada curso

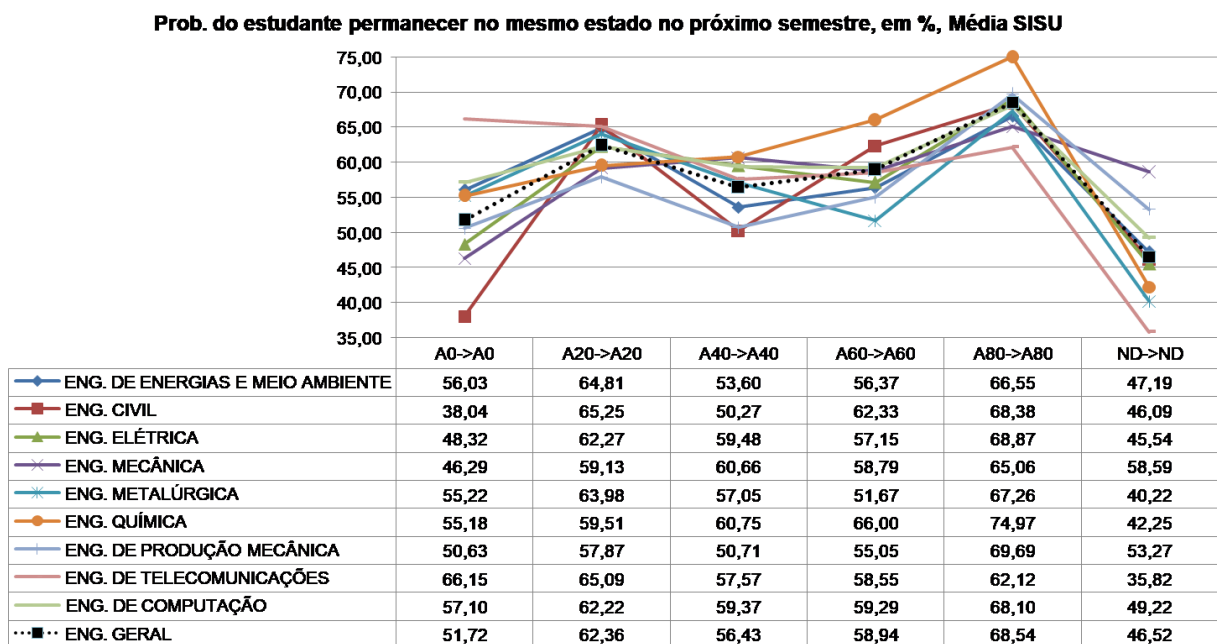
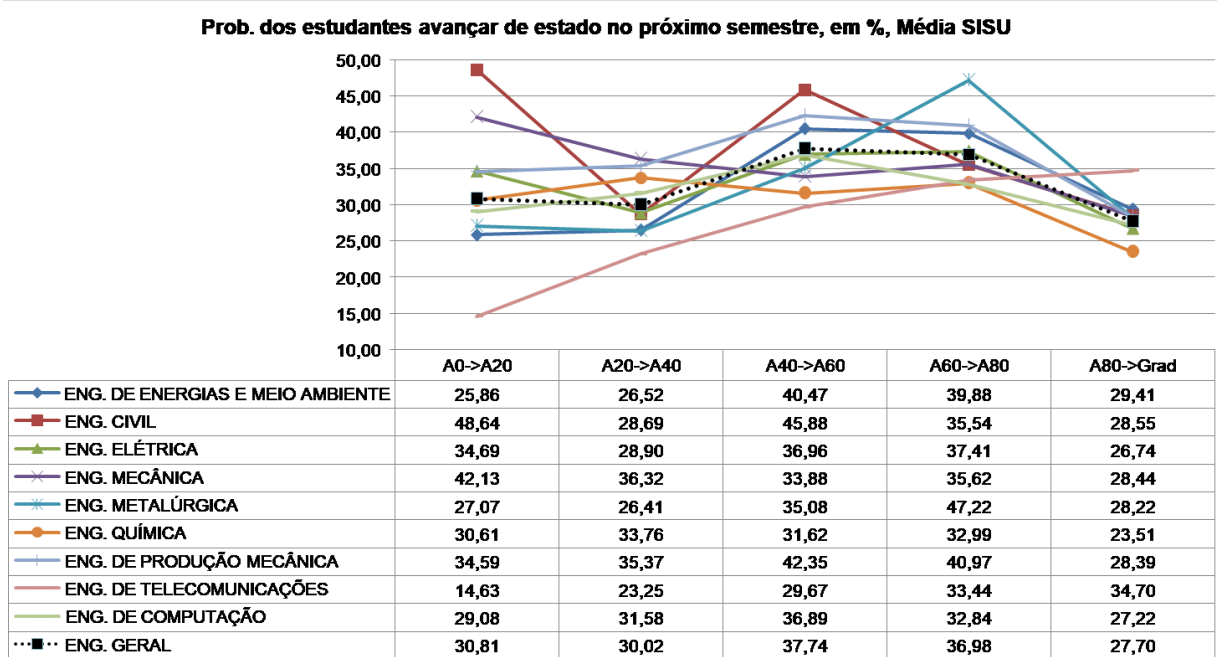
Tempo estimado que um aluno no estado inicial leva para graduar, em semestres.				
	SISU 2015	SISU 2016	Diferença Absoluta	Média
ENG. DE ENERGIAS E MEIO AMB.	14.9284	14.9340	0.0056	14.9312
ENG. CIVIL	14.6835	14.7540	0.0705	14.7188
ENG. ELÉTRICA	15.0042	15.2329	0.2287	15.1185
ENG. MECÂNICA	15.3003	15.4509	0.1506	15.3756
ENG. METALÚRGICA	14.6496	14.2693	0.3803	14.4594
ENG. QUÍMICA	16.2875	16.4796	0.1921	16.3836
ENG. DE PRODUÇÃO MECÂNICA	15.2390	14.7967	0.4422	15.0179
ENG. DE TELECOMUNICAÇÕES*	14.5465	16.6883	2.1418	15.6174
ENG. DE COMPUTAÇÃO*	15.2427	16.9930	1.7503	16.1179
ENG. GERAL	15.10647	15.04157	0.0649	15.07402

Fonte: Autor

No geral é possível notar uma estabilidade nas estimativas de tempo de conclusão dos alunos, exceto nos cursos de Engenharia de Telecomunicações e Engenharia de Computação, no qual há mais de um semestre e meio de diferença entre os dois processos seletivos. Isto pode ser explicado devido ao recente início de ambos os cursos, com sua primeira turma em 2015 como mencionado na subseção 3.1.1.

Há uma variação mais presente nos cursos de Engenharia de Produção Mecânica e Engenharia Metalúrgica, mas menor do que os dos cursos citados anteriormente. Vale destacar aqui também o tempo de conclusão mais longo do curso de Engenharia Química em relação aos outros. Podemos observar estes dados em conjunto com as probabilidades de avanço e permanência de estado na figura 12 a seguir.

Figura 12 – Probabilidades de transição dos alunos de Engenharia de um semestre para o próximo, por curso. Média SISU 2015 e 2016

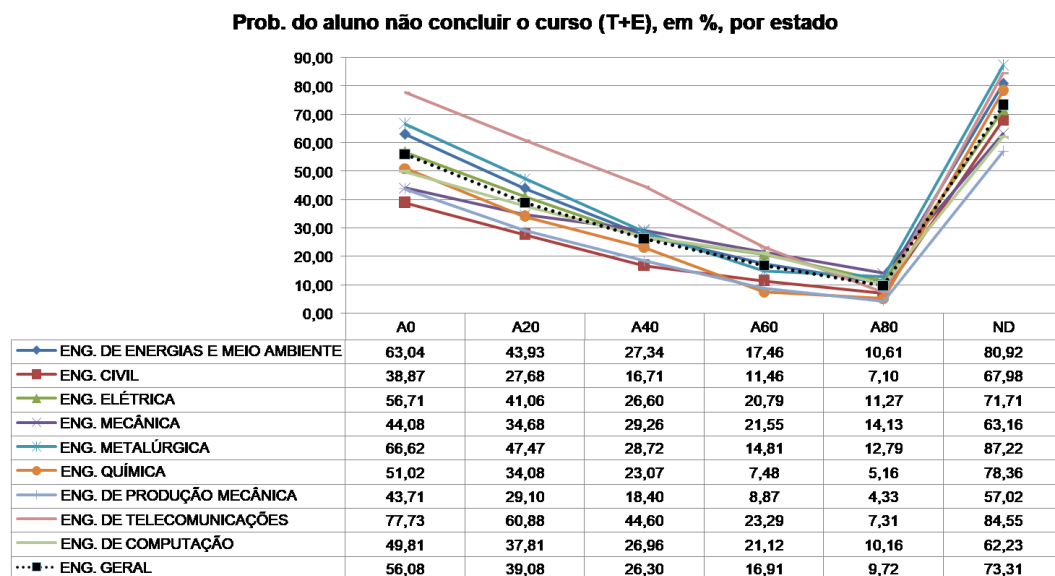
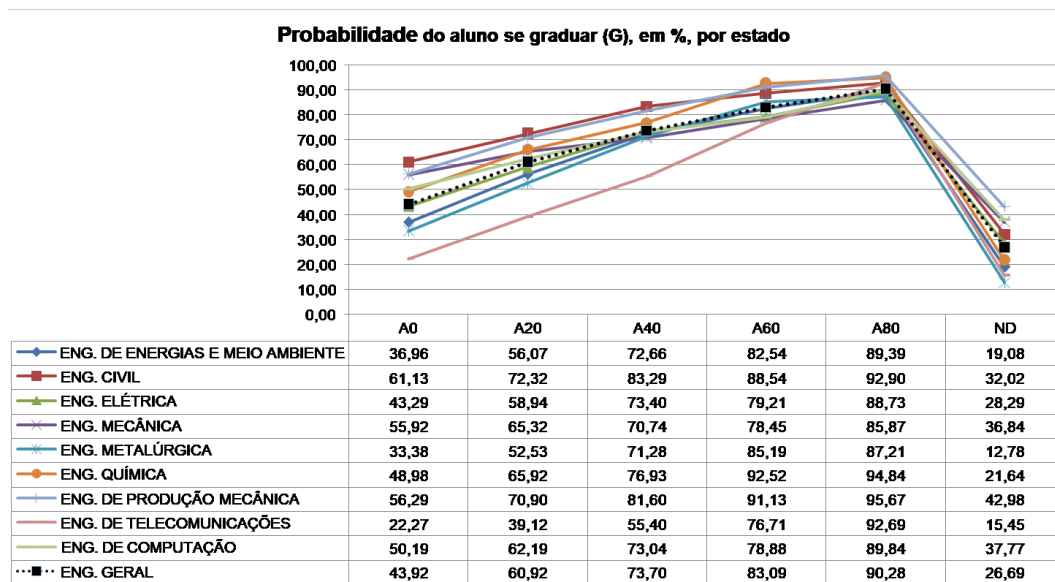


Fonte: Autor

Estes resultados mostram diferenças consideráveis no comportamento dos alunos dos cursos de engenharia. Podemos ver que os cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica possuem as maiores probabilidades do aluno avançar do estado A0 ao A20, enquanto Engenharia de Telecomunicações possui a menor probabilidade dentre os cursos mencionados em relação a este avanço, mas possui a maior possibilidade de avanço do estado A80 para a conclusão do curso.

Para compreender e ter uma visão completa do comportamento estudantil destes cursos, é relevante avaliar estes dados em conjunto das probabilidades de evasão, mudança de curso e conclusão, que podem ser vistas na figura 13 a seguir.

Figura 13 – Probabilidade dos alunos chegarem a estados absorventes, por curso. Média SISU 2015 e 2016



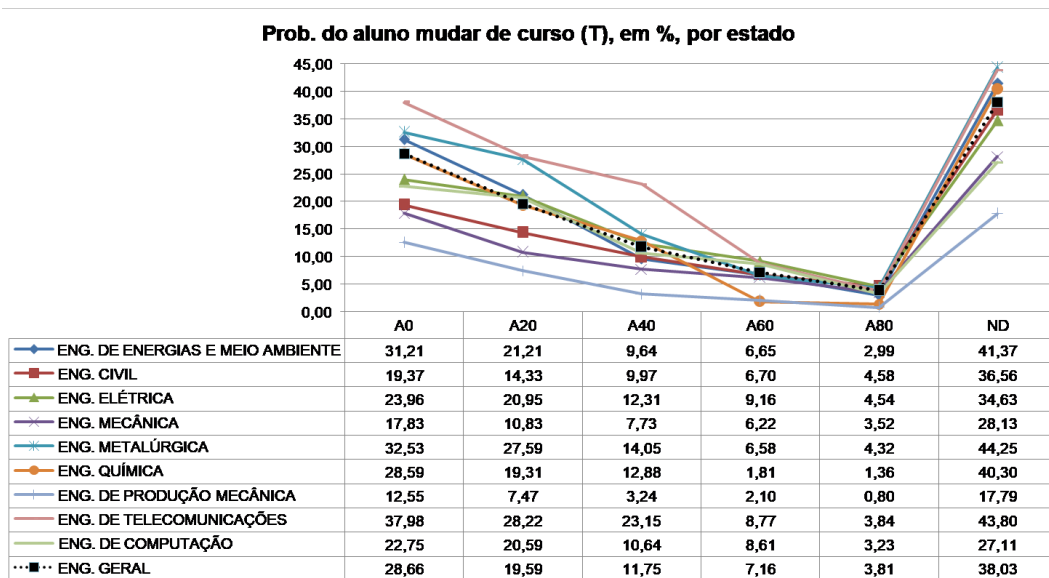
Fonte: Autor

Observando as probabilidades de conclusão é possível verificar que as menores taxas observadas estão no estado A0, em que o aluno integralizou poucos créditos, aumentando gradativamente para os alunos que persistem no curso e acumulam horas cursadas. Para alunos que completaram 60% da carga horária (representado pelo estado A60) a probabilidade média de se graduar nos cursos de engenharia é acima de 80%. Neste caso se destaca o curso de Engenharia de Telecomunicações, devido às baixas probabilidades de formação nos estados A0, A20 e A40, indicando uma baixa probabilidade de diplomação de alunos que acumularam uma quantidade considerável de créditos.

Ainda observando o quesito de conclusão dos alunos, é possível observar que aqueles que estão no estado Não-Matriculado possuem as menores taxas de diplomação, mas cursos como Engenharia Civil, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção Mecânica e Engenharia de Computação possuem porcentagens altas em relação aos outros cursos. Em alguns casos isto pode ser relacionado a alunos que realizam mobilidade acadêmica internacional como citado anteriormente, mas também devido a percepções de mercado que indicam alta demanda de profissionais nessas áreas (PATI, 2019),

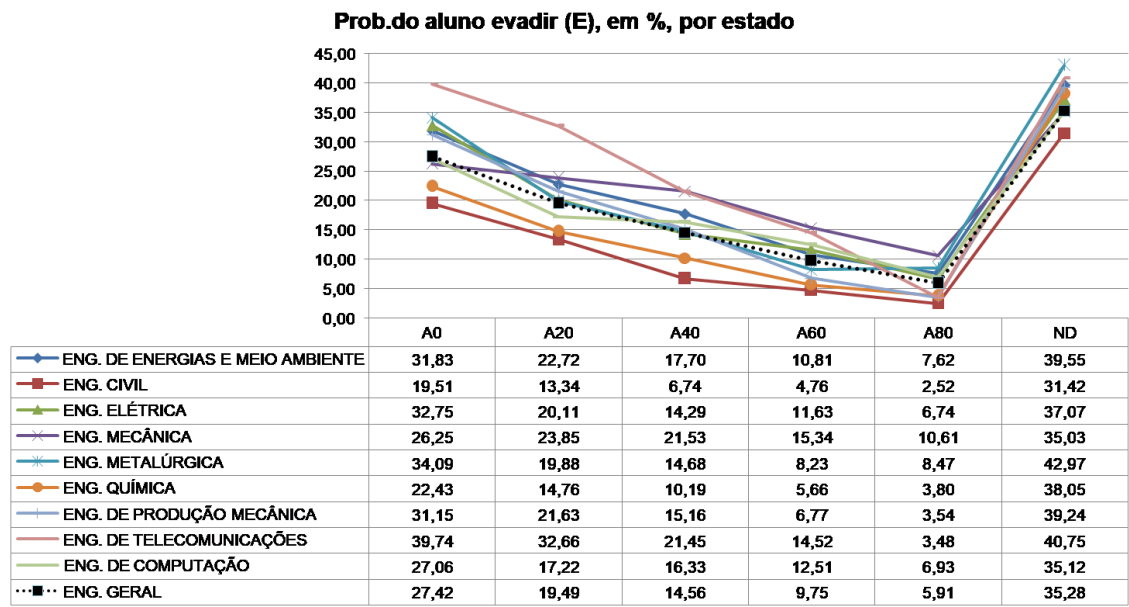
Em relação às métricas de evasão e mudança de curso, inicialmente podemos observar as porcentagens combinadas de Evasão e mudança de curso, que é complementar às porcentagens de conclusão comentadas anteriormente. É possível observá-las separadamente nas figuras 14 e 15 a seguir.

Figura 14 – Probabilidade de um aluno mudar de curso , por curso. Média SISU 2015 e 2016.



Fonte: Autor

Figura 15 – Probabilidade de um aluno evadir do curso. Média SISU 2015 e 2016.



Fonte: Autor

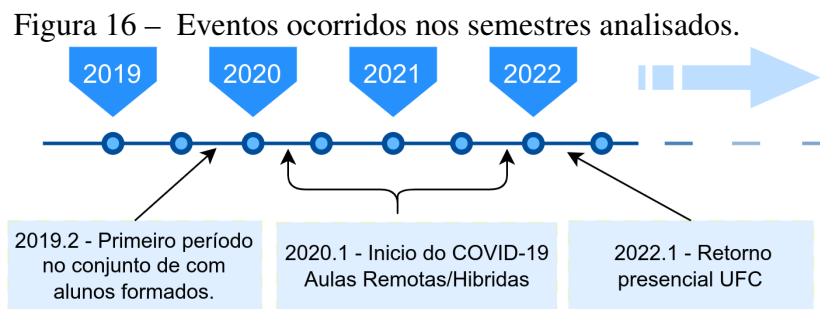
Ao dividir os tipos de saída dos alunos podemos observar comportamentos distintos dos alunos de engenharia. No cenário geral, é possível perceber uma redução nas mudanças de curso (T) para alunos nos estados A40 em diante, quando comparados ao estado de evasão (E). Já observando os cursos, vemos que os cursos que possuem menores probabilidades de transferência de curso no estado A0 são Engenharia Civil, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção Mecânica, seguidos por Engenharia de Computação e Engenharia Elétrica. Isto pode ser correlacionado a alta demanda destes profissionais, como mencionado anteriormente, reduzindo a migração de curso por motivos relacionados à carreira.

4.2 Modelagem por acompanhamento entre semestres

Os resultados apresentados anteriormente foram obtidos analisando o fluxo estudantil dos alunos que entraram no mesmo processo seletivo, especificamente no SISU 2015 e 2016. Além deste método, há a análise do comportamento dos alunos ativos em determinados semestres, observando as mudanças de estado que acontecem entre as transições de semestres letivos, independentemente do período de entrada no aluno. Este é um método frequentemente encontrado em trabalhos que utilizam cadeia de Markov, devido à rapidez na qual esses dados podem ser gerados e analisados. Esta é a forma que os dados serão trabalhados nesta subseção.

Vale destacar aqui que houve uma mudança atípica entre 2020 e 2022, que foi a

ocorrência da pandemia da COVID-19. Este acontecimento afetou a vida de milhares de pessoas devido ao distanciamento social realizado para se obter o controle da transmissão e das perdas resultantes desta doença. É possível encontrar pesquisas que avaliam os efeitos do COVID-19 no ensino de engenharia, como os de Novak-Pintarič e Kravanja (2020) Salas-Pilco (2022) e Turner *et al.* (2022), trazendo informações sobre o impacto, desafios e mudanças causadas pela pandemia. Este trabalho, ao levantar dados sobre o comportamento estudantil dos alunos de engenharia da UFC nos semestres 2019.2 a 2022.2, pode trazer melhor compreensão sobre o impacto da pandemia no contexto da UFC. Para contextualizar as mudanças ocorridas, pode-se observar na Figura 16 uma linha do tempo, que destaca eventos que modificaram o cenário educacional dos alunos de engenharia neste período,



Fonte: Autor

Uma forma de verificar a estabilidade das probabilidades de transição dos conjuntos de dados utilizados, assim como feito na análise das turmas SISU, é a observação das estimativas de tempo de conclusão geradas por cada transição de semestre. Estas estimativas de tempo são realizadas com as transições de todos os alunos ativos no período analisado, e podem ser vistas na tabela 14 a seguir.

Tabela 14 – Quantidade de semestres estimados para o aluno se graduar nos cursos de engenharia. Semestres 2019.2 a 2022.2

Tempo estimado que um aluno no estado inicial leva para graduar.	
2019.2-2020.1	14.3763 Semestres
2020.1-2020.2	17.8187 Semestres
2020.2-2021.1	16.6043 Semestres
2021.1-2021.2	18.1439 Semestres
2021.2-2022.1	15.9504 Semestres
2022.1-2022.2	20.6190 Semestres
Média Semestres	17.2521 Semestres
Média SISU	15.0740 Semestres

Fonte: Autor

É possível observar uma variação grande nos tempos estimados de conclusão, principalmente no período inicial do ensino a distância devido ao COVID-19 em relação ao anterior e em relação ao encerramento do ensino híbrido e retorno presencial a UFC. A média das estimativas de tempo de conclusão dos semestres indica uma maior probabilidade de retenção de alunos, fenômeno presente também nos dados de retenção gerados pela UFC e exibidos anteriormente na figura 5. Observando as probabilidades de progressão e permanência nos estados, temos os seguintes resultados presentes na tabela 15 a seguir.

Tabela 15 – Probabilidades de transição dos alunos de engenharia, por estado. Semestres 2019.2 a 2022.2

Probabilidade dos estudantes avançarem de estado em cada semestre					
	A0->A20	A20->A40	A40->A60	A60->A80	A80->Grad
2019.2-2020.1	40.18%	29.83%	32.28%	41.57%	33.82%
2020.1-2020.2	31.41%	34.99%	45.12%	44.95%	12.88%
2020.2-2021.1	42.58%	26.62%	34.50%	34.38%	27.36%
2021.1-2021.2	29.58%	32.94%	46.35%	39.11%	25.11%
2021.2-2022.1	35.03%	21.62%	25.05%	31.04%	30.60%
2022.1-2022.2	4.57%	24.47%	33.62%	38.84%	19.87%
Média Semestres	30.56%	28.41%	36.16%	38.32%	24.94%
Media SISU	30.81%	30.02%	37.74%	36.98%	27.70%

Probabilidade dos estudantes permanecerem no mesmo estado em cada semestre					
	A0->A0	A20->A20	A40->A40	A60->A60	A80->A80
2019.2-2020.1	40.18%	61.19%	63.25%	55.34%	62.91%
2020.1-2020.2	53.36%	59.10%	50.79%	54.13%	85.58%
2020.2-2021.1	42.38%	67.21%	61.35%	64.04%	70.11%
2021.1-2021.2	53.91%	61.49%	51.29%	57.43%	68.72%
2021.2-2022.1	46.18%	66.86%	64.67%	64.52%	64.01%
2022.1-2022.2	79.15%	69.00%	59.83%	55.83%	75.89%
Média Semestres	52.53%	64.14%	58.53%	58.55%	71.20%
Média SISU	51.72%	62.36%	56.43%	58.94%	68.54%

Fonte: Autor

Considerando as probabilidades de avanço de estado por semestre, é possível observar uma porcentagem muito baixa no avanço dos alunos do estado A0 ao A20 na transição 2022.1-2022.2, Para compreender este acontecimento, vale aqui mencionar uma característica particular dos cursos de engenharia da UFC, que é relacionado às algumas disciplinas do "Ciclo básico", como Cálculo Fundamental, Química, Física, serem anuais, isto é, o aluno que entra no semestre ímpar na UFC apenas as conclui no final do semestre par. Um estudante que conclui com sucesso as disciplinas anuais e semestrais do primeiro ano do curso normalmente consegue integralizar os créditos necessários para avançar do estado A0 ao A20.

Esta métrica reduzida de avanço do estado A0 indica um baixo avanço de alunos

ingressantes, com poucos créditos integralizados, o que pode vir a tornar um problema ainda maior de evasão no futuro. Uma hipótese para este acontecimento é relacionada aos alunos ingressantes deste último processo seletivo terem concluído boa parte do ensino médio durante a pandemia COVID-19. A aplicação do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) em 2021, que indicou que alunos do ensino médio avaliados acertaram apenas 27% das questões de matemática básica (ALBUQUERQUE, 2022), acabam corroborando essa hipótese.

Vale destacar aqui que há uma redução leve nas probabilidades de transição observadas nos semestres 2021.2->2022.1 e 2022.1->2022.2, que podem ser efeito do retorno presencial e adaptação em relação ao ensino híbrido empregado anteriormente. Considerando as médias das probabilidades de transição dos semestres, é possível notar uma similaridade em relação às métricas obtidas pelo método de análise SISU, com diferenças percentuais de 1 a 3%. Além destes dados, podemos analisar os comportamentos dos alunos pelas probabilidades deles se graduarem e evadirem nestes semestres, que podem ser vistos nas tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Probabilidade dos alunos se graduarem. Semestres 2019.2 a 2022.2

	Probabilidade do aluno se graduar (G) por estado em cada semestre					
	A0	A20	A40	A60	A80	ND
2019.2-2020.1	43.48%	61.39%	77.62%	86.56%	92.25%	27.50%
2020.1-2020.2	54.19%	73.08%	83.81%	90.22%	91.62%	21.26%
2020.2-2021.1	55.39%	68.61%	82.49%	90.47%	93.90%	30.76%
2021.1-2021.2	57.45%	72.65%	80.04%	82.42%	86.71%	36.63%
2021.2-2022.1	28.74%	39.69%	57.03%	77.08%	86.85%	14.50%
2022.1-2022.2	31.78%	55.74%	67.29%	77.15%	84.40%	35.81%
Média Semestres	45.17%	61.86%	74.72%	83.98%	89.29%	27.74%
Media SISU	43.92%	60.92%	73.70%	83.09%	90.28%	26.69%

Fonte: Autor

É possível notar nos semestres entre 2021.1 e 2021.2 um aumento considerável na métrica de conclusão de curso, mas ao observar os dados das matrizes fundamentais destes semestres é possível constatar que houve na verdade uma redução nas quantidades de evasão e transferência nestes períodos. O contrário ocorre quando há o retorno presencial das aulas, o que sugere que a flexibilização dada neste período, em relação ao curso a distância e o trancamento de disciplinas sem impacto no indicador de desempenho contido no histórico escolar do aluno, reduziu levemente este comportamento de evasão e transferência de curso. É possível que o aumento das probabilidades de avanço de estado nestes períodos na tabela 15, observados principalmente nos estados A20 e A40 também seja efeito resultante desta flexibilização.

Tabela 17 – Probabilidade dos alunos não se graduarem nos cursos de engenharia, entre os semestres 2019.2 a 2022.2

Probabilidade de o aluno mudar de curso (T) em cada estado, por semestre.						
	A0	A20	A40	A60	A80	ND
2019.2-2020.1	31.82%	24.74%	12.56%	7.61%	4.04%	52.95%
2020.1-2020.2	8.39%	4.85%	2.97%	2.24%	1.92%	18.05%
2020.2-2021.1	32.45%	23.83%	13.99%	7.55%	4.49%	48.42%
2021.1-2021.2	25.89%	17.02%	13.00%	11.43%	8.46%	48.32%
2021.2-2022.1	33.22%	31.98%	20.75%	9.25%	4.65%	27.45%
2022.1-2022.2	9.05%	3.88%	2.45%	1.73%	0.73%	13.15%
Média Semestres	23.47%	17.72%	10.95%	6.63%	4.05%	34.72%
Media SISU	28.66%	19.59%	11.75%	7.16%	3.81%	38.03%

Probabilidade de o aluno evadir (E) em cada estado, por semestre						
	A0	A20	A40	A60	A80	ND
2019.2-2020.1	24.70%	13.87%	9.81%	5.83%	3.71%	19.55%
2020.1-2020.2	37.41%	22.07%	13.22%	7.54%	6.46%	60.69%
2020.2-2021.1	12.16%	7.56%	3.52%	1.99%	1.60%	20.83%
2021.1-2021.2	16.66%	10.33%	6.96%	6.15%	4.83%	15.05%
2021.2-2022.1	38.05%	28.32%	22.22%	13.66%	8.50%	58.05%
2022.1-2022.2	59.17%	40.38%	30.26%	21.13%	14.87%	51.04%
Média Semestres	31.36%	20.42%	14.33%	9.38%	6.66%	37.53%
Média SISU	27.42%	19.49%	14.56%	9.75%	5.91%	35.28%

Fonte: Autor

Já observando as médias dos semestres, vemos que estas não destoam tanto dos resultados obtidos pela análise de turmas SISU, mesmo que os resultados individuais sejam bastante variados. Isto pode ocorrer devido às probabilidades de diplomação destes semestres agregarem em maior peso os dados dos alunos do SISU 2015 e 2016, que são as turmas que os alunos já tiveram tempo para concluir o vínculo. Por fim, de forma similar a média por curso das turmas SISU, podem ser vistas na tabela 18 as médias dos semestres pares e ímpares das probabilidades de avanço de estado dos cursos de engenharia da UFC.

Apesar das tabelas possuírem o valor médio das probabilidades semestrais de avanço, é possível perceber que nos últimos dois semestres houve uma redução considerável no ritmo de avanço no estado A0, assim como mencionado anteriormente no geral das engenharias apresentado na tabela 15. Observando o comportamento de cursos específicos se destaca o curso de Engenharia de Telecomunicações, em que há uma baixa probabilidade dos alunos avançarem de curso nos estados A20 em todos os semestres analisados, destoando do comportamento médio encontrado nos outros cursos. Este fato chama a atenção e indica que há uma necessidade de acompanhamento dos alunos deste curso em especial. Relacionado a estes dados, observa-se na tabela 19 as taxas de conclusão estimadas para cada estado, por curso.

Tabela 18 – Probabilidade dos alunos avançarem de estado, por curso. Média dos pares de transições acontecidas por ano (2019.2-2020.2, 2020.2-2021.2, 2021.2-2022.2)

Probabilidade dos estudantes avançarem de estado, por curso. Média Semestres 2019.2 a 2020.2					
	A0->A20	A20->A40	A40->A60	A60->A80	A80->Grad
ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMB.	26.75%	25.82%	38.10%	45.54%	21.91%
ENGENHARIA CIVIL	42.31%	35.26%	37.81%	39.61%	29.65%
ENGENHARIA ELÉTRICA	45.90%	29.35%	38.81%	42.14%	32.17%
ENGENHARIA MECÂNICA	48.32%	34.17%	31.42%	43.43%	25.76%
ENGENHARIA METALÚRGICA	34.79%	28.53%	40.22%	50.30%	14.94%
ENGENHARIA QUÍMICA	40.70%	39.29%	37.29%	29.49%	35.68%
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA	50.83%	42.74%	46.33%	46.35%	24.09%
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES	20.33%	9.64%	34.60%	33.33%	30.00%
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO	27.90%	36.22%	35.58%	33.52%	15.61%
ENGENHARIA GERAL	35.79%	32.41%	38.70%	43.26%	23.35%

Probabilidade dos estudantes avançarem de estado, por curso. Média Semestres 2020.2 a 2021.2					
	A0->A20	A20->A40	A40->A60	A60->A80	A80->Grad
ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMB.	36.21%	28.75%	41.82%	44.68%	34.07%
ENGENHARIA CIVIL	37.85%	25.92%	40.05%	35.90%	24.64%
ENGENHARIA ELÉTRICA	47.34%	32.01%	39.27%	29.72%	19.83%
ENGENHARIA MECÂNICA	46.26%	37.46%	41.63%	25.82%	20.31%
ENGENHARIA METALÚRGICA	27.32%	17.83%	49.49%	26.01%	30.98%
ENGENHARIA QUÍMICA	16.14%	34.52%	35.15%	35.89%	21.08%
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA	51.11%	47.56%	42.43%	36.59%	37.15%
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES	32.98%	16.81%	21.53%	40.63%	23.56%
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO	36.29%	32.45%	39.12%	37.32%	38.84%
ENGENHARIA GERAL	36.08%	29.78%	40.42%	36.75%	26.24%

Probabilidade dos estudantes avançarem de estado, por curso. Média Semestres 2021.2 a 2022.2					
	A0->A20	A20->A40	A40->A60	A60->A80	A80->Grad
ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMB.	26.59%	19.79%	34.49%	32.97%	22.54%
ENGENHARIA CIVIL	16.62%	25.77%	26.27%	35.55%	28.36%
ENGENHARIA ELÉTRICA	15.80%	22.89%	23.90%	38.84%	28.41%
ENGENHARIA MECÂNICA	15.88%	26.17%	34.79%	28.78%	38.82%
ENGENHARIA METALÚRGICA	15.77%	20.61%	18.52%	46.31%	38.07%
ENGENHARIA QUÍMICA	25.28%	14.39%	29.48%	24.57%	11.76%
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA	22.82%	26.98%	36.72%	38.22%	18.53%
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES	13.74%	15.68%	25.30%	25.38%	35.63%
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO	21.70%	30.42%	35.00%	33.87%	13.16%
ENGENHARIA GERAL	19.80%	23.04%	29.34%	34.94%	25.23%

Fonte: Autor

Observando os resultados obtidos, é possível afirmar que a seleção de estados transientes e absorventes permitiu extrair diversas informações sobre os comportamentos dos alunos, tanto considerando a divisão dos alunos pelo semestre de ingresso na Universidade, quanto pelas transições entre os semestres. Comparando os resultados obtidos pelos dois métodos, podemos dizer que eles são úteis em extrair informações diferentes do fluxo estudantil. As análises por Turmas SISU proporcionam um conjunto de alunos mais homogêneo a serem analisados, devido ao acompanhamento dos mesmos durante um período longo de tempo. Isto permite extrair probabilidades de transição que retratam o comportamento do aluno durante todas as fases do curso, permitindo observar com detalhes o fluxo sequencial que os estudantes

Tabela 19 – Probabilidade dos alunos se graduarem, por curso. Média dos pares de transições ocorridas por ano (2019.2-2020.2, 2020.2-2021.2, 2021.2-2022.2)

Probabilidade do aluno se graduar (G) em cada estado, Média Semestres 2019.2 a 2020.2						
	A0	A20	A40	A60	A80	ND
ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMB.	25.72%	45.09%	67.55%	80.31%	85.99%	12.86%
ENGENHARIA CIVIL	64.23%	82.75%	90.74%	92.63%	97.78%	25.98%
ENGENHARIA ELÉTRICA	39.09%	50.06%	64.25%	79.88%	91.42%	19.42%
ENGENHARIA MECÂNICA	40.37%	49.80%	61.38%	75.81%	78.10%	19.18%
ENGENHARIA METALÚRGICA	37.91%	54.10%	74.13%	85.71%	85.71%	14.82%
ENGENHARIA QUÍMICA	56.07%	72.46%	87.40%	93.50%	100.00%	14.30%
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA	65.46%	81.85%	88.21%	95.09%	100.00%	41.68%
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES	27.09%	40.97%	75.19%	89.95%	100.00%	19.58%
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO	60.34%	77.20%	88.84%	100.00%	100.00%	45.64%
ENGENHARIA GERAL	48.84%	67.23%	80.72%	88.39%	91.94%	24.38%

Probabilidade do aluno se graduar (G) em cada estado, Média Semestres 2020.2 a 2021.2						
	A0	A20	A40	A60	A80	ND
ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMB.	52.89%	67.29%	83.03%	87.69%	94.25%	41.45%
ENGENHARIA CIVIL	61.11%	80.98%	83.71%	90.34%	92.36%	25.94%
ENGENHARIA ELÉTRICA	45.19%	53.62%	67.52%	74.01%	81.67%	16.16%
ENGENHARIA MECÂNICA	67.77%	76.32%	79.58%	81.19%	91.70%	48.62%
ENGENHARIA METALÚRGICA	27.91%	45.83%	72.48%	72.48%	88.89%	7.64%
ENGENHARIA QUÍMICA	46.22%	67.30%	76.92%	82.55%	88.79%	40.06%
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA	82.25%	89.70%	91.36%	97.09%	97.50%	67.90%
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES	24.36%	31.59%	41.77%	53.36%	69.15%	10.68%
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO	59.80%	73.16%	84.61%	90.08%	91.07%	44.46%
ENGENHARIA GERAL	56.42%	70.63%	81.27%	86.44%	90.31%	33.69%

Probabilidade do aluno se graduar (G) em cada estado, Média Semestres 2021.2 a 2022.2						
	A0	A20	A40	A60	A80	ND
ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMB.	23.01%	38.61%	57.09%	73.36%	83.58%	16.05%
ENGENHARIA CIVIL	35.09%	55.71%	69.47%	83.94%	91.50%	30.86%
ENGENHARIA ELÉTRICA	26.89%	44.54%	52.25%	68.61%	82.36%	30.27%
ENGENHARIA MECÂNICA	36.43%	52.30%	66.44%	80.68%	91.28%	42.57%
ENGENHARIA METALÚRGICA	18.70%	41.22%	47.44%	78.79%	87.51%	22.23%
ENGENHARIA QUÍMICA	28.62%	41.14%	61.03%	73.67%	92.86%	9.82%
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA	38.42%	50.02%	65.51%	74.00%	79.62%	32.90%
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES	24.67%	31.07%	49.62%	66.91%	94.96%	27.35%
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO	32.39%	45.46%	50.96%	59.52%	63.14%	30.63%
ENGENHARIA GERAL	30.26%	47.72%	62.16%	77.11%	85.62%	25.15%

Fonte: Autor

realizaram. A observação do comportamento geral dos alunos de engenharia em relação aos comportamentos individualizados dos cursos também trouxe informações importantes, pois destaca eventos úteis que podem ser utilizados na sugestão de melhorias e mudanças nestes cursos.

Já ao analisarmos os resultados das transições por semestre, obtemos o comportamento de alunos que participam no sistema educacional no mesmo período, mas que estão em etapas e realidades diferentes do curso. Devido à agilidade na observação dos sistemas, isto permite obter uma análise mais ampla e mais ágil no comportamento estudantil, para cada etapa dos alunos. Nos resultados apresentados foi possível observar efeitos amplos em diferentes

grupos de alunos, como no caso da mudança no ritmo de progressão dos alunos com 40% a 80% de horas integralizadas durante o ensino a distancia no COVID-19, e efeitos em grupos específicos, como a baixa progressão de alunos com menos de 20% de horas integralizadas na transição entre os semestres 2022.1 e 2022.2, assim como o aumento na evasão dos alunos deste semestre.

4.3 Predição de fluxo educacional

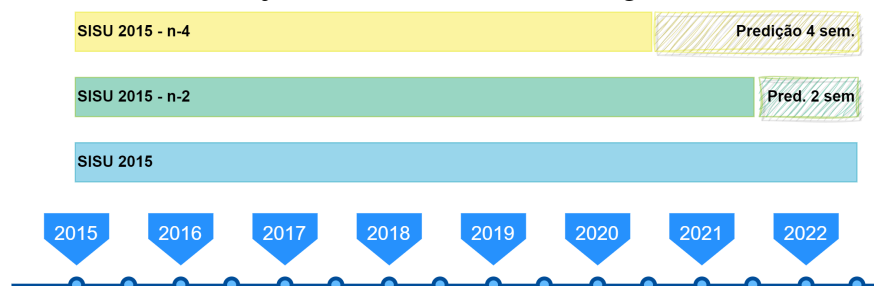
Como observado na subseção anterior, ambos os métodos de avaliação por Turma SISU e por semestres geram probabilidades de transição entre estados do aluno, que podem ser utilizadas na predição de resultados futuros do sistema. Nesta seção serão detalhados os testes realizados para validar o comportamento de predição do modelo proposto, e o cálculo de quantitativos de evasão e conclusão futuros para os semestres e cursos analisados.

4.3.1 Análise de predição do modelo

Uma forma de verificar o comportamento de um modelo preditivo é comparar seus resultados aos valores reais. (MARSHALL, 1973) realiza uma comparação desse tipo com métodos de predição de matrículas em uma universidade, sendo um deles por meio da cadeia de Markov.

Para esta verificação, serão utilizados os dados gerais dos alunos de engenharia do SISU 2015, dividido em dois cenários distintos: um que se obtém os dados até os últimos dois semestres (até 2021.2) e outro que até os últimos quatro (até 2020.2), onde serão calculadas as suas probabilidades de transição, que serão aplicadas sobre os alunos ativos do conjunto, para prever os estados futuros que eles seguirão. Uma representação da divisão feita, exemplificando a metodologia utilizada, pode ser vista na figura 17 a seguir.

Figura 17 – Divisão dos conjuntos de teste dos alunos ingressantes do SISU 2015



Fonte: Autor

Realizando essa divisão no conjunto de dados semestrais, podemos visualizar o quantitativo de semestres na tabela 20 a seguir.

Tabela 20 – Quantitativo de alunos ativos e inativos da Seleção SISU 2015, no grupo geral de engenharias.

	Ativos	Transf.	Evad.	Grad
SISU 2015 truncado em 4 semestres	153	159	181	187
SISU 2015 truncado em 2 semestres	73	162	195	250
SISU 2015 completo	40	162	206	272

Fonte: Autor

Podemos visualizar que há um grande quantitativo de alunos ativos nos dados truncados em 4 semestres, diferentemente do caso de 2 semestres no qual já se aproxima do valor representado nos dados completos. Podemos extrair as probabilidades desses conjuntos e aplicar a equação descrita 2.7 nos dados de 4 e 2 semestres truncados, o que permite obter a distribuição percentual da predição dos estados dos alunos, e o quantitativo de alunos esperados, exibidas na tabela 21 abaixo.

Tabela 21 – Comparação das predições a partir dos n-4 e n-2 semestres, comparado com os dados reais dos alunos SISU 2015.

Predição do quantitativo de alunos em estados absorventes	Total Alunos Transf.	Total Alunos Evad.	Total Alunos Grad.	% Erro Transf. Real	% Erro Evasão Real	% Erro Grad. Real	Erro Médio Abs.
Sisu 2015 estimado com n-2 semestres	166	201	269	+2.4691%	-2.4272%	-1.1029%	1.99975%
Sisu 2015 estimado com n-4 semestres	168	192	257	+3.7304%	-6.7961%	-5.5147%	5.33818%

Fonte: Autor

Neste caso, podemos ver que o erro de predição esperado para n-2 e n-4 semestres é pequeno, principalmente para o caso de 2 semestres. Observando os erros obtidos, podemos obter uma predição mais precisa utilizando a probabilidade do aluno não concluir o curso, isto é, unindo as métricas de mudança de curso e Evasão, como originalmente definido. Desta forma, temos as seguintes predições exibidas na tabela 22 abaixo.

Como o erro médio obtido das predições foi menor ao unificar as métricas de mudança de curso e evasão, este será o método utilizado nas predições realizadas na subseção a seguir. Vale destacar aqui que esta validação não será feita para as probabilidades de transição por semestres, visto que há uma grande variação nas probabilidades semestre a semestre apresentadas

Tabela 22 – Comparação das previsões a partir dos n-4 e n-2 semestres dos alunos SISU 2015, integrando as métricas de evasão e mudança de curso usadas no trabalho.

Predição do quantitativo de alunos em estados absorventes	Total Alunos N. Concl (T+E)	Total Alunos Grad. (G)	%Erro N.conc. Real (T+E)	%Erro Grad Real. (G)	Erro Médio Abs.
Dados alunos SISU 2015 estimado com n-2 sem.	367	269	-0,2717%	-1.1029%	0.6873%
Dados alunos SISU 2015 estimado com n-4 sem.	360	257	-2,1739%	-5.5147%	3.8443%

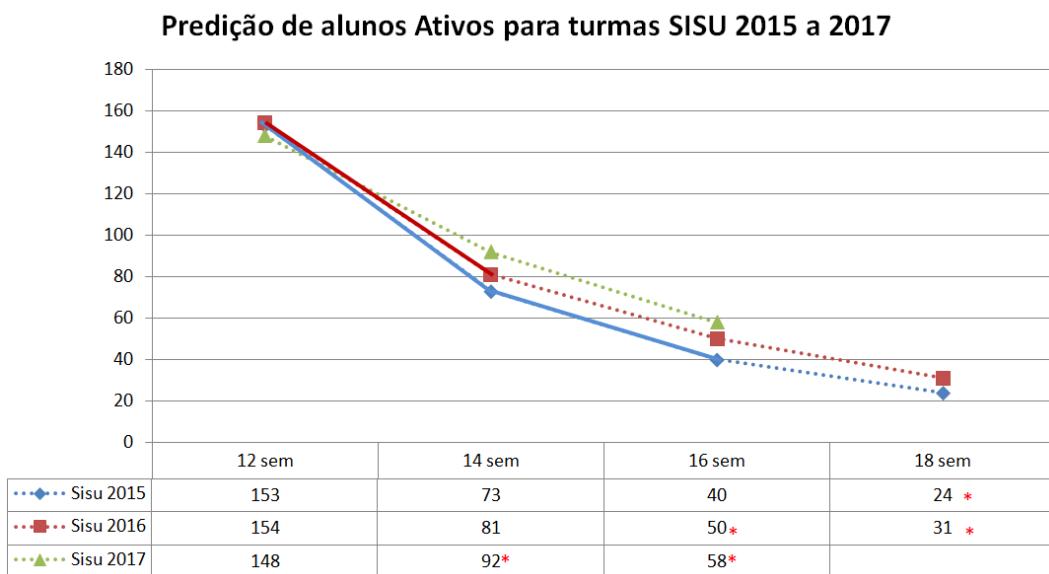
Fonte: Autor

na seção anterior. Variações estas que podem ser causadas tanto pela variação entre semestres pares e ímpares quanto pela própria variação ano a ano, impulsionada pelo impacto da COVID-19 no sistema educacional.

4.3.2 *Predições futuras das Turmas SISU*

Para estas previsões serão considerados os estados atuais dos alunos das turmas SISU 2015, 2016 e 2017, realizando previsões para estes alunos para os próximos anos. Nas figuras 18, 19 e 20 serão dados os estados atuais destas turmas e as previsões para os próximos semestres.

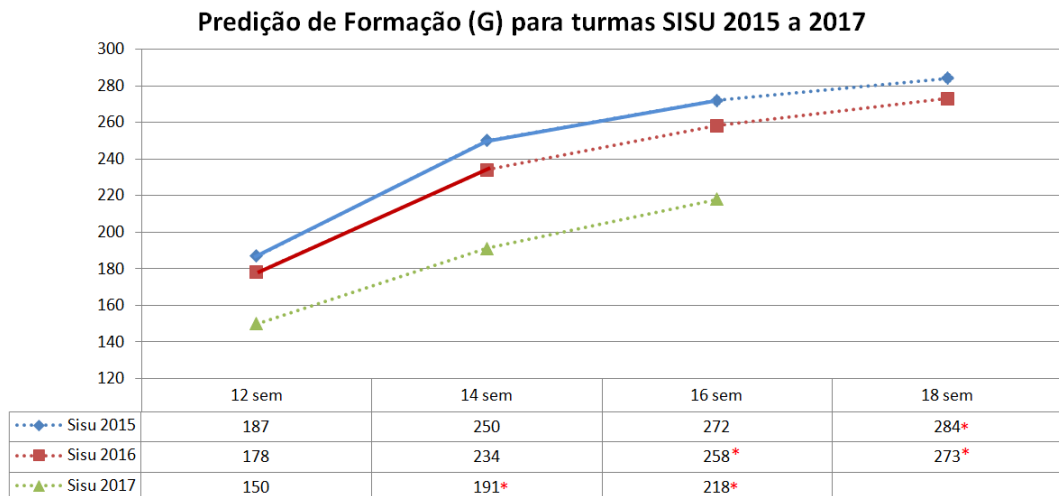
Figura 18 – Predição de alunos ativos das turmas SISU 2015 a 2017



Fonte: Autor

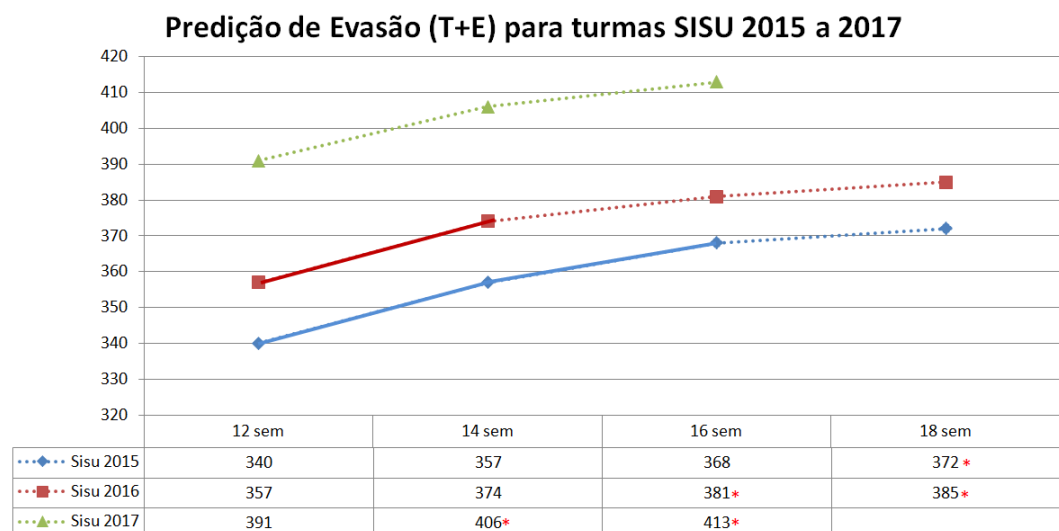
Vale destacar que a estimativa da turma SISU 2015 considera as probabilidades observadas até o momento, predizendo um cenário onde haja uma manutenção nas probabilidades

Figura 19 – Predição de alunos formados das turmas SISU 2015 a 2017



Fonte: Autor

Figura 20 – Predição de evadidos (transferências e evasões) das turmas SISU 2015 a 2017



Fonte: Autor

de transição. Como os alunos ativos desta turma já ultrapassaram a quantidade de semestres letivos máximos para conclusão estipulado nos cursos de engenharia, é possível que o resultado real seja distinto deste, principalmente na métrica de alunos que não concluíram o curso, por conta de desligamentos por tempo. Já nas turmas de 2016 e 2017, percebe-se que já nos dados atuais da engenharia já há um aumento perceptível no total de evasões e transferências de curso, quando comparados a 2015.

No próximo capítulo serão realizada a recapitulação e conclusão deste trabalho, em que serão comentados também as limitações encontradas e trabalhos futuros que podem ser realizados com os dados já existentes.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão discutidas as principais conclusões alcançadas neste trabalho, relacionando-as aos objetivos propostos, Serão abordadas também as limitações dos resultados apresentados e trabalhos futuros que podem ser realizados a partir desta dissertação.

5.1 Conclusão

A evasão e retenção no Ensino Superior é um problema complexo enfrentado por diversas universidades e que geram um impacto social e econômico negativo, justificando a busca pela compreensão e por ações que auxiliem a reduzir a ocorrência e mitigar os efeitos desses fenômenos na educação superior. Para isso a geração de indicadores que retratem e auxiliem essa investigação são importantes.

Este trabalho teve como objetivo principal a análise do fluxo estudantil dos alunos de Engenharia do Centro de Tecnologia da UFC, possibilitando a geração de informações sobre o comportamento estudantil de alunos em diferentes etapas do percurso até a conclusão do curso. Este fluxo foi modelado com o método estocástico da cadeia de Markov, que é uma ferramenta amplamente utilizada para este tipo de análise.

Após uma análise do conjunto de dados disponíveis e dos trabalhos disponíveis na literatura, foi possível definir o método de modelagem dos estados dos alunos, baseado no progresso conquistado pelo aluno, utilizando as informações de horas aprovadas acumuladas. Divergindo dos trabalhos encontrados na literatura que utilizam divisões de estados particulares de cada universidade analisada, o que traz problemas na replicação e até mesmo na metodologia de análise dos resultados. Desta forma, buscou-se neste trabalho definir uma divisão de estados que possibilite a comparação de alunos de diferentes cursos e que seja possível replicar em outros cursos e universidades.

Por este método foi possível analisar os cursos de engenharia da UFC tanto de forma individual como conjunta, permitindo avaliar o fluxo educacional e extrair informações de diferentes conjuntos de alunos. Adicionalmente, foram observados os comportamentos de diferentes grupos de alunos destes cursos em relação ao período de ingresso na universidade e os comportamentos em relação aos alunos ativos nos semestres letivos da universidade, para verificar as informações que podem ser analisadas nestas óticas.

Devido à amplitude do conjunto de dados, aproveitou-se a oportunidade para explorar

a questão da mudança de curso, um subtipo de evasão que alguns autores consideram que deveria ser considerada a parte. Neste caso, foram consideradas as mudanças de cursos realizadas internamente na UFC, para alunos que encerraram seu vínculo ativo em um curso para iniciar outro. Esta análise pode auxiliar na percepção do problema de evasão dos cursos.

Com o método proposto foi possível observar as diferenças de fluxo dos alunos de engenharia das turmas SISU 2015 e 2016, assim como o comportamento dos alunos entre os semestres 2019.2 a 2022.2, permitindo identificar mudanças nos ritmos de progressão dos alunos dos diferentes cursos de engenharia ofertados. A análise semestral realizada permitiu observar as diferenças de fluxo entre os cursos e o impacto no progresso dos alunos em relação à pandemia COVID-19. No geral, foi possível perceber que o primeiro estado do aluno, no qual o mesmo possui menos de 20% das horas integralizadas, era o ponto em que estava mais suscetível a evasão do curso. Por fim, o método proposto permitiu a realização de previsões em relação às métricas de conclusão e evasão das turmas SISU 2015, 2016 e 2017.

5.2 Limitações e Trabalhos futuros

Apesar da gama de resultados apresentados neste trabalho vale destacar que o foco principal foi à análise do comportamento do fluxo dos alunos de engenharia, demonstrando um método que pode ser usado como indicador destes problemas, não sendo o foco a proposição de mudanças para melhorar o cenário de evasão presenciado pelos cursos. Apesar disto, este método da cadeia de Markov também permite realizar esse tipo de investigação, por meio de simulações realizadas em cima dos dados reais obtidos, como feitos por Ferko (2014) e Araújo (2019).

Em relação às previsões realizadas vale destacar que esta é uma ferramenta probabilística e os resultados que foram gerados por ela devem ser considerados. Desta forma, as probabilidades mencionadas dependem da estabilidade do sistema educacional, o que pode não ocorrer devido a eventos internos, externos, mudanças de discentes, mudanças de currículo, etc.

Para trabalhos futuros, além da investigação de cenários citados anteriormente, este método pode ser utilizado para avaliar o comportamento de outros cursos e centros acadêmicos, assim como a análise de diferentes grupos de alunos como o comportamento por gênero, tipo de escolaridade, perfil econômico, dentre outros, bastando o fornecimento das informações necessárias para segmentar os grupos de interesse.

REFERÊNCIAS

- AHMED, A. A. E.; ALBEHERY, N. M. Design of a statistical quality control chart using markov model, with application in education. **Advances and Applications in Statistics**, Prayagraj, v. 74, p. 119–127, fev. 2022. ISSN 09723617. Disponível em: <http://www.pphmj.com/abstract/14270.htm>. Acesso em: 7 maio 2023.
- ALAWADHI, S.; KONSOWA, M. Markov Chain Analysis and Student Academic Progress: An Empirical Comparative Study. **Journal of Modern Applied Statistical Methods**, Detroit, v. 9, n. 2, p. 584–595, nov. 2010. ISSN 1538-9472. Disponível em: <http://digitalcommons.wayne.edu/jmasm/vol9/iss2/26>. Acesso em: 26 fev. 2023.
- ALBUQUERQUE, B. **Matemática é a disciplina mais difícil para alunos do ensino médio**. Brasília: EBC, 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/educacao/audio/2022-05/matematica-e-disciplina-mais-dificil-para-alunos-do-ensino-medio>. Acesso em: 27 maio 2023.
- ALJOHANI, O. A Comprehensive Review of the Major Studies and Theoretical Models of Student Retention in Higher Education. **Higher Education Studies**, Richmond Hill, v. 6, n. 2, p. p1, fev. 2016. ISSN 1925-4741. Number: 2. Disponível em: <https://ccsenet.org/journal/index.php/hes/article/view/57103>. Acesso em: 13 maio 2023.
- ALMUTIRI, T.; NADEEM, F. Markov models applications in natural language processing: a survey. **International Journal of Information Technology and Computer Science**, Tsimshatsui, v. 14, n. 2, p. 1–16, abr. 2022. ISSN 20749007, 20749015. Disponível em: <https://www.mecs-press.org/ijitcs/ijitcs-v14-n2/v14n2-1.html>. Acesso em: 14 maio 2023.
- AMARAL, C. C. d.; OLIVEIRA, C. A. M.; SANTOS, M. G. D.; MOTA, J. C. M.; FREITAS, G. A. D. A.; ANDRIOLA, W. B. Análise dos resultados de avaliação do curso de engenharia de telecomunicações da universidade federal do ceará: um estudo comparativo nos anos de 2017 a 2021. In: **50º Congresso de Educação em Engenharia**. *Anais [...]*, [s. l.]: ABENGE, 2022. p. 14. Disponível em: http://abenge.org.br/sis_artigo_doi.php?e=COBENGE&a=22&c=3895. Acesso em: 16 jun. 2022.
- ANDIFES; ABRUEM; SESU; MEC. **Diplomação, retenção e evasão nos cursos de graduação em instituições de ensino superior públicas**. [S.l.], 1996. 35 p. Disponível em: https://www.andifes.org.br/wp-content/files_flutter/Diplomacao_Retencao_Evasao_Graduacao_em_IES_Publicas-1996.pdf. Acesso em: 20 maio 2023.
- ANDRIOLA, W. B. Evaluación: la vía para la calidad educativa. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 07, n. 25, p. 355–368, out. 1999. ISSN 0104-4036. Publisher: Fundação CESGRANRIO. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/ensaio/v07n25/v07n25a03.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2022.
- ANDRIOLA, W. B. Estudo de egressos de cursos de graduação: subsídios para a autoavaliação e o planejamento institucionais. **Educar em Revista**, Setor de Educação da Universidade Federal do Paraná, Paraná, n. 54, p. 203–220, Oct 2014. ISSN 0104-4060. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0104-4060.36720>. Acesso em: 31 jun. 2022.
- ARAÚJO, D. F. d. **Análise e avaliação da trajetória de estudantes de graduação baseadas em modelagem por cadeias de markov**. Tese (Doutorado em Biometria e Estatística Aplicada) —

Departamento de Estatística e Informática, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, nov. 2019. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/8474>. Acesso em: 06 maio 2023.

ARMACOST, R. L.; WILSON, A. L. Three analytical approaches for predicting enrollment at a growing metropolitan research university. Apresentado em AIR 2002 Forum. 2002. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED474040>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ASCAMA, M. O. O. **Abordagem Bayesiana na inferência das probabilidades de transição em cadeias de Markov discretas**: uma aplicação no modelo de fluxo escolar. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) — Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Paulo, mar. 2002. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-19062015-100247/>. Acesso em: 01 maio 2023.

AUWALU, A.; MOHAMMED, L. B.; SALIU, A. Application of finite markov chain to a model of schooling. **Journal of Education and Practice**, [s. l.], v. 4, n. 17, p. 1, 2013. ISSN 2222-288X. Disponível em: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEP/article/view/7380>. Acesso em: 03 jun. 2023.

BAHR, P. R. Educational attainment as process: using hierarchical discrete-time event history analysis to model rate of progress. **Res High Educ**, [s. l.], v. 50, n. 7, p. 691–714, nov. 2009. ISSN 1573-188X. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11162-009-9135-x>. Acesso em: 01 maio 2023.

BAIRAGI, A.; KAKATY, S. C. A stochastic process approach to analyse students' performance in higher education institutions. **International Journal of Statistics and Systems**, Delhi, v. 12, n. 2, p. 323–342, 2017. ISSN 0973-2675. Disponível em: https://www.ripublication.com/ijss17/ijssv12n2_16.pdf. Acesso em: 04 mar 2023.

BAKER, R. S. J. D.; GOWDA, S. M.; CORBETT, A. T. Automatically detecting a student's preparation for future learning: help use is key. In: **EDM 2011 4 th International Conference on Educational Data Mining**. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2011. p. 179. Disponível em: <https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/3467828/715601.pdf#page=192>. Acesso em: 31 maio 2023.

BARTOLUCCI, F. Modeling longitudinal data with application to educational and psychological measurement. **Analysis and Modeling of Complex Data in Behavioural and Social Sciences**, [s. l.], p. 8, 2012. ISSN 1556-5068. Disponível em: <http://www.ssrn.com/abstract=2185392>. Acesso em: 01 jun. 2023.

BESSENT, E. W.; BESSENT, A. M. Student flow in a university department: results of a markov analysis. **Interfaces**, INFORMS, Ohio, v. 10, n. 2, p. 52–59, 1980. ISSN 0092-2102. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/25059883>. Acesso em: 28 mar. 2023.

BLEAU, B. L. The academic flow model: a markov-chain model for faculty planning. **Decision Sciences**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 294–309, abr. 1981. ISSN 0011-7315, 1540-5915. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-5915.1981.tb00082.x>. Acesso em: 01 maio 2023.

BORDEN, V. M. H.; DALPHIN, J. F. Simulating the effect of student profile changes on retention and graduation rates: a markov chain analysis. Apresentado em AIR 1998 Annual Forum. 1998. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED424804>. Acesso em: 01 maio 2023.

BOUMI, S.; VELA, A. E. Improving graduation rate estimates using regularly updating multi-level absorbing markov chains. **Education Sciences**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 377, dez. 2020. ISSN 2227-7102. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/10/12/377>. Acesso em: 13 mar. 2023.

BRASIL. Conselho Federal de Educação. **Resolução Nº 48, de 27 de abril de 1976**. Fixa os mínimos de conteúdo e de duração do curso de graduação em Engenharia e define suas áreas de habilitações. Brasília, DF, 1976. Disponível em: https://em.ufop.br/files/14_Resoluo_CFE_N_48_de_27_de_abril_de_1976.pdf. Acesso em: 30 maio 2023.

BREZAVŠČEK, A.; BACH, M.; BAGGIA, A. Markov analysis of students' performance and academic progress in higher education. **Organizacija - Journal of Management, Informatics and Human Resources**, Warsaw, v. 50, n. 2, p. 83–96, maio 2017. Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.1515/orga-2017-0006>. Acesso em: 05 jun. 2023.

CAICEDO, R. O.; ATUESTA, S. B.; CAICEDO, J. P. Análisis de la retención de estudiantes de ingeniería basado en la pérdida consecutiva de una misma asignatura. Un enfoque de Cadenas de Markov. **Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias**, Universidad de Carabobo, Carabobo, V, n. 16, p. 7–18, 2016. ISSN 1856-8327, 2610-7813. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=215048805002>. Acesso em: 01 maio 2023.

CAVALCANTE, S. M. d. A. **Avaliação da eficiência acadêmica dos cursos de graduação da universidade federal do ceará (UFC)**: utilização de indicadores de desempenho como elementos estratégicos da gestão. Tese (Doutorado em Educação) — Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação Brasileira Fortaleza-CE, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/6641>. Acesso em: 30 mar. 2022.

CEI. **IEC 61165:2006 - Application of Markov techniques: Norma Internacional**. International Electrotechnical Commission, Brussels, Belgium, 2006. 63 p. Disponível em: <https://webstore.iec.ch/publication/4721>. Acesso em: 14 maio 2023.

CHEN, R. Institutional characteristics and college student dropout risks: a multilevel event history analysis. **Res High Educ**, [s. l.], v. 53, n. 5, p. 487–505, ago. 2012. ISSN 0361-0365, 1573-188X. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11162-011-9241-4>. Acesso em: 05 jan. 2023.

CRIPPA, F.; MAZZOLENI, M.; ZENGA, M. Departures from the formal of actual students' university careers: an application of non-homogeneous fuzzy Markov chains. **Journal of Applied Statistics**, [s. l.], v. 43, n. 1, p. 16–30, jan. 2016. ISSN 0266-4763, 1360-0532. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02664763.2015.1091446>. Acesso em: 28 mar. 2023.

DENIZ, V. Problems of mining education at turkish universities: past, present and future. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, Paris, v. 174, p. 441–447, fev. 2015. ISSN 1877-0428. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815007387>. Acesso em: 19 maio 2023.

DIAS SOBRINHO, J. "Universidade em foco: reflexões sobre a educação superior". **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas, v. 5, n. 1, 2000. ISSN 1982-5765. Number: 1. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/avaliacao/article/view/1091>. Acesso em: 20 maio 2023.

EGBO, M. N.; BARTHOLOMEW, D. C.; OKEKE, J. U.; OKEKE, E. N. Markov chain approach to projection of secondary school enrolment and projection of teachers. **Open Journal of Statistics**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 533–555, maio 2018. Number: 3 Publisher: Scientific Research Publishing. Disponível em: <http://www.scirp.org/Journal/Paperabs.aspx?paperid=85308>. Acesso em: 14 maio 2023.

ELEDUN, H.; IDRIS, E. I. M. An undergraduate student flow model: Semester system in university of Tabuk (KSA). **Int. J. Stat. Appl. Math.**, Delhi, v. 4, n. 5, p. 11–19, 2019. ISSN 24561452, 24561452. Disponível em: <https://www.mathsjournal.com/pdf/2019/vol4issue5/PartA/4-4-17-747.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2023.

ELSAYED, E.; KHADAR, S. D. A.; KARTHIKEYAN, R. Estimate survival time of students at college of engineering by using markovian matrix. **International Journal of Research Studies in Management**, [s. l.], v. 5, p. 1–10, mar. 2017. Disponível em: https://iaeme.com/Home/article_id/IJRMS_05_01_001. Acesso em: 30 abr. 2023.

FERKO, S. M. **Using a Markov Model to analyze retention and graduation rates**. Tese (Doutorado em Applied Mathematics) — Graduate Faculty of The University of Akron, University of Akron, Ohio, EUA, 2014. Disponível em: https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?clear=10&p10_accession_num=akron1398956713. Acesso em: 11 abr. 2023.

GAGNE, L. Modeling the progress and retention of international students using markov chains. **Williams Honors College, Honors Research Projects**, Akron, jan. 2015. Disponível em: https://ideaexchange.uakron.edu/honors_research_projects/3. Acesso em: 03 jun. 2023.

GANDY, R.; CROSBY, L.; LUNA, A.; KASPER, D.; KENDRICK, S. Enrollment projection using markov chains: detecting leaky pipes and the bulge in the Boa. **Association for Institutional Research**, Education Resources Information Center, Tallahassee, FL, n. 147, fall 2019. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED602445>. Acesso em: 07 maio 2023.

GANI, J. Formulae for projecting enrolments and degrees awarded in universities. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, London, v. 126, n. 3, p. 400, 1963. ISSN 00359238. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/2982224?origin=crossref>. Acesso em: 07 maio 2023.

GEARY, K. Indicators of educational progress: a markov chain approach applied to swaziland. **The Journal of Modern African Studies**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 141–151, mar. 1978. ISSN 1469-7777, 0022-278X. Publisher: Cambridge University Press. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0022278X00007874>. Acesso em: 14 maio 2023.

GONZÁLEZ-CAMPOS, J. A.; CARVAJAL-MUQUILLAZA, C. M.; ASPEÉ-CHACÓN, J. E. Modelagem do abandono universitário através das cadeias de Markov. **Uniciencia**, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, v. 34, n. 1, p. 129–146, jun. 2020. ISSN 2215-3470. Disponível em: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/uniciencia/v34n1/2215-3470-uniciencia-34-01-129.pdf>. Acesso em: 11 maio 2023.

GRINSTEAD, C. M.; SNELL, J. L. **Introduction to probability**. 2., rev. ed., reprinted with corr. ed. Providence, RI: American Mathematical Society, 1998. ISBN 978-0-8218-9414-9 978-0-8218-0749-1.

HLAVATÝ, R.; DÖMEOVÁ, L. Students' progress throughout examination process as a markov chain. **International Education Studies**, Ontario, v. 7, n. 12, p. p20, nov. 2014. ISSN 1913-9039,

1913-9020. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/ies/article/view/39240>. Acesso em: 30 abr. 2023.

IBRAHIM, R. A.; SAMPATH, S. Analysis of average length of schooling of indonesian citizens in the future using markov chains. **International Journal of Ethno-Sciences and Education Research**, Jawa Barat, v. 2, n. 4, p. 152–160, out. 2022. ISSN 2776-7590. Number: 4. Disponível em: <https://journal.rescollacom.com/index.php/ijeer/article/view/391>. Acesso em: 14 maio 2023.

INEP. **Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2010**. Brasília, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2012. Disponível em: https://download.inep.gov.br/download/superior/centso/2010/resumo_tecnico_censo_educacao_superior_2010.pdf. Acesso em: 05 maio 2023.

INEP. **Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2020 [recurso eletrônico]**. Brasília, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/resumo_tecnico_censo_da_educacao_superior_2020.pdf. Acesso em: 05 maio 2023.

JAUREGUI, J. **Math 312 - Markov chains, Google's PageRank algorithm**. [s. l.]: University of Pennsylvania, 2012. Apresentação. Disponível em: https://www2.math.upenn.edu/~kazdan/312F12/JJ/MarkovChains/markov_google.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

KORTU, J. K. **Stochastic application of absorbing markov chain to secondary schools: a case study of monrovia consolidated schools system (Mcss), monrovia-liberia**. Tese (Doutorado em Social Statistics) — College of Biological and Physical sciences, University of Nairobi, Nairobi, Kenya, 2021. Disponível em: <http://erepository.uonbi.ac.ke/handle/11295/155854>. Acesso em: 14 maio 2023.

KRUSS, G.; MCGRATH, S.; PETERSEN, I.-h.; GASTROW, M. Higher education and economic development: The importance of building technological capabilities. **International Journal of Educational Development**, [s. l.], v. 43, p. 22–31, jul. 2015. ISSN 07380593. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0738059315000528>. Acesso em: 19 maio 2023.

LEUNG, K. M. **PageRank**. [s. l.]: [s.n.], 2004. Apresentação. Disponível em: <https://cse.engineering.nyu.edu/~mleung/CS4744/f04/PageRank/PageRank.pdf>. Acesso em: 14 maio 2023.

LEVIN, D. A.; PERES, Y.; WILMER, E. L.; PROPP, J.; WILSON, D. B. **Markov chains and mixing times**. Second edition. Providence, Rhode Island: American Mathematical Society, 2017. ISBN 978-1-4704-2962-1.

LIMA, L. A.; ANDRIOLA, W. B. Acompanhamento de egressos: subsídios para a avaliação de Instituições de Ensino Superior (IES). **Avaliação (Campinas)**, Rede de Avaliação Institucional da Educação Superior (RAIES), Campinas, v. 23, p. 104–125, abr. 2018. ISSN 1414-4077, 1982-5765. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aval/a/thtJxftVXVGK4MMVCKGb6Dy/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MAMUDU, L. **Modeling student enrollment at ETSU using a discrete-time markov chain model**. Tese (Doutorado em Mathematical Sciences) — Department of Mathematics, East Tennessee State University, Johnson City, TN, dez. 2017. Disponível em: <https://dc.etsu.edu/etd/3310>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MARK, K.; KARMELE, T. **The likelihood of completing a VET qualification: a model-based approach**. Adelaide, SA: National Centre for Vocational Education Research, 2010. ISBN: 9781921809033. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED511677>. Acesso em: 01 maio 2023.

MARSHALL, K. T. A comparison of two personnel prediction models. **Operations Research**, INFORMS, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 810–822, 1973. ISSN 0030-364X. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/169389>. Acesso em: 07 maio 2023.

MASHAT, A. F. S.; RAGAB, A. H. M.; KEDRA, A. M. Decision support system based markov model for performance evaluation of students flow in computers faculties (case study: king abdulaziz university). **Journal of King Abdulaziz University : Computing and Information Technology Sciences**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 99–113, jan. 2012. Disponível em: https://marz.kau.edu.sa/Files/320/Researches/63650_34806.pdf. Acesso em: 07 maio 2023.

MIRANDA JÚNIOR, N. d. S. **Análise de redes sociais: um estudo acerca das mudanças de curso na UnB**. Dissertação (Mestrado profissional em Gestão Econômica de Finanças Públicas) — Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2017. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/23048>. Acesso em: 18 maio 2023.

MOHN JR., R. S. **Comparison of event history analysis and latent growth modeling for college student perseverance**. Tese (Doutorado em Philosophy in Education) — Faculty of Psychology, Virginia Commonwealth University, Richmond, VA, 2007. Disponível em: <https://scholarscompass.vcu.edu/etd/959>. Acesso em: 01 maio 2023.

NICHOLLS, M. G. Assessing the progress and the underlying nature of the flows of doctoral and master degree candidates using absorbing Markov chains. **High Education**, [s. l.], v. 53, n. 6, p. 769–790, jun. 2007. ISSN 0018-1560, 1573-174X. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10734-005-5275-x>. Acesso em: 13 mar. 2023.

NOVAK-PINTARIČ, Z.; KRAVANJA, Z. The impact of the COVID-19 pandemic in 2020 on the quality of STEM higher education. **Chemical engineering transactions**, Maribor, v. 81, p. 1316–1320, 2020. ISSN: 2283-9216. Disponível em: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=78382>. Acesso em: 27 maio 2023.

NUNES, A. O. **Métodos matriciais e tensoriais como suporte à gestão nos Cursos de Engenharia e Sistemas e Mídias digitais na Universidade Federal do Ceará (UFC)**. Tese (Doutorado em Engenharia de Teleinformática) — Programa de Pós Graduação em Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/59855>. Acesso em: 06 set. 2021.

NYANDWAKI, M. J.; AKELO, O. E.; SAMSON, O. O.; FREDRICK, O. Application of markov chain model in studying progression of secondary school students by sex during the free secondary education: a case study of kisii central district. **Mathematical Theory and Modelling**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 73–84, 2014. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/234679547.pdf>. Acesso em: 14 mar 2023.

NYANDWAKI, M. J.; KENNEDY, G. Statistical Modeling of the Kenyan Secondary School Students Enrollment: an application of the Markov Chain Model | Semantic Scholar. **IOSR Journal of Mathematics (IOSR-JM)**, New York, v. 12, n. 2, p. 11–18, 2016. Disponível em: <https://iosrjournals.org/iosr-jm/papers/Vol12-issue2/Version-2/B1202021118.pdf>. Acesso em: 14 maio 2023.

OLIVEIRA, T. N. D.; BERNARDINI, F.; VITERBO, J. An overview on the use of educational data mining for constructing recommendation systems to mitigate retention in higher education. In: **2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)**. [s. l.]: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2021. p. 1–7. ISSN: 2377-634X. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9637207/>.

OMARY, I.; JACKSON, N.; PETER, T. Application of markov chain model in completion rates. **viXra**, [s. l.], ago. 2020. Disponível em: <https://vixra.org/pdf/2008.0107v1.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

PATI, C. Estas profissões vão precisar de 700 mil pessoas qualificadas até 2023. **EXAME**, [s. l.], ago. 2019. Disponível em: <https://exame.com/carreira/estas-profissoes-vaao-precisar-de-700-mil-pessoas-qualificadas-ate-2023>. Acesso em: 29 abr. 2023.

PIERRE, C.; SILVER, C. Using a markov chain model to understand the behavior of student retention. In: **7th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics**. Orlando, Florida, EUA: International Institute of Informatics and Systemics, 2016. v. 7th, p. 248–251. ISBN 978-1-941763-38-4.

PORATH, J. **Markov chains and student academic progress**. 2009. Trabalho apresentado em evento "Student Research Day" da Universidade de Wisconsin-Eau Claire. Orientador: Donald F. Reynolds. Disponível em: <https://minds.wisconsin.edu/handle/1793/32181>. Acesso em: 06 maio 2023.

QUIMIO, J. L. G.; SANCHEZ, A. A.; VILLAPANDO, K. D. C.; ESTEMBER, R. D. Markov chain analysis of student learning progression in a quarter academic system. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management**. Monterrey, Mexico: IEOM Society International, 2021. p. 2579–2587. Disponível em: <http://ieomsociety.org/proceedings/2021monterrey/444.pdf>. Acesso em: 07 maio 2023.

ROCHA, M. M. R. d. **Avaliação da evasão discente em cursos de graduação da área de Engenharia : estudo de caso em IES pública**. Mestrado profissional em políticas públicas e gestão da educação superior — Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas e Gestão da Educação Superior, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2020. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/52649>. Acesso em: 02 maio 2023.

ROSS, S. M. **Stochastic processes**. 2. ed. [S.l.]: Wiley, 1995. ISBN 978-0-471-12062-9.

SALAS-PILCO, S. Z. The Impact of COVID-19 on Latin american STEM Higher Education: a Systematic Review. In: **2022 IEEE World Engineering Education Conference (EDUNINE)**. Santos: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2022. p. 1–6. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9782354>. Acesso em: 27 maio 2023.

SANTOS, J. F. d.; SOUSA, J. D. A. d.; MELLO, R. F.; CRISTINO, C. T.; ALVES, G. Análise da evasão e do impacto da retenção estudantil no ensino superior com cadeias de markov absorventes. In: **Anais do Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2022. p. 49–59. ISSN: 2595-6167. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wperformance/article/view/20742>. Acesso em: 26 fev. 2023.

SHAH, C.; BURKE, G. An undergraduate student flow model: Australian higher education. **Higher Education**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 359–375, jun. 1999. ISSN 1573-174X. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1003765222250>. Acesso em: 03 abr. 2023.

SILVA FILHO, R. L. L. e.; MOTEJUNAS, P. R.; HIPÓLITO, O.; LOBO, M. B. d. C. M. A evasão no ensino superior brasileiro. **Cad. Pesqui.**, Fundação Carlos Chagas, São Paulo, v. 37, p. 641–659, dez. 2007. ISSN 0100-1574, 1980-5314. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cp/a/x44X6CZfd7hqF5vFNnHhVWg/>. Acesso em: 19 maio 2023.

SILVA, T. E. V. d. **Evaluating the teaching effectiveness using multivariate statistics**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Teleinformática) — Programa de Pos-graduação em Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza_CE, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/5067>. Acesso em: 18 set. 2022.

SOUZA, T. I. A. d. **Aplicação de técnicas supervisionadas e não-supervisionadas da estatística multivariada no contexto da avaliação da efetividade do ensino em um curso de graduação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Teleinformática) — Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/22972>. Acesso em: 18 set. 2022.

SYMEONAKI, M.; KALAMATIANOU, A. Markov systems with fuzzy states for describing students educational progress in greek universities. In: **Proceedings of the 58th World Statistics Congress of the International Statistical Institute 21-26 Ago. 2011**. The Hague, Netherlands: International Statistical Institute, 2012. v. 1, p. 5956–5961. Disponível em: <https://2011.isiproceedings.org/papers/950864.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

THONSTAD, T. A mathematical model of the norwegian educational system. **Mathematical Models in Educational Planning, Education and Development, technical reports**, OECD Meeting, Paris. Anais de Evento OECD. Washington, DC: OECD, p. 124–158, abr. 1967. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=ED024138>. Acesso em: 5 maio 2023.

TIJMS, H. C. **A First Course in Stochastic Models**. 1. ed. [S.l.]: Wiley, 2003. ISBN 978-0-471-49880-3 978-0-470-01363-2.

TURNER, K. L.; ADAMS, J. D.; EATON, S. E. Academic integrity, STEM education, and COVID-19: a call to action. **Cult Stud of Sci Educ**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 331–339, jun. 2022. ISSN 1871-1510. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10090-4>.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Centro de Tecnologia. **Projeto pedagógico do curso de Engenharia Ambiental**. Fortaleza: CT, 2014. Disponível em: https://si3.ufc.br/sigaa/public/curso/ppp.jsf?lc=pt_BR&id=657517. Acesso em: 07 mar. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Pró-Reitoria de Graduação. **Relação de cursos e vagas SISU 2016**. Fortaleza: Coordenadoria de Planejamento, Informação e Comunicação, 2016. Disponível em: <https://sisu.ufc.br/wp-content/uploads/2017/01/sisu-2016-vagas-e-cursos-ufc.pdf>. Acesso em: 18 maio 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Pró-Reitoria de Graduação. **Relação de cursos e vagas SISU 2017**. Fortaleza: Coordenadoria de Planejamento, Informação e Comunicação, 2017. Disponível em: <https://sisu.ufc.br/wp-content/uploads/2014/02/sisu-2017-cursos-e-vagas.pdf>. Acesso em: 18 maio 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Regimento Interno**. Fortaleza: UFC, 2019. 59 p. Disponível em: https://www.ufc.br/images/_files/a_universidade/regimento_geral_ufc/regimento_geral_ufc.pdf. Acesso em: 05 mar. 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Centro de Tecnologia. **Relação de currículos do curso Engenharia de Energias e Meio Ambiente Campus Fortaleza**. Fortaleza: CT, 2023. Disponível em: https://si3.ufc.br/sigaa/public/curso/curriculo.jsf?lc=pt_BR&id=657517. Acesso em: 18 maio 2023.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Pró-Reitoria de Graduação. **Painel Interativo de Indicadores de Graduação UFC**. Fortaleza: PROGRAD, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODBIZGFIMjctYjAwNi00ZTAyLWE2NjktNmI5NWZkNjg2MTE1IiwidCI6ImI1OTFhZTU0LTMzYyYyIiwiaWF0Ijoi> Acesso em: 10 fev. 2023.

VAIZEY, J.; THONSTAD, T. Education and Manpower: Theoretical Models and Empirical Applications. **The Economic Journal**, Londres, v. 79, n. 316, p. 915, dez. 1969. ISSN 00130133. Disponível em: <https://academic.oup.com/ej/article/79/316/915-917/5236072>. Acesso em: 14 maio 2023.

VASCONCELOS, F. H. L. **Análise do contexto e do resultados da aprendizagem da avaliação educacional em um curso de graduação em Engenharia**. Tese (Doutorado em Engenharia de Teleinformática) — Programa de Pós-graduação em Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/52636>. Acesso em: 12 out. 2022.

VELLOSO, J.; CARDOSO, C. B. **Evasão na educação superior: alunos cotistas e não cotistas na universidade de Brasília**. Caxambu, MG: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 2008. Apresentado em GT11 - Política de Educação Superior na 31ª Reunião Anual da ANPEd. Disponível em: <https://www.anped.org.br/biblioteca/item/evasao-na-educacao-superior-alunos-cotistas-e-naocotistas-na-universidade-de>. Acesso em: 03 jun. 2023.

WAINRIGHT, P. **An Enrollment Retention Study Using a Markov Model for a Regional State University Campus in Transition**. 73 p. Dissertação (Mestrado em Applied Mathematics and Computer Science) — Department of Computer and Informational Sciences, Indiana University South Bend, Indiana, USA, nov. 2007. Disponível em: <https://scholarworks.iu.edu/dspace/handle/2022/16794>. Acesso em: 03 jun. 2023.

WALDE, G. S. Triple absorbing Markov chain model to study the flow of higher education students. **Journal of Physics: Conference Series**, [s. l.], v. 1176, p. 042066, mar. 2019. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1176/4/042066>. Acesso em: 07 maio 2023.

WALTER, G. G.; CONTRERAS, M. **Compartmental Modeling with Networks**. Boston, MA: Birkhäuser, 1999. ISBN 978-1-4612-1590-5.

YAHAYA, K. H.; HASAN, H. Application of Markov chain in students' assessment and performance: a case study of School of Mathematical Sciences, one of the public university in Malaysia. **ITM Web Conf.**, [s. l.], v. 36, p. 01004, 2021. ISSN 2271-2097. Disponível em: <https://www.itm-conferences.org/10.1051/itmconf/20213601004>. Acesso em: 01 maio 2023.

APÊNDICE A – MATRIZES DE TRANSIÇÃO PARA ANÁLISES POR TURMA SISU

Para possibilitar a verificação por pares, seguem abaixo as tabelas de transições das turmas SISU 2105 a 2017 obtidas nesse trabalho.

GERAL ENGENHARIAS SISU 2015										ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G		A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	784	471	0	0	0	144	39	57	0	A0	73	91	0	0	0	13	3	4	0
A20	0	810	382	0	0	40	36	25	0	A20	0	165	76	0	0	11	2	5	0
A40	0	0	504	340	0	23	12	14	0	A40	0	0	83	70	0	5	2	0	0
A60	0	0	0	492	308	23	5	9	0	A60	0	0	0	115	66	3	1	1	0
A80	0	0	0	0	666	28	2	10	272	A80	0	0	0	0	145	5	1	0	58
I	31	13	10	12	28	228	68	91	0	I	2	3	1	2	5	30	10	12	0
T	0	0	0	0	0	0	162	0	0	T	0	0	0	0	0	0	19	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	206	0	E	0	0	0	0	0	0	0	22	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	272	G	0	0	0	0	0	0	0	0	58

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SISU 2015

ENGENHARIA CIVIL SISU 2015										ENGENHARIA ELÉTRICA SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G		A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	73	91	0	0	0	13	3	4	0	A0	102	63	0	0	0	20	5	17	0
A20	0	165	76	0	0	11	2	5	0	A20	0	111	49	0	0	4	8	3	0
A40	0	0	83	70	0	5	2	0	0	A40	0	0	64	47	0	3	0	0	0
A60	0	0	0	115	66	3	1	1	0	A60	0	0	0	58	43	1	1	2	0
A80	0	0	0	0	145	5	1	0	58	A80	0	0	0	0	94	3	0	2	36
I	2	3	1	2	5	30	10	12	0	I	8	1	1	0	2	26	6	12	0
T	0	0	0	0	0	0	19	0	0	T	0	0	0	0	0	0	20	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	22	0	E	0	0	0	0	0	0	0	36	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	58	G	0	0	0	0	0	0	0	0	36

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SISU 2015

ENGENHARIA MECÂNICA SISU 2015										ENGENHARIA METALÚRGICA SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G		A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	35	46	0	0	0	8	2	1	0	A0	71	40	0	0	0	10	6	4	0
A20	0	63	42	0	0	3	0	1	0	A20	0	74	28	0	0	2	6	4	0
A40	0	0	71	36	0	1	0	6	0	A40	0	0	39	21	0	0	3	3	0
A60	0	0	0	58	30	3	0	1	0	A60	0	0	0	24	20	0	1	0	0
A80	0	0	0	0	63	7	0	1	25	A80	0	0	0	0	39	0	1	2	17
I	0	0	1	0	6	35	4	11	0	I	1	0	0	0	0	12	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	6	0	0	T	0	0	0	0	0	0	22	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	21	0	E	0	0	0	0	0	0	0	19	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	25	G	0	0	0	0	0	0	0	0	17

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SISU 2015

ENGENHARIA MECÂNICA SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	35	46	0	0	0	8	2	1	0
A20	0	63	42	0	0	3	0	1	0
A40	0	0	71	36	0	1	0	6	0
A60	0	0	0	58	30	3	0	1	0
A80	0	0	0	0	63	7	0	1	25
I	0	0	1	0	6	35	4	11	0
T	0	0	0	0	0	0	6	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	21	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	25

ENGENHARIA METALÚRGICA SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	71	40	0	0	0	10	6	4	0
A20	0	74	28	0	0	2	6	4	0
A40	0	0	39	21	0	0	3	3	0
A60	0	0	0	24	20	0	1	0	0
A80	0	0	0	0	39	0	1	2	17
I	1	0	0	0	0	12	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	22	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	19	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	17

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SISU 2015

ENGENHARIA MECÂNICA SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	35	46	0	0	0	8	2	1	0
A20	0	63	42	0	0	3	0	1	0
A40	0	0	71	36	0	1	0	6	0
A60	0	0	0	58	30	3	0	1	0
A80	0	0	0	0	63	7	0	1	25
I	0	0	1	0	6	35	4	11	0
T	0	0	0	0	0	0	6	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	21	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	25

ENGENHARIA METALÚRGICA SISU 2015									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	71	40	0	0	0	10	6	4	0
A20	0	74	28	0	0	2	6	4	0
A40	0	0	39	21	0	0	3	3	0
A60	0	0	0	24	20	0	1	0	0
A80	0	0	0	0	39	0	1	2	17
I	1	0	0	0	0	12	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	22	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	19	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	17

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SISU 2015

GERAL ENGENHARIAS SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	103	24	0	0	0	21	7	6	0
A20	0	41	17	0	0	5	2	3	0
A40	0	0	24	14	0	2	2	0	0
A60	0	0	0	20	13	2	0	1	0
A80	0	0	0	0	19	1	0	0	13
I	3	3	1	3	1	18	9	10	0
T	0	0	0	0	0	0	20	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	20	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	13

ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	83	40	0	0	0	16	2	5	0
A20	0	66	34	0	0	0	5	1	0
A40	0	0	43	33	0	1	0	0	0
A60	0	0	0	47	30	7	0	1	0
A80	0	0	0	0	73	4	0	2	30
I	4	0	0	5	7	23	5	7	0
T	0	0	0	0	0	0	12	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	16	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	30

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SISU 2016

ENGENHARIA CIVIL SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	67	88	0	0	0	18	4	7	0
A20	0	181	76	0	0	9	2	3	0
A40	0	0	73	72	0	3	1	1	0
A60	0	0	0	120	68	1	1	1	0
A80	0	0	0	0	124	5	1	0	54
I	6	2	1	2	4	29	12	7	0
T	0	0	0	0	0	0	21	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	19	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	54

ENGENHARIA ELÉTRICA SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	90	74	0	0	0	11	5	10	0
A20	0	121	59	0	0	9	3	6	0
A40	0	0	98	51	0	2	3	2	0
A60	0	0	0	75	43	5	2	2	0
A80	0	0	0	0	94	5	1	1	37
I	2	4	0	2	7	25	11	5	0
T	0	0	0	0	0	0	25	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	26	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	37

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SISU 2016

ENGENHARIA MECÂNICA SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	78	49	0	0	0	9	5	2	0
A20	0	78	44	0	0	4	2	1	0
A40	0	0	62	38	0	5	0	0	0
A60	0	0	0	48	34	5	0	1	0
A80	0	0	0	0	69	3	0	2	33
I	3	2	0	3	6	29	7	2	0
T	0	0	0	0	0	0	14	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	8	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	33

ENGENHARIA METALÚRGICA SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	81	34	0	0	0	11	4	14	0
A20	0	58	26	0	0	0	6	2	0
A40	0	0	33	23	0	4	0	0	0
A60	0	0	0	22	22	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	52	2	0	1	21
I	3	0	1	0	2	7	6	4	0
T	0	0	0	0	0	0	16	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	21	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	21

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SISU 2016

ENGENHARIA QUÍMICA SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	81	43	0	0	0	14	9	4	0
A20	0	59	38	0	0	1	2	2	0
A40	0	0	54	33	0	4	2	1	0
A60	0	0	0	67	31	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	73	0	0	1	20
I	3	0	2	1	0	15	7	6	0
T	0	0	0	0	0	0	20	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	20

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	71	40	0	0	0	12	4	4	0
A20	0	52	34	0	0	4	1	2	0
A40	0	0	40	31	0	3	0	2	0
A60	0	0	0	36	28	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	51	1	0	0	24
I	4	1	3	1	2	27	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	10	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	24

Matriz de frequências - ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA - SISU 2016

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	138	29	0	0	0	21	6	8	0
A20	0	65	20	0	0	2	2	4	0
A40	0	0	29	13	0	2	3	3	0
A60	0	0	0	24	12	2	0	1	0
A80	0	0	0	0	20	1	0	0	9
I	5	0	1	2	0	14	11	8	0
T	0	0	0	0	0	0	22	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	24	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	9

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO SISU 2016									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	82	44	0	0	0	10	2	5	0
A20	0	74	37	0	0	3	4	1	0
A40	0	0	61	30	0	3	1	2	0
A60	0	0	0	50	24	4	1	0	0
A80	0	0	0	0	36	2	0	0	14
I	3	2	1	2	2	24	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	13	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Matriz de frequências - ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES E ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - SISU 2016

GERAL ENGENHARIAS SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	745	449	0	0	0	168	68	38	0
A20	0	755	330	0	0	37	63	22	0
A40	0	0	463	287	0	21	10	11	0
A60	0	0	0	321	240	10	5	4	0
A80	0	0	0	0	429	16	1	5	150
I	35	9	8	5	11	205	93	71	0
T	0	0	0	0	0	0	240	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	151	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	150

ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	82	44	0	0	0	10	2	5	0
A20	0	74	37	0	0	3	4	1	0
A40	0	0	61	30	0	3	1	2	0
A60	0	0	0	50	24	4	1	0	0
A80	0	0	0	0	36	2	0	0	14
I	3	2	1	2	2	24	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	13	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SISU 2017

ENGENHARIA CIVIL SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	67	88	0	0	0	18	4	7	0
A20	0	181	76	0	0	9	2	3	0
A40	0	0	73	72	0	3	1	1	0
A60	0	0	0	120	68	1	1	1	0
A80	0	0	0	0	124	5	1	0	54
I	6	2	1	2	4	29	12	7	0
T	0	0	0	0	0	0	21	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	19	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	54

ENGENHARIA ELÉTRICA SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	90	74	0	0	0	11	5	10	0
A20	0	121	59	0	0	9	3	6	0
A40	0	0	98	51	0	2	3	2	0
A60	0	0	0	75	43	5	2	2	0
A80	0	0	0	0	94	5	1	1	37
I	2	4	0	2	7	25	11	5	0
T	0	0	0	0	0	0	25	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	26	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	37

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SISU 2017

ENGENHARIA MECÂNICA SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	78	49	0	0	0	9	5	2	0
A20	0	78	44	0	0	4	2	1	0
A40	0	0	62	38	0	5	0	0	0
A60	0	0	0	48	34	5	0	1	0
A80	0	0	0	0	69	3	0	2	33
I	3	2	0	3	6	29	7	2	0
T	0	0	0	0	0	0	14	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	8	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	33

ENGENHARIA METALÚRGICA SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	81	34	0	0	0	11	4	14	0
A20	0	58	26	0	0	0	6	2	0
A40	0	0	33	23	0	4	0	0	0
A60	0	0	0	22	22	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	52	2	0	1	21
I	3	0	1	0	2	7	6	4	0
T	0	0	0	0	0	0	16	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	21	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	21

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SISU 2017

ENGENHARIA QUÍMICA SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	81	43	0	0	0	14	9	4	0
A20	0	59	38	0	0	1	2	2	0
A40	0	0	54	33	0	4	2	1	0
A60	0	0	0	67	31	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	73	0	0	1	20
I	3	0	2	1	0	15	7	6	0
T	0	0	0	0	0	0	20	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	20

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	71	40	0	0	0	12	4	4	0
A20	0	52	34	0	0	4	1	2	0
A40	0	0	40	31	0	3	0	2	0
A60	0	0	0	36	28	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	51	1	0	0	24
I	4	1	3	1	2	27	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	10	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	24

Matriz de frequências - ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA - SISU 2017

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	138	29	0	0	0	21	6	8	0
A20	0	65	20	0	0	2	2	4	0
A40	0	0	29	13	0	2	3	3	0
A60	0	0	0	24	12	2	0	1	0
A80	0	0	0	0	20	1	0	0	9
I	5	0	1	2	0	14	11	8	0
T	0	0	0	0	0	0	22	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	24	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	9

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO SISU 2017									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	82	44	0	0	0	10	2	5	0
A20	0	74	37	0	0	3	4	1	0
A40	0	0	61	30	0	3	1	2	0
A60	0	0	0	50	24	4	1	0	0
A80	0	0	0	0	36	2	0	0	14
I	3	2	1	2	2	24	5	6	0
T	0	0	0	0	0	0	13	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	14	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Matriz de frequências - ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES E ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - SISU 2017

**APÊNDICE B – MATRIZES DE TRANSIÇÃO PARA ANÁLISES POR TRANSIÇÃO
ENTRE SEMESTRES**

Para possibilitar a verificação por pares, seguem abaixo as tabelas de transições dos semestres 2019.1 a 2022.2 obtidas nesse trabalho.

GERAL ENGENHARIAS 2019.2-2020.1										ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G		A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	229	229	0	0	0	28	37	47	0	A0	40	45	0	0	0	7	14	9	0
A20	0	402	196	0	0	16	30	13	0	A20	0	55	29	0	0	5	13	4	0
A40	0	0	241	123	0	8	4	5	0	A40	0	0	30	21	0	4	2	1	0
A60	0	0	0	197	148	4	4	3	0	A60	0	0	0	17	29	2	1	2	0
A80	0	0	0	0	173	4	2	3	93	A80	0	0	0	0	26	2	0	1	12
I	26	12	4	7	5	120	50	14	0	I	5	3	1	0	0	22	12	3	0
T	0	0	0	0	0	0	127	0	0	T	0	0	0	0	0	0	42	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	85	0	E	0	0	0	0	0	0	0	20	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	93	G	0	0	0	0	0	0	0	0	12

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SEMESTRE 2019.2-2020.1

ENGENHARIA CIVIL 2019.2-2020.1										ENGENHARIA ELÉTRICA 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G		A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	26	26	0	0	0	1	3	3	0	A0	24	38	0	0	0	4	3	7	0
A20	0	95	58	0	0	4	1	4	0	A20	0	72	18	0	0	2	2	6	0
A40	0	0	47	27	0	1	0	0	0	A40	0	0	59	17	0	2	3	2	0
A60	0	0	0	49	37	0	2	0	0	A60	0	0	0	43	24	0	2	1	0
A80	0	0	0	0	32	1	1	0	35	A80	0	0	0	0	21	0	0	0	20
I	1	0	1	2	1	22	5	2	0	I	4	3	0	0	0	14	8	1	0
T	0	0	0	0	0	0	12	0	0	T	0	0	0	0	0	0	18	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	9	0	E	0	0	0	0	0	0	0	17	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	35	G	0	0	0	0	0	0	0	0	20

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SEMESTRE 2019.2-2020.1

ENGENHARIA MECÂNICA 2019.2-2020.1										ENGENHARIA METALÚRGICA 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G		A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	9	18	0	0	0	1	2	1	0	A0	24	16	0	0	0	0	7	4	0
A20	0	51	12	0	0	4	4	0	0	A20	0	28	14	0	0	0	4	1	0
A40	0	0	28	10	0	2	1	1	0	A40	0	0	13	9	0	2	0	1	0
A60	0	0	0	36	13	1	0	0	0	A60	0	0	0	15	13	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	20	2	0	1	10	A80	0	0	0	0	15	0	1	1	5
I	2	1	1	0	0	14	5	1	0	I	7	0	0	0	0	7	4	1	0
T	0	0	0	0	0	0	12	0	0	T	0	0	0	0	0	0	16	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	4	0	E	0	0	0	0	0	0	0	8	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	10	G	0	0	0	0	0	0	0	0	5

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SEMESTRE 2019.2-2020.1

ENGENHARIA QUÍMICA 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	19	33	0	0	0	0	2	2	0
A20	0	20	31	0	0	3	1	0	0
A40	0	0	23	22	0	1	0	1	0
A60	0	0	0	28	10	1	0	0	0
A80	0	0	0	0	19	0	0	0	17
I	2	1	0	1	0	18	9	4	0
T	0	0	0	0	0	0	12	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	7	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	17

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	12	17	0	0	0	2	1	5	0
A20	0	37	22	0	0	1	2	0	0
A40	0	0	21	9	0	1	0	0	0
A60	0	0	0	15	15	1	0	1	0
A80	0	0	0	0	28	0	0	0	12
I	2	4	1	0	1	9	5	5	0
T	0	0	0	0	0	0	8	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	11	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	12

Matriz de frequências - ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA - SEMESTRE 2019.2-2020.1

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	44	17	0	0	0	4	4	9	0
A20	0	17	1	0	0	0	1	1	0
A40	0	0	22	9	0	3	0	1	0
A60	0	0	0	14	9	0	0	1	0
A80	0	0	0	0	1	0	0	0	1
I	2	1	0	1	0	6	3	0	0
T	0	0	0	0	0	0	8	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	12	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	1

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2019.2-2020.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	22	13	0	0	0	7	0	7	0
A20	0	29	13	0	0	0	2	2	0
A40	0	0	26	10	0	2	1	1	0
A60	0	0	0	17	10	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	20	0	0	0	3
I	1	1	0	3	3	15	8	0	0
T	0	0	0	0	0	0	11	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	10	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Matriz de frequências - ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES E ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - SEMESTRE 2019.2-2020.1

GERAL ENGENHARIAS 2020.1-2020.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	508	299	0	0	0	104	4	37	0
A20	0	380	225	0	0	17	3	18	0
A40	0	0	224	199	0	11	0	7	0
A60	0	0	0	177	147	3	0	0	0
A80	0	0	0	0	279	5	0	0	42
I	2	1	9	5	9	76	18	60	0
T	0	0	0	0	0	0	25	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	122	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	42

ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE 2020.1-2020.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	107	23	0	0	0	21	1	8	0
A20	0	67	25	0	0	5	0	6	0
A40	0	0	33	24	0	1	0	2	0
A60	0	0	0	25	13	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	46	1	0	0	8
I	0	0	1	0	3	19	5	14	0
T	0	0	0	0	0	0	6	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	30	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	8

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SEMESTRE 2020.1-2020.2

ENGENHARIA CIVIL 2020.1-2020.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	62	58	0	0	0	16	0	7	0
A20	0	76	42	0	0	0	0	3	0
A40	0	0	63	42	0	1	0	0	0
A60	0	0	0	47	29	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	64	0	0	0	6
I	0	0	0	1	1	17	2	8	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	18	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	6

ENGENHARIA ELÉTRICA 2020.1-2020.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	51	51	0	0	0	14	0	6	0
A20	0	59	46	0	0	7	0	1	0
A40	0	0	27	44	0	4	0	2	0
A60	0	0	0	23	30	6	0	1	0
A80	0	0	0	0	36	2	0	0	7
I	0	0	2	1	2	6	2	9	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	19	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	7

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SEMESTRE 2020.1-2020.2

GERAL ENGENHARIAS 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	503	276	0	0	0	127	3	24	0
A20	0	420	225	0	0	30	1	7	0
A40	0	0	239	216	0	10	0	1	0
A60	0	0	0	232	158	13	0	1	0
A80	0	0	0	0	301	24	0	3	110
I	7	7	3	3	5	146	20	5	0
T	0	0	0	0	0	0	24	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	41	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	110

ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	101	20	0	0	0	26	1	4	0
A20	0	81	29	0	0	7	1	2	0
A40	0	0	37	20	0	1	0	0	0
A60	0	0	0	25	30	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	36	4	0	0	18
I	3	2	1	1	0	27	5	0	0
T	0	0	0	0	0	0	7	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	6	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	18

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SEMESTRE 2021.1-2021.2

ENGENHARIA CIVIL 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	67	45	0	0	0	22	0	6	0
A20	0	92	21	0	0	2	0	0	0
A40	0	0	54	55	0	3	0	1	0
A60	0	0	0	56	34	1	0	0	0
A80	0	0	0	0	74	3	0	0	15
I	0	1	0	0	1	24	2	0	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	7	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	15

ENGENHARIA ELÉTRICA 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	53	52	0	0	0	13	0	1	0
A20	0	55	46	0	0	6	0	2	0
A40	0	0	35	33	0	4	0	1	0
A60	0	0	0	45	23	5	0	0	0
A80	0	0	0	0	51	6	0	1	15
I	0	0	0	0	0	23	4	2	0
T	0	0	0	0	0	0	4	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	7	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	15

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SEMESTRE 2021.1-2021.2

ENGENHARIA MECÂNICA 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	30	36	0	0	0	10	0	0	0
A20	0	24	32	0	0	2	0	1	0
A40	0	0	22	31	0	1	0	0	0
A60	0	0	0	27	9	3	0	0	0
A80	0	0	0	0	38	4	0	0	13
I	2	0	0	0	2	17	1	1	0
T	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	2	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	13

ENGENHARIA METALÚRGICA 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	48	14	0	0	0	8	1	3	0
A20	0	43	15	0	0	3	0	1	0
A40	0	0	10	12	0	0	0	0	0
A60	0	0	0	19	7	1	0	0	0
A80	0	0	0	0	18	3	0	1	14
I	0	0	0	0	0	12	2	2	0
T	0	0	0	0	0	0	3	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	7	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	14

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SEMESTRE 2021.1-2021.2

ENGENHARIA QUÍMICA 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	70	5	0	0	0	21	1	3	0
A20	0	26	14	0	0	5	0	0	0
A40	0	0	34	10	0	1	0	0	0
A60	0	0	0	33	20	1	0	1	0
A80	0	0	0	0	35	2	0	0	6
I	1	1	1	2	1	14	2	0	0
T	0	0	0	0	0	0	3	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	4	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	6

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA 2021.1-2021.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	25	37	0	0	0	4	0	0	0
A20	0	16	40	0	0	1	0	1	0
A40	0	0	17	29	0	2	0	0	0
A60	0	0	0	21	20	0	0	0	0
A80	0	0	0	0	24	1	0	0	11
I	0	1	1	0	0	16	2	0	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	1	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	11

Matriz de frequências - ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA - SEMESTRE 2021.1-2021.2

ENGENHARIA QUÍMICA 2021.2-2022.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	31	33	0	0	0	4	0	3	0
A20	0	23	7	0	0	1	0	1	0
A40	0	0	29	18	0	0	2	0	0
A60	0	0	0	25	17	1	2	0	0
A80	0	0	0	0	48	0	0	0	8
I	5	2	0	1	0	19	6	11	0
T	0	0	0	0	0	0	10	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	15	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	8

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA 2021.2-2022.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	11	10	0	0	0	2	2	0	0
A20	0	44	6	0	0	2	0	2	0
A40	0	0	43	13	0	2	0	0	0
A60	0	0	0	32	16	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	35	2	0	0	7
I	1	2	0	0	1	9	1	10	0
T	0	0	0	0	0	0	3	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	12	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	7

Matriz de frequências - ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA - SEMESTRE 2021.2-2022.1

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES 2021.2-2022.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	28	13	0	0	0	4	4	5	0
A20	0	53	14	0	0	5	7	0	0
A40	0	0	13	7	0	1	2	1	0
A60	0	0	0	8	4	1	0	0	0
A80	0	0	0	0	11	1	0	0	8
I	2	0	1	0	1	13	5	9	0
T	0	0	0	0	0	0	18	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	15	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	8

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2021.2-2022.1									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	17	14	0	0	0	4	2	2	0
A20	0	51	10	0	0	3	0	1	0
A40	0	0	29	9	0	0	0	2	0
A60	0	0	0	29	13	1	0	0	0
A80	0	0	0	0	27	4	0	0	3
I	4	1	1	2	0	12	3	6	0
T	0	0	0	0	0	0	5	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	11	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	3

Matriz de frequências - ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES E ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - SEMESTRE 2021.2-2022.1

GERAL ENGENHARIAS 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	744	43	0	0	0	107	2	44	0
A20	0	454	161	0	0	15	2	26	0
A40	0	0	274	154	0	14	0	16	0
A60	0	0	0	230	160	15	0	7	0
A80	0	0	0	0	340	6	0	13	89
I	10	7	3	8	29	205	13	41	0
T	0	0	0	0	0	0	17	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	147	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	89

ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	112	8	0	0	0	29	1	7	0
A20	0	87	17	0	0	3	0	4	0
A40	0	0	34	19	0	5	0	2	0
A60	0	0	0	34	18	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	47	0	0	3	17
I	1	1	1	0	1	39	1	7	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	23	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	17

Matriz de frequências - GERAL ENGENHARIAS E ENGENHARIA DE ENERGIAS E MEIO AMBIENTE - SEMESTRE 2022.1-2022.2

ENGENHARIA CIVIL 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	106	9	0	0	0	17	0	9	0
A20	0	74	14	0	0	4	0	4	0
A40	0	0	71	21	0	2	0	2	0
A60	0	0	0	54	41	0	0	2	0
A80	0	0	0	0	74	1	0	0	10
I	1	0	3	2	8	38	2	8	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	25	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	10

ENGENHARIA ELÉTRICA 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	98	4	0	0	0	12	0	7	0
A20	0	64	29	0	0	1	0	3	0
A40	0	0	45	26	0	4	0	1	0
A60	0	0	0	23	38	4	0	3	0
A80	0	0	0	0	44	1	0	2	12
I	1	1	1	4	9	35	3	8	0
T	0	0	0	0	0	0	3	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	24	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	12

Matriz de frequências - ENGENHARIA CIVIL E ENGENHARIA ELÉTRICA - SEMESTRE 2022.1-2022.2

ENGENHARIA MECÂNICA 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	61	1	0	0	0	4	0	3	0
A20	0	31	24	0	0	0	0	4	0
A40	0	0	19	24	0	1	0	3	0
A60	0	0	0	28	13	7	0	1	0
A80	0	0	0	0	28	0	0	2	16
I	2	1	0	2	6	27	0	3	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	16	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	16

ENGENHARIA METALÚRGICA 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	67	2	0	0	0	10	0	5	0
A20	0	35	7	0	0	0	0	0	0
A40	0	0	22	9	0	0	0	0	0
A60	0	0	0	7	12	0	0	2	0
A80	0	0	0	0	15	3	0	1	9
I	1	1	0	1	1	14	1	4	0
T	0	0	0	0	0	0	1	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	12	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	9

Matriz de frequências - ENGENHARIA MECÂNICA E ENGENHARIA METALÚRGICA - SEMESTRE 2022.1-2022.2

ENGENHARIA QUÍMICA 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	76	4	0	0	0	12	1	5	0
A20	0	49	4	0	0	2	1	2	0
A40	0	0	25	8	0	1	0	2	0
A60	0	0	0	37	5	2	0	0	0
A80	0	0	0	0	58	0	0	1	6
I	1	0	0	0	0	18	1	5	0
T	0	0	0	0	0	0	3	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	15	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	6

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	60	4	0	0	0	5	0	2	0
A20	0	28	24	0	0	1	1	2	0
A40	0	0	19	25	0	2	0	3	0
A60	0	0	0	24	20	0	0	1	0
A80	0	0	0	0	38	0	0	3	11
I	0	1	2	1	2	11	1	1	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	12	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	11

Matriz de frequências - ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA - SEMESTRE 2022.1-2022.2

ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	73	3	0	0	0	9	0	3	0
A20	0	50	9	0	0	2	0	5	0
A40	0	0	21	6	0	0	0	1	0
A60	0	0	0	10	3	0	0	2	0
A80	0	0	0	0	11	0	0	0	5
I	2	1	0	1	2	17	2	0	0
T	0	0	0	0	0	0	2	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	11	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	5

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO 2022.1-2022.2									
	A0	A20	A40	A60	A80	I	T	E	G
A0	66	6	0	0	0	5	0	3	0
A20	0	33	30	0	0	2	0	1	0
A40	0	0	17	19	0	2	0	2	0
A60	0	0	0	24	15	0	0	1	0
A80	0	0	0	0	30	1	0	2	7
I	1	2	0	0	4	14	0	3	0
T	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0	0	0	12	0
G	0	0	0	0	0	0	0	0	7

Matriz de frequências - ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES E ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO - SEMESTRE 2022.1-2022.2

APÊNDICE C – ARTIGOS PUBLICADOS



ANÁLISE DOS RESULTADOS DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UM ESTUDO COMPARATIVO NOS ANOS DE 2017 A 2021

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3895

Caio Costa do Amaral - caioamaral@lesc.ufc.br
Universidade Federal do Ceará

Carlos Alex Martins Oliveira - calexmo@hotmail.com
Universidade Federal do Ceará

Michel Gonzaga dos Santos - mic.gonzaga46@gmail.com
Universidade Federal do Ceará

João Cesar Moura Mota - mota@gtel.ufc.br
Universidade Federal do Ceará

Gisele Azevedo de Araujo Freitas - giseleazeved@gmail.com
Universidade Federal do Ceará

Wagner Bandeira Andriola - w_andriola@yahoo.com
Universidade Federal do Ceará

Resumo: *O processo de avaliação é essencial para verificar a execução de um processo, exibindo possíveis problemas e colaborando na busca de um resultado melhor. Isto não seria diferente no contexto educacional, onde esses esforços de avaliação têm objetivo de melhorar o ensino dos alunos. Partindo desse pressuposto, este artigo apresenta uma avaliação educacional do curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal do Ceará (UFC), por meio da coleta e análise de dados educacionais no período entre 2017 a 2021. Como referenciais de comparação, também serão exibidos os resultados do curso de Engenharia Elétrica da UFC e da média dos cursos de engenharia gerenciados no Centro de Tecnologia - UFC, no Campus do Pici. A obtenção desses indicadores é de grande valor, pois fornece mais informações no processo decisório das entidades responsáveis, permitindo a melhora dos resultados de ensino e possibilitando mudanças que melhorem o curso.*

Palavras-chave: *avaliação educacional, análise, educação em engenharia,*





telecomunicações



ANÁLISE DOS RESULTADOS DE AVALIAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UM ESTUDO COMPARATIVO NOS ANOS DE 2017 A 2021

1 INTRODUÇÃO

O constante desenvolvimento e o avanço tecnológico na sociedade contemporânea vêm refletindo na necessidade e na exigência do mercado em contar com profissionais que trabalhem diretamente na ponta desse desenvolvimento (Andriola, 2014). Dessa forma, a formação de excelência de profissionais nas áreas tecnológicas torna-se fundamental para o desenvolvimento científico do país (Baker, Gowda e Corbett, 2011).

A demanda pela formação de profissionais altamente qualificados torna ainda mais essencial o aperfeiçoamento do processo educacional, visto que os processos de inovação dependem diretamente destes profissionais (Righetti, 2007). Uma das etapas fundamentais na melhoria do ensino é a avaliação educacional. (Andriola e Mc Donald, 2003).

A avaliação educacional é uma atividade científica de obtenção de informações que fornece diagnóstico e subsídios para a implementação ou manutenção de políticas educacionais (Andriola, 1999). Ela deve ser concebida também para prover um contínuo monitoramento do sistema educacional com vistas a detectar os efeitos positivos ou negativos de ações gerenciais e de políticas adotadas (Andriola, 2009b). Um sistema de avaliação deve obter e organizar informações periódicas e comparáveis sobre os diferentes aspectos do sistema educacional. (Klein e Fontanive, 1995).

Analisando o contexto brasileiro atual percebe-se o aumento da procura pelo Ensino Superior, tanto na oferta de vagas, com mais de 19,6 milhões de vagas ofertadas em 2020, quanto no índice de matrículas realizadas, atingindo mais de 8 milhões e 660 mil matrículas no mesmo período (INEP, 2022).

Entretanto, a ampliação do acesso ao ensino traz novos desafios, que se refletem principalmente nas questões da alta taxa de evasão, desistência e retenção dos alunos nos cursos de Ensino Superior (Lima e Andriola, 2018; Silva Filho et al., 2007). Isso gera um impacto negativo em termos econômicos e sociais, principalmente quando ocorrem nas universidades públicas (Santos et al., 2018, Andriola, 2003). No caso das Engenharias, estes problemas se mostram especialmente preocupantes, visto que entre 2001 e 2011 a média de conclusão de alunos ficou ao redor 44% do total de alunos matriculados (FNE, 2013).

Nesse contexto, a criação e a análise de métricas de avaliação de ensino podem contribuir com o processo de melhoria dos cursos de Ensino Superior. Uma das áreas em que essa contribuição é bem-vinda é na exploração, descoberta e análise de novas informações sobre a situação dos alunos e do curso para as entidades de gerência, levando a uma avaliação educacional mais completa. (Silva e Andriola, 2012; Andriola, 2004; 2009a). Sendo assim, este trabalho tem como objetivo realizar uma análise da situação educacional do curso de Engenharia de Telecomunicações da Universidade Federal do Ceará (UFC), traçando comparações com o curso de Engenharia Elétrica e com o comportamento médio dos cursos de Engenharia do Centro de Tecnologia da UFC. Em adicional este trabalho está utilizando e expondo novos indicadores que podem servir como ferramenta de avaliação e verificação dos objetivos educacionais, fomentando a melhoria

dos índices de ensino do curso de Engenharia de Telecomunicações e de outros cursos na UFC.

1 METODOLOGIA

A metodologia aplicada na obtenção das métricas e informações sobre o alcance dos objetivos de ensino se baseou nas técnicas de mineração dos dados educacionais (Baker e Yacef, 2009), sendo aplicada em um conjunto de dados gerado a partir de informações extraídas de sites oficiais da UFC e no conjunto de dados obtido com colaboração direta com a Escola Integrada de Desenvolvimento e Inovação Acadêmica (EIDEIA) e com a Superintendência de Tecnologia da Informação (STI), responsável pela gerência dos sistemas e banco de dados da UFC.

Considerando o grande escopo do conjunto de dados recebido, optou-se pela análise dos cursos de Engenharia da UFC gerenciados pelo Centro de Tecnologia (CT) em Fortaleza, no Campus do Pici. O CT gerencia onze cursos de Engenharia, totalizando cerca de 710 vagas ofertadas anualmente. Estes cursos possuem tempo de duração normal de dez semestres, sendo quinze semestres o prazo máximo para conclusão.

A escolha pela análise do curso de Engenharia de Telecomunicações se dá por este ser um dos cursos de Engenharia mais recentes da UFC, criado em 2015. Considerando que o curso de Engenharia Elétrica existe na área de telecomunicações como especialização, optou-se por incluir o curso de Engenharia Elétrica como parâmetro de comparação em parte das análises realizadas.

Após o recebimento e coleta do conjunto de dados bruto, realizou-se uma análise e estudo das informações recebidas, de forma que fosse possível realizar a seleção das informações a serem observadas. Attwell (2006) sugere que se limite ao máximo o número de variáveis escolhidas, para que se tenha um melhor controle do que se é analisado de acordo com a metodologia escolhida. Um resumo geral do processo empregado neste trabalho pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 – Processo de aquisição e obtenção das métricas de desempenho acadêmico.



É importante destacar a diferença entre dados e indicadores. Os indicadores mostram a relação entre os dados, ou seja, auxilia na percepção da qualidade (relações matemáticas como razões, percentuais, taxas, índices, entre outros). Já os dados são a base para construir os indicadores.

A partir do estudo realizado nos dados foram selecionados três conjuntos de indicadores de situação do curso, considerados importantes na análise do processo educacional. Os indicadores selecionados foram: a situação de matrícula dos alunos, os

índices de rendimento acadêmico dos mesmos e as relações entre as horas matriculadas, aprovadas e previstas no plano de ensino de cada curso observado. A descrição dos indicadores será feita nos subtópicos a seguir, e as métricas e informações obtidas serão apresentadas no próximo capítulo.

1.1 Situação de matrícula dos alunos

Alguns dos aspectos normalmente analisados na avaliação de cursos são as métricas de retenção, evasão e formação, por serem considerados indicadores estratégicos importantes na avaliação do ensino (Cavalcante e Andriola, 2012). Para obter essa perspectiva de qualidade dos cursos, extraímos as informações das situações de matrícula dos alunos selecionados nos cursos oferecidos pela UFC no SISU (Sistema de Seleção Unificada). Estas informações podem ser encontradas no portal eletrônico em SIGAA-UFC (2022).

No conjunto de dados acima temos informações sobre a modalidade de entrada na universidade (ampla concorrência ou modalidade cotas), identificadores individuais (parte do CPF e nome do aluno), o curso de entrada, o ano de ingresso via SISU e o estado de matrícula do aluno no momento de acesso. Essas informações foram coletadas em 14 de março de 2022.

No campo de estado de matrícula existem apenas cinco opções possíveis, que são "CONCLUÍDO" (alunos que concluíram o curso), "ATIVO" (alunos que estão frequentando o curso), "CANCELADO" (alunos que tiveram a sua matrícula cancelada, seja por abandono, desistência, etc.), "TRANCADO" (alunos que suspenderam todas as matrículas no semestre observado, devido a doença, mudança de domicílio, obrigação de ordem militar, dentre outros casos) e "N/A" (alunos que estão em situação especial que não é contemplada nos campos anteriores).

Desta forma, ao realizar a contagem dos alunos, classificando-os por sua situação de matrícula e pelo ano de entrada via SISU, foi obtido um quantitativo acumulado da situação dos alunos de um determinado ano, considerando todo o período desde que a respectiva turma foi aberta. Isso permite que sejam observados os fatores de desistência do curso, assim como a retenção dos alunos das turmas mais antigas. Neste indicador foi possível observar um maior intervalo de tempo, contemplando o período entre 2015 e 2021, devido à maior disponibilidade das informações nos portais eletrônicos da UFC.

2.3 Índice de Rendimento Acadêmico (IRA)

Na UFC, o desempenho acadêmico dos alunos é sintetizado principalmente pelos valores de IRA Individual e Geral, uma métrica criada para acompanhar o rendimento individual e relativo dos alunos nos cursos ofertados pela universidade. A análise de desempenho utilizando esse indicador institucional já fora utilizada por outros autores, como Souza Júnior (2018) e Farias (2013), porém estes fizeram análises focando em outros objetivos, seja observando outros cursos da UFC e/ou com diferentes focos de análise educacional.

O IRA Individual é um valor calculado que considera apenas o desempenho individual do aluno nas disciplinas cursadas, ponderando a sua carga horária e o período do curso no qual o aluno fez a disciplina. Em especial, essa métrica penaliza o aluno que realiza trancamento de disciplinas, isto é, que solicitou a remoção da disciplina na coordenação do curso após a matrícula no início do semestre. A fórmula para cálculo desta métrica pode ser vista na Equação (1) a seguir.

$$IRA Individual = \left(1 - \frac{0.5T}{C}\right) * \left(\frac{\sum P_i * C_i * N_i}{\sum P_i * C_i}\right) * 1000 \quad (1)$$

Onde P_i , C_i e N_i são respectivamente o semestre em que o aluno cursou a disciplina (sendo seu valor máximo limitado ao 6º semestre) a carga horária total dela e a nota final que o aluno obteve na disciplina i . Além dessas variáveis, temos que T é o somatório da carga horária das disciplinas trancadas, e C o somatório da carga horária das disciplinas que o aluno se matriculou durante todo o curso. Neste caso, as disciplinas integralizadas por aproveitamento interno ou externo não contam no cálculo do IRA. Outros detalhes dessa métrica utilizada na UFC podem ser encontrados em PROGRAD-UFC (2014).

O IRA Individual funciona bem para comparar o desempenho acadêmico entre alunos de um mesmo curso, mas se torna limitada para realizar comparações entre alunos de diferentes cursos. Por conta disso, existe outra métrica, chamada de IRA Geral, que permite normalizar o desempenho acadêmico do aluno em relação a todos os estudantes ativos do curso, permitindo mapear seu desempenho em relação à distância de desempenho médio dos alunos. É esta métrica derivada que é utilizada como parâmetro para classificar e selecionar os alunos em programas de bolsa e de intercâmbio internacional, como o BRAFITEC e Duplo Diploma (CENTRO DE TECNOLOGIA UFC, 2022).

A análise do IRA é importante, visto que esta captura o desempenho acadêmico do aluno, tanto individualmente quanto em relação a outros alunos da Universidade, sendo importante para a avaliação dos objetivos de ensino. Neste trabalho, é considerado apenas o grupo de alunos que possuem vínculo ativo institucional na UFC, sendo observado especialmente a diferença entre os conjuntos de alunos que participaram nos programas de bolsas oferecidos pela UFC e por entidades externas, como MEC, FUNCAP, CNPq, denominados de "Alunos Bolsistas", e o conjunto de "Alunos não-bolsistas/controle", que não tiveram esse tipo de participação direta.

2.3 Relação entre horas matriculadas, aprovadas e previstas

Na UFC, o aluno tem liberdade para decidir quantas e quais disciplinas realizará no semestre, visto que é ele quem realiza a sua própria matrícula nas disciplinas do curso ao início de cada semestre letivo. Isso dá ao aluno flexibilidade e escolha para conduzir sua formação conforme sua disponibilidade e interesses.

Desta forma, um dos aspectos que podem trazer informações importantes na análise do curso é a observação da relação entre as seguintes informações: o quantitativo de horas das disciplinas que o aluno decidiu se matricular no semestre, a quantidade de horas estipuladas no plano pedagógico do curso no semestre em que o aluno se encontra, e o quantitativo de horas que o aluno teve sucesso, ou seja, foi aprovado.

Como a matrícula do aluno nas disciplinas influencia diretamente no seu tempo de permanência na universidade, a análise da relação entre as horas permite investigar com mais clareza o progresso dos alunos no curso.

Sendo assim, os resultados obtidos são calculados em função das seguintes razões: horas aprovadas/horas matriculadas, horas aprovadas/horas previstas, horas matriculadas/horas previstas. Assim como na análise dos IRAs, procurou-se também mostrar a diferença entre os alunos bolsistas e não-bolsistas/controle, para verificar se existem diferenças expressivas entre os dois grupos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente será analisada a situação das matrículas do curso. Os resultados dos cursos escolhidos para análise podem ser vistos na tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Situação dos alunos dos cursos de Engenharia.

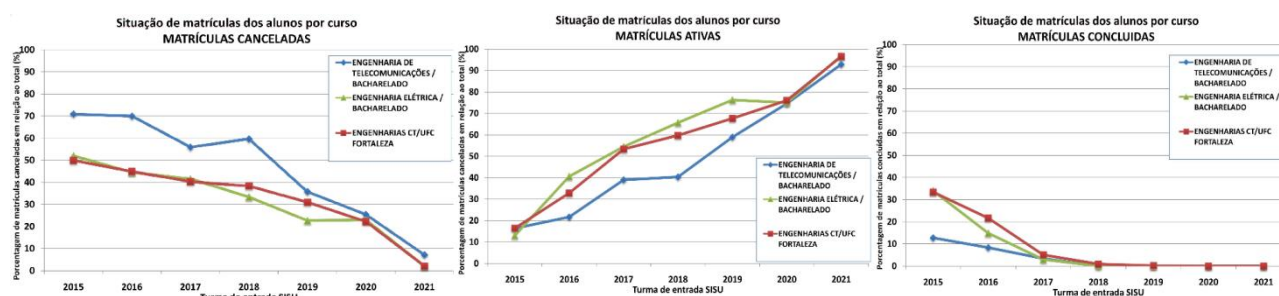
Situação dos alunos que ingressaram na UFC por turma de entrada SISU - Coleta dos dados em Mar/2022							
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES / BACHARELADO							
Turma SISU >	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Trancado	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Concluído	7 (12,73%)	5 (8,33%)	2 (3,39%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cancelado	39 (70,91%)	42 (70%)	33 (55,93%)	34 (59,65%)	20 (35,71%)	15 (25,42%)	4 (7,14%)
Ativo	9 (16,36%)	13 (21,67%)	23 (38,98%)	23 (40,35%)	33 (58,93%)	44 (74,58%)	52 (92,86%)
N/A	0 (0%)	0 (0%)	1 (1,69%)	0 (0%)	3 (5,36%)	0 (0%)	0 (0%)
TOTAL	55 (100%)	60 (100%)	59 (100%)	57 (100%)	56 (100%)	59 (100%)	56 (100%)
ENGENHARIA ELÉTRICA / BACHARELADO							
Turma SISU >	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Trancado	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (1,03%)
Concluído	34 (34%)	15 (14,85%)	3 (2,97%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Cancelado	52 (52%)	45 (44,55%)	42 (41,58%)	33 (33,33%)	22 (22,68%)	23 (23%)	2 (2,06%)
Ativo	13 (13%)	41 (40,59%)	55 (54,46%)	65 (65,66%)	74 (76,29%)	75 (75%)	94 (96,91%)
N/A	1 (1%)	0 (0%)	1 (0,99%)	1 (1,01%)	1 (1,03%)	2 (2%)	0 (0%)
TOTAL	100 (100%)	101 (100%)	101 (100%)	99 (100%)	97 (100%)	100 (100%)	97 (100%)
ENGENHARIAS CT/UFC FORTALEZA							
Turma SISU >	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Trancado	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (0,3%)	0 (0%)	3 (0,42%)	3 (0,45%)
Concluído	234 (33,38%)	153 (21,67%)	35 (5,06%)	6 (0,89%)	1 (0,15%)	0 (0%)	0 (0%)
Cancelado	350 (49,93%)	317 (44,9%)	279 (40,32%)	259 (38,31%)	206 (30,98%)	158 (22,25%)	14 (2,09%)
Ativo	115 (16,41%)	232 (32,86%)	369 (53,32%)	404 (59,76%)	450 (67,67%)	540 (76,06%)	647 (96,57%)
N/A	2 (0,29%)	4 (0,57%)	9 (1,3%)	5 (0,74%)	8 (1,2%)	9 (1,27%)	6 (0,9%)
TOTAL	701 (100%)	706 (100%)	692 (100%)	676 (100%)	665 (100%)	710 (100%)	670 (100%)
Resp. Semestre	15º Sem	13º Sem	11º Sem	9º Sem	7º Sem	5º Sem	3º Sem

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na tabela acima, vemos que há uma variação em cada turma SISU no quantitativo total de alunos nos cursos de Engenharia de Telecomunicações, que oferta 60 vagas anualmente e Engenharia Elétrica, que oferta 100 vagas. Esta variação na totalização de alunos pode ser explicada pela não ocupação de todas as vagas ofertadas.

De forma a auxiliar na análise dos indicadores, o percentual de matrículas canceladas, concluídas e ativas dos cursos de Engenharia de Telecomunicações, Engenharia Elétrica e de todos os cursos de Engenharia do CT/UFC podem ser visualizadas nos gráficos da figura 2 a seguir.

Figura 2 – Representação visual da situação de matrículas dos alunos dos cursos analisados.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Inicialmente, observando apenas o conjunto de todos os cursos de engenharias, representado pelas curvas vermelhas nos gráficos, podemos perceber que há um alto índice de matrículas canceladas, visível no primeiro gráfico, alcançando um valor de 50%

do total de alunos matriculados na seleção SISU de 2015, e se mantendo entre 40% e 50% nas turmas de 2016 e 2017. Observando-se o curso de Engenharia Elétrica, destacado pelas curvas verdes, é possível ver a mesma tendência de comportamento nesse aspecto, até exibindo índices melhores nas turmas de 2018 e 2019, quando comparado ao caso geral.

Entretanto, ao observar o caso do curso de Engenharia de Telecomunicações, simbolizado pelas curvas azuis, vemos que a situação de matrículas canceladas é consideravelmente mais preocupante, com índices superiores a 55% do total de alunos matriculados nas turmas que entraram no SISU entre 2015 e 2018, chegando a ultrapassar 70% nos primeiros anos observados.

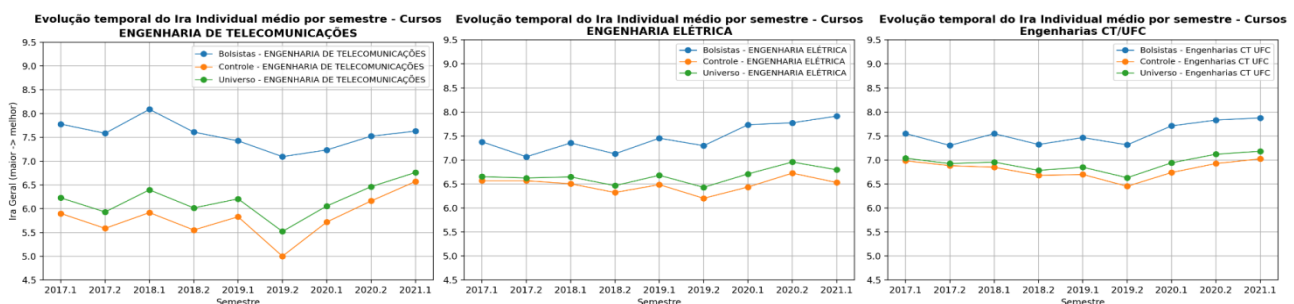
É possível observar o impacto da desistência dos alunos de Engenharia de Telecomunicações nas métricas de matrículas ativas, presente no segundo gráfico, onde podemos ver que menos da metade dos alunos desse curso chegam aos últimos semestres do curso, observando as turmas do SISU de 2015 a 2018. Isso corrobora as afirmações de Santos et al.(2018), ao considerarmos os recursos utilizados com professores, infraestrutura, e outros.

Analisando os índices de conclusão de curso, representados pela métrica de matrículas concluídas no terceiro gráfico, podemos perceber que o ritmo de formação dos alunos de Engenharia de Telecomunicações é baixo, mesmo considerando que no geral há uma considerável retenção de alunos nas engenharias, ao menos no período das turmas observadas no SISU 2015 a 2017.

A situação demonstrada com as informações apresentados acima serve como grande indicador de alerta para os gestores e coordenadores do curso de Engenharia de Telecomunicações, e instiga o questionamento e a procura de informações que permitam apontar os motivos dessa situação observada.

Neste caso, podemos seguir e analisar o desempenho desses alunos, por meio das métricas de rendimento acadêmico. Neste caso, podemos observar o IRA individual, que pode ser visto na figura 3.

Figura 3 – Visualização temporal do IRA Individual médio dos cursos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Estes dados e gráficos, diferentemente dos apresentados anteriormente, contemplam todos os alunos com matrícula ativa nos cursos já apresentados anteriormente em um único gráfico, sendo segmentado pelos semestres, que podem ser vistos no eixo horizontal do gráfico. Vale destacar que no gráfico acima e nos apresentados a seguir, o conjunto de alunos não-bolsistas é representado pela curva amarela, sendo a curva azul representativa dos alunos bolsistas, e a verde representando o conjunto inteiro de alunos do respectivo caso analisado.

Desta forma podemos ver que a média do desempenho do conjunto geral de alunos do curso Engenharia de Telecomunicações acaba sendo inferior à observada no curso de

Engenharia Elétrica e na média dos cursos de engenharia. Mais interessante é notar que este resultado é em grande parte ocasionado pelo grupo de alunos não-bolsistas, algo visível ao comparar a distância destes em relação aos alunos não bolsistas no mesmo gráfico. Essa diferença é muito mais acentuada do que a existente no curso de Engenharia Elétrica e na média dos cursos de engenharia da UFC, principalmente no período entre 2017.1 e 2019.2.

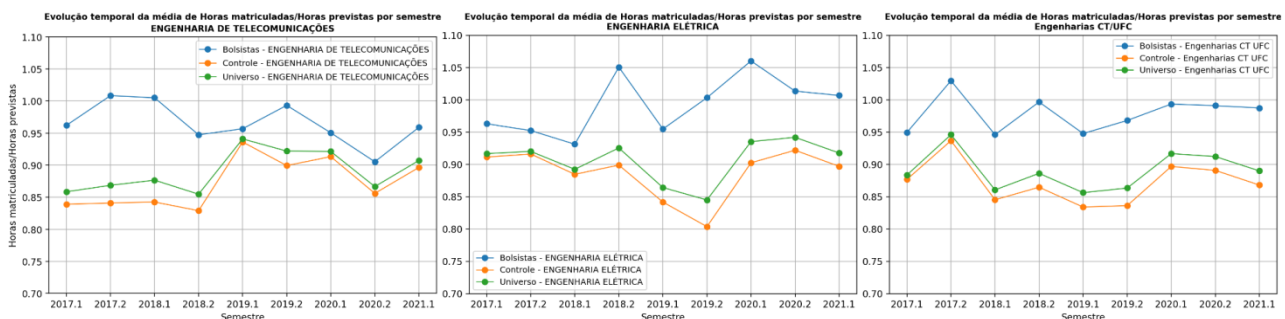
Comparando apenas o rendimento acadêmico dos alunos bolsistas do curso de Engenharia de Telecomunicações, estes alcançam desempenho similar aos dos alunos do curso de Engenharia Elétrica, seguindo a tendência da média dos cursos de engenharia.

É possível ver uma considerável redução na distância de desempenho no IRA entre os dois grupos de alunos de Engenharia de Telecomunicações no período após 2019.1, sendo um dos fatores a ocorrência da pandemia do coronavírus, na qual adotou-se emergencialmente na universidade o método de Ensino a Distância (EaD). Essa redução ocorreu também no curso de Engenharia Elétrica e no comportamento médio dos cursos de engenharia.

Nestes gráficos é possível perceber também um padrão zigue-zague nas curvas, padrão esse que pode ser atribuído pela presença de disciplinas anuais nos primeiros semestres dos cursos de Engenharia, sendo apenas introduzidas no sistema apenas ao final do ano letivo, nos semestres pares.

Para obtermos a dimensão completa do desempenho acadêmico devemos também observar os indicadores de razão das horas matriculadas, aprovadas e previstas. Neste caso, podemos visualizar na figura 4 a relação entre horas matriculadas e horas previstas.

Figura 4 – Visualização da relação entre horas matriculadas e horas previstas no plano de ensino dos cursos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

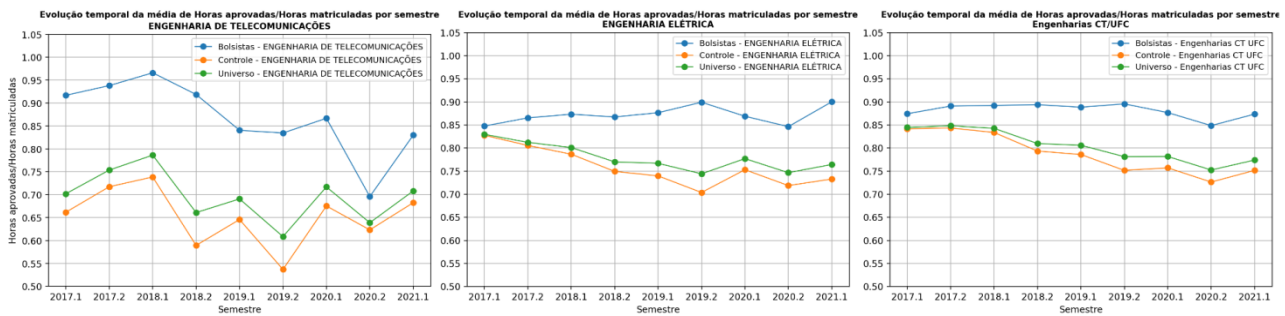
Esse indicador reflete as intenções do aluno no início do semestre, visto que o próprio aluno realiza as suas matrículas, definindo as disciplinas que irá participar naquele período. Nesse gráfico, um valor igual a "um" indica que, na média, os alunos se matricularam em um quantitativo de disciplinas que totalizam a mesma quantidade de horas definidas no plano de ensino do curso, para seus respectivos semestres atuais.

Neste caso, podemos perceber que o conjunto total de alunos de Engenharia de Telecomunicações possuem uma relação de matrícula similar à vista nos outros cursos de Engenharia, chegando até mesmo a superar as médias de matrícula dos mesmos no período entre 2019.1 e 2020.1. Em relação à diferença entre os alunos bolsistas e não-bolsistas, é possível perceber que os bolsistas se mantêm mais próximos da razão igual a um, indicando maior acompanhamento ao programa definido no projeto pedagógico do curso.

Já observando a relação entre horas aprovadas e horas matriculadas, na qual um valor igual a um indica que os alunos do curso analisado foram aprovados, exibida na figura

5, podemos ver que há um percentual alto de insucesso dos alunos de Engenharia no geral, ficando próximo dos 80% no período observado entre 2017 e 2021.1. Entretanto, esse resultado é positivo se comparado ao alcançado no curso de Engenharia de Telecomunicações, que chega a ser inferior a 70% no mesmo período.

Figura 5 – Visualização da relação entre horas aprovadas e horas matriculadas por semestre em cada curso.



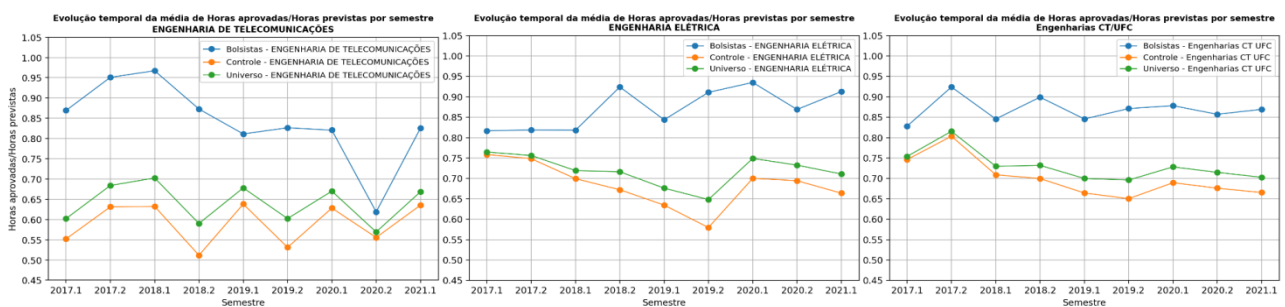
Fonte: Elaborado pelos autores.

Mesmo observando o curso de Engenharia Elétrica, que é um curso notoriamente exigente nas áreas de física e matemática e que compartilha raízes de conhecimento com o curso de Engenharia de Telecomunicações, não há um nível de aprovação tão baixo.

Em específico, esses resultados destacam a situação de baixo rendimento acadêmico dos alunos não-bolsistas do curso de Telecomunicações, que apesar de se matricularem em nível similar ao observado nas outras Engenharias, estes acabam por trancar ou reprovar as disciplinas que escolheram realizar no início do semestre letivo. Esta é uma informação que chama a atenção, pois ao ser considerado em conjunto com a situação das matrículas dos alunos analisada anteriormente permite levantar a hipótese que a evasão observada neste curso pode estar vinculada ao insucesso acadêmico dos alunos, um dos motivos normalmente destacados em avaliações de evasão no Ensino Superior (ROCHA, 2020; SILVA FILHO, 2007; TEIXEIRA, MENTGES e KAMPF, 2019).

Já observando a figura 6, que contém os resultados de horas aprovadas pelas horas previstas, podemos ver a mesma característica observada nos gráficos de horas aprovadas por horas matriculadas, com os alunos do curso de Engenharia de Telecomunicações possuindo um desempenho médio inferior ao observado na média dos cursos de Engenharia. Apesar de não serem tão inferiores, esses resultados corroboram para as métricas de conclusão observadas anteriormente, em específico o baixo ritmo de conclusão e do alto nível de retenção das engenharias.

Figura 6 – Visualização da relação entre horas aprovadas e horas previstas no plano pedagógico dos cursos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação educacional é uma ferramenta essencial na verificação e na melhoria da qualidade de ensino, pois produz indicadores que permitem informar e auxiliar o processo decisório das coordenações e entidades responsáveis na gerência da educação.

Este trabalho teve como principal objetivo a realização dessa avaliação, por meio do estudo e elaboração de novos indicadores a partir do processamento de dados já naturalmente coletados pela UFC. Nesse caso, aplicamos essa análise à situação do curso de Engenharia de Telecomunicações da UFC, comparando a sua situação em relação aos outros cursos de engenharia presentes no mesmo centro. Desta forma foi possível identificar o problema do alto percentual de matrículas canceladas neste curso, destoando do padrão observado no curso de Engenharia Elétrica e na média dos cursos de engenharia, assim como o baixo ritmo de formação destes alunos. Ao investigar as métricas elaboradas, tornou-se possível observar o menor desempenho acadêmico dos alunos não-bolsistas do curso de telecomunicações, tanto devido ao indicador de desempenho (IRA) quanto pelo indicador de proporção de horas aprovadas por horas matriculadas desses alunos, o que permite levantar a hipótese de o alarmante nível de cancelamento de matrículas estarem relacionadas ao alto grau de reprovações.

Notável também é a retenção observada nos indicadores apresentados, que podem ser atribuídos ao excessivo nível de insucesso observado no curso de Engenharia de Telecomunicações, apesar do mesmo padrão aparecer em menor intensidade nos cursos de Engenharia Elétrica e na média das engenharias, sendo algo que merece atenção institucional, em busca de ações e soluções que mitiguem essa situação.

A produção e análise desses indicadores foram focadas no âmbito da engenharia, mas podem ser realizadas para outros cursos da universidade, municiando de informações às entidades responsáveis e possibilitando a tomada de decisões para atuar no processo educacional, de forma a melhorar os resultados educacionais, não só na UFC mas em outros centros educacionais também.

Em termos de trabalhos futuros, podem-se realizar análises estatísticas, como correlações ou predições, que poderiam ser realizadas para extrair outras informações úteis desse conjunto de dados, o que não foi contemplado neste projeto. Ainda no escopo de análise de dados, pode-se focar na criação de métricas focadas nas disciplinas, observando o nível das reprovações e desistências, identificando as disciplinas do curso em que há um alto nível de insucesso, e que requerem maior atenção das entidades responsáveis pelo curso.

Por fim, explorando o processo de avaliação educacional, destaca-se a possibilidade de realização de enquetes específicas com os alunos ativos, desistentes e com os professores do curso, de forma similar a realizada por Rocha (2020), de forma a obter visões de diferentes perspectivas do processo educacional.

AGRADECIMENTOS

O presente artigo foi realizado com apoio do Comitê de Avaliação dos Programas de Bolsas Acadêmicas da UFC (CAPBA), da Superintendência de Tecnologia da Informação (STI) da UFC, da Escola Integrada de Desenvolvimento e Inovação Acadêmica (EIDEIA) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradecimentos aos servidores do EIDEIA Sérgio Braga e Tayná Gomes, pelo auxílio na obtenção dos dados deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Evaluación: la vía para la calidad educativa**. Ensaio. Avaliação e Políticas Públicas em Educação, Rio de Janeiro, v. 7, n. 25, p. 355-368, 1999.
- 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, 2003.
- ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Avaliação Institucional na Universidade Federal do Ceará (UFC): organização de sistema de dados e indicadores da qualidade institucional**. Avaliação: Revista da Rede de Avaliação Institucional da Educação Superior, Campinas, v. 9, n. 4, p. 33-54, 2004.
- ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Fatores institucionais associados aos Resultados do Exame Nacional de Desempenho Estudantil (ENADE): estudo dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC)**. REICE, Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación, v. 7, n. 1, p. 22-49, 2009a.
- ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Psicometria moderna: características e tendências**. Estudos em Avaliação Educacional, v. 20, p. 319-340, 2009b.
- ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Estudo de egressos de cursos de graduação: subsídios para a autoavaliação e o planejamento institucionais**. Educar em Revista, n. 54, p. 203-219, 2014.
- ANDRIOLA, Wagner Bandeira; Mc DONALD, Brendan. **Avaliação: Fiat Lux em Educação**. Fortaleza, Editora da UFC, 2003.
- ATTWELL, Graham. **Evaluating e-learning: a guide to the evaluation of the e-learning**. Evaluate Europe Handbook Series, v. 2, n. 2, p. 1610-0875, 2006.
- BAKER, Ryan Shaun J.D.; YACEF, Kalina. **The State of Educational Data Mining in 2009: A Review and Future Visions**. Journal of Educational Data Mining, v. 1, n. 1, p. 3-17, 2009.
- BAKER, Ryan SJD; GOWDA, Sujith; CORBETT, Albert. **Automatically detecting a student's preparation for future learning: Help use is key**. In: Educational data mining 2011. 2010.
- CAVALCANTE, Sueli Maria de Araújo; ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Avaliação da eficiência dos cursos de graduação da Universidade Federal do Ceará (UFC) através da Análise Envoltória de Dados (DEA)**. RIEE, Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa, v. 5, n. 3, p. 291-314, 2012.
- CENTRO DE TECNOLOGIA UFC. **Bolsas e Intercâmbios – Centro de Tecnologia**. Fortaleza, CE, 2022. Disponível em: <https://ct.ufc.br/pt/intercambios/>. Acesso em: 03 Mar. 2022.

FARIAS, Pedro Phillipp Moreira de. **Os determinantes do desempenho acadêmico dos alunos de Ciências Econômicas da UFC.** 2013. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Fortaleza/CE, 2013.

FNE, Federação Nacional dos Engenheiros. **Só 44% dos alunos de Engenharia da última década terminaram o curso.** 2013. Disponível em: <https://www.fne.org.br/index.php/todas-as-noticias/2456-so-44-dos-alunos-deengenharia-da-ultima-decadaterminaram-o-curso>. Acesso em: 20 abr. 2022.

INEP, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo da Educação Superior 2020: notas estatísticas.** Brasília, DF, 2022. Disponível em: https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/notas_e_statisticas_censo_da_educacao_superior_2020.pdf. Acesso em: 21 abr. 2022

KLEIN, Ruben; FONTANIVE, Nilma. **Avaliação em larga escala: uma proposta inovadora.** Em aberto, 1995, v. 15, n. 66, 1995.

PROGRAD-UFC. 2014. **IRA – Índice de Rendimento Acadêmico.** Disponível em: <https://prograd.ufc.br/pt/perguntas-frequentes/ira/>. Acesso em: 03 Mar. 2022.

RIGHETTI, Sabine. **Eficácia de um sistema de inovação depende de profissionais altamente qualificados.** *Inovação Uniemp.* 2007, vol.3, n.5, pp. 32-37. ISSN 1808-2394.

ROCHA, Maria Marcela Ramos da. **Avaliação da Evasão Discente em Cursos de Graduação da Área de Engenharia: Estudo de Caso em IES Pública.** 2020.195f. - Dissertação - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas e Gestão da Educação Superior, Fortaleza (CE), 2020.

SOUZA JÚNIOR, Francisco José de. **Diferencial de desempenho entre alunos cotistas e não cotistas nos cursos do Centro de Tecnologia da UFC.** 2018. 69f. - Dissertação - Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade - FEAAC, Programa de Economia Profissional - PEP, Universidade Federal do Ceará - UFC, Fortaleza (CE), 2018.

SILVA, Andréa Soares Rocha da; ANDRIOLA, Wagner Bandeira. **Uso de equações estruturais para validar um modelo explicativo da relação entre domínio tecnológico, interação e aprendizagem colaborativa na Educação a Distância (EaD).** Ensaio: Avaliação de Políticas Públicas em Educação, v. 20, n. 75, p. 373-396, 2012.

SILVA FILHO, Roberto Leal Lobo et al. **A evasão no ensino superior brasileiro.** Cadernos de pesquisa, v. 37, p. 641-659, 2007.

SIGAA-UFC, **SISU Edições Anteriores.** 2022. Disponível em: <https://si3.ufc.br/sigaa/public/sisu/resultadoMatriculaAnosAnteriores.jsf>. Acesso em: 03 Mar. 2022.

TEIXEIRA, Rita de Cássia Petrarca; MENTGES, Manuir José; KAMPF, Adriana Justin Cerveira. **Evasão no ensino superior: um estudo sistemático.** Brasil., 2019. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10923/15080>. Acesso em: 23 Abr. 2022.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE EDUCATIONAL EVALUATION OF THE ENGINEERING COURSE OF TELECOMMUNICATIONS IN THE FEDERAL UNIVERSITY OF CEARÁ - A COMPARATIVE STUDY IN THE 2017-2021 PERIOD

Abstract: *The evaluation process is essential to verify if a process is adequately executed, showing possible problems and helping in the pursuit of a better result. This would not be different in the educational context, where these efforts have the objective to improve student teaching. Based on this assumption, this work presents an educational evaluation of the Telecommunication Engineering course on the Federal University of Ceará (UFC), through educational data collection and analysis from the period between 2017 and 2021. As benchmarks for comparison, they will also be shown the results of the Electric Engineering course and the mean of the engineering courses present in the Technology Center (CT) of UFC, located on "Campus do Pici". Obtaining these indicators is of great value, as it provides more information in the decision-making process of the responsible entities, allowing the improvement of teaching results and enabling changes that improve the course.*

Keywords: *educational evaluation, analysis, engineering education, telecommunication.*