



Trabalho de Conclusão de Curso

# **Análise de critérios visando a distribuição de bolsas de monitoria para Instituições de Ensino Superior**

Karen Nayara Gomes da Silva

[kngs@ic.ufal.br](mailto:kngs@ic.ufal.br)

**Orientadores:**

Profa. Dra. Juliana Roberta Theodoro de Lima

Prof. Dr. Ranilson Oscar Araújo Paiva

Maceió, Dezembro de 2022

Karen Nayara Gomes da Silva

# **Análise de critérios visando a distribuição de bolsas de monitoria para Instituições de Ensino Superior**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas.

Orientadores:

Profa. Dra. Juliana Roberta Theodoro de Lima

Prof. Dr. Ranilson Oscar Araújo Paiva

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**  
Bibliotecária: Taciana Sousa dos Santos – CRB-4 – 2062

S586a Silva, Karen Nayara Gomes da.  
Análise de critérios visando a distribuição de bolsas de monitoria para Instituições de Ensino Superior / Karen Nayara Gomes da Silva. – 2023.  
61 f. : il. color.

Orientadora: Juliana Roberta Theodoro de Lima.  
Coorientador: Ranilson Oscar Araújo Paiva.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Computação. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 54-57.  
Apêndice: f. 58-61.

1. Bolsas acadêmicas – Monitoria. 2. Algoritmo guloso. 3. C++ (Linguagem de programação). I. Título.

CDU: 004.421

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação do Instituto de Computação da Universidade Federal de Alagoas, aprovada pela comissão examinadora que abaixo assina.

---

Profa. Dra. Juliana Roberta Theodoro de Lima - Orientadora  
Instituto de Matemática  
Universidade Federal de Alagoas

---

Prof. Dr. Ranilson Oscar Araújo Paiva - Coorientador  
Instituto de Computação  
Universidade Federal de Alagoas

---

Prof. Dr. Rian Gabriel Santos Pinheiro - Examinador  
Instituto de Computação  
Universidade Federal de Alagoas

---

Prof. Dr. José Anderson de Lima e Silva - Examinador  
Instituto de Matemática  
Universidade Federal de Alagoas

---

Prof. Me. Dalgoberto Miquilino Pinho Júnior - Examinador  
Campus Arapiraca - Unidade Penedo  
Universidade Federal de Alagoas

Maceió, Dezembro de 2022

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por ter me permitido chegar até aqui. Sem Ele, com certeza, não teria tido forças durante essa caminhada.

Segundamente, aos meus pais/tios, Vicente e Elionai, que me deram todo o suporte, não só na minha graduação mas em todos os aspectos da minha vida e também por todo o sacrifício realizado, mesmo diante de dificuldades, para sempre garantir uma educação de qualidade para mim e minhas irmãs. Em especial à minha irmã Leylanne, por ser minha primeira referência de amizade, meu irmão Nelson e minha mãe Elaine por estarem comigo desde, literalmente, o meu nascimento.

À Profa. Dra. Juliana Theodoro, professora, orientadora e também amiga, deixo guardado em minha memória aquele abraço que foi me dado durante a primeira Semana de Computação e que nunca esquecerei, agradeço por ser uma inspiração em minha vida em todos os sentidos. Ao Prof. Dr. Ranilson Paiva, por todo apoio dado durante este trabalho que foi essencial para a elaboração e finalização dele.

Aos meus amigos, Luciano Holanda, Nicholas Araújo, Bruno Rafael, Izaura Delfino, Pedro Soares (Dunga) e Jardel Costa que me apoiaram e estiveram comigo não só nos momentos da graduação como em minha vida pessoal e profissional.

À minha amiga Clara Amaral e meu grupo de meninas viciadas em amar, Beatriz Nascimento, Vida Torres e Laura Rocha, por me acompanharem em momentos e situações muito difíceis e não desistirem de mim mesmo quando eu pensava em desistir.

Às minhas amigas Bruna's, a Bastos, por estar junto a mim desde a época do colégio e ser aquela amiga que mesmo de não se falar todos os dias, está presente para o que der e vier; a Bassi, que é aquela amizade que mesmo às vezes meio distante sei que posso contar sempre; e a Torres, que me mostrou que amizade pode ser construída por anos como também através de pouco tempo.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos Ester de Lima, Kamila Benevides e Guilherme Volney que não me deixaram desistir de realizar este trabalho, mesmo nos momentos que eu só queria jogar tudo para o alto. Juntamente deles, agradecer também à minha amiga Rita pelos mesmos motivos.

A todos os projetos de extensão que participei, uns mais que outros, mas nunca esquecerei da minha jornada no Ramo Estudantil IEEE que mesmo quando cursava Matemática, fez-me enxergar o quanto eu queria e almejava alcançar a graduação de Computação. À Atlética Oc-

tacore que tive a honra de estar desde o nascer do projeto até meus últimos dias que estive no Instituto de Computação. Particularmente, ao pessoal que organizou e organiza eventos de atléticas, sobretudo todos que são e passaram pela organização da Festa Oficial.

Ao Grupo Katie e às meninas dele e do IC que estiveram durante minha caminhada, a citar: Rebeca, Lilian, Kelly, Alessandra, Natália, Larissa, Ester e também a Luana, uma amizade inesperada que sempre lembro com carinho em como surgiu. À uma menina em especial do IC, Marina Limeira, que foi minha fonte de inspiração antes mesmo de eu entrar no curso e que tenho muito orgulho de ter a conhecido e visto de perto uma parte de sua trajetória e carreira. Ao Diretório Acadêmico que também fez parte de um pedaço da minha vida acadêmica.

Por fim, e não menos importante, agradeço à banca examinadora, pela leitura atenta, questionamentos e sugestões.

*“Todo progresso ocorre fora da zona de conforto”*

– Bobak, *Michael John*

Karen Gomes

# Resumo

Com os sucessivos cortes que as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) vêm recebendo no decorrer dos anos, os programas e atividades de monitoria acabam sendo atingidos e não colocados como prioridade quando se trata do valor dos recursos que serão alocados a eles. Assim, cada bolsa recebida pelos Institutos e Faculdades são vistas de maneira valiosa, pois a sua escassez pode ser sentida por todos os campi. Deste modo, faz-se necessário haver uma forma na qual possam ser distribuídas do jeito mais otimizado e justo possível as vagas de bolsas remuneradas que chegam até os Institutos e Faculdades para serem repartidas pelo coordenador de monitoria.

Neste trabalho, foi desenvolvido um programa implementado em C++ que realiza de forma automática a alocação de bolsas de monitoria de acordo com os pesos associados aos critérios para a seleção e ranqueamento das bolsas. Para a realização deste algoritmo, também foi necessário observar e avaliar os critérios e suas características que serão utilizados dentro dele, visto que esta parte do programa é crucial para o funcionamento e regulação correta do mesmo. Assim, foi pedido e analisado a avaliação de especialistas, através de um questionário qualitativo, dos critérios mais utilizados por 10 Universidades Federais renomadas do país, a fim de auxiliar na escolha dos pesos desses critérios. Com isso, o trabalho traz relevância e discussões significativas, além de que a importância do tema pode ser observada nas possíveis continuções em consequência desta monografia.

**Palavras-chave:** Algoritmo Guloso; Problema da Mochila; Bolsa de Monitoria

# Abstract

With the successive budget cuts that the Federal Institutions of Higher Education (IFES) have been receiving over the years, the monitoring programs and their activities are being affected by them since they are not considered a priority item inside the structure functioning of the university. For this reason, each scholarship received by the Institutes and colleges inside the IFES is seen as a valuable object, and its scarcity can be felt by all campuses. In resume, it is necessary to get a way to distribute such grants in the most optimized and fair way possible, by the monitoring coordinator.

In this monograph, a program implemented in C++ was developed that automatically allocates monitoring grants according to their weights associated with criteria for their selection and ranking. Also, for the algorithm creation, it was necessary to observe and evaluate the criteria and their specifics that would be used within it, since this part of the program is crucial for its correct functioning and regulation. Besides it, an evaluation of experts was requested and analyzed, through a qualitative questionnaire, with strategies used by 10 remarkable Federal Universities in the country, in order to help by choosing the weights of these strategies. In this way, the work brings relevance and significant discussions, in addition to the importance of the theme can be observed in some possible continuations as consequences of this monograph.

**Key-words:** Greedy algorithms; Knapsack Problem; Monitoring Scholarships

# Lista de Figuras

1	Ciclo Orçamentário. . . . .	17
2	Diagrama de Ishikawa segundo Oakland (1994). . . . .	21
3	Fronteira de Pareto. . . . .	24
4	Distribuição dos pesos com base no grau de importância de cada critério. . . . .	37
5	Gráfico com o grau de importância. . . . .	49
6	Distribuição dos pesos com base no grau de importância de cada critério. . . . .	50
7	Código da função <i>readCriteria()</i> . . . . .	59
8	Código da função <i>calculateDisciplinesScore(d, c)</i> . . . . .	60
9	Código da função <i>normalize(c, d)</i> . . . . .	61

# Lista de Tabelas

1	Universidades averiguadas e suas regiões. . . . .	33
2	Resumo entre a relação dos critérios e as IFES citadas. . . . .	35
3	Questões inseridas no questionário. . . . .	46
4	Média do grau de importância. . . . .	49
5	Associação dos critérios com seus pesos gerados a partir dos resultados do trabalho. . . . .	50

# Lista de Abreviaturas e Siglas

CTEC	Centro de Tecnologia
EC/2016	Emenda Constitucional nº 95, de 2016
FOUFAL	Faculdade de Odontologia
IFES	Instituições Federais de Ensino Superior
IC	Instituto de Computação
IM	Instituto de Matemática
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LDO	Lei de Diretrizes Orçamentárias
LOA	Lei Orçamentária Anual
MEC	Ministério da Educação
PPA	Plano Plurianual
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
PROGRAD	Pró-Reitoria de Graduação
SOF	Secretaria de Orçamento Federal

# Conteúdo

Lista de Figuras . . . . .	vii
Lista de Tabelas . . . . .	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas . . . . .	ix
<b>1 Introdução</b>	<b>12</b>
1.1 Contextualização e Motivação . . . . .	12
1.2 Objetivos . . . . .	13
1.2.1 Objetivos específicos . . . . .	14
1.3 Estrutura do Trabalho . . . . .	14
<b>2 Fundamentação Teórica</b>	<b>15</b>
2.1 As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) . . . . .	15
2.1.1 Curto histórico acerca das IFES . . . . .	15
2.1.2 A questão orçamentária . . . . .	16
2.2 Monitoria Acadêmica . . . . .	18
2.2.1 Funcionamento . . . . .	19
2.2.2 Importância . . . . .	19
2.3 Diagrama de Ishikawa . . . . .	20
2.3.1 Relação entre o Diagrama e o problema deste trabalho . . . . .	22
2.4 Otimização na computação . . . . .	23
2.4.1 Otimização multi-objetivo . . . . .	23
2.5 Problema da Mochila . . . . .	25
2.5.1 Algoritmo Guloso . . . . .	25
<b>3 Trabalhos Relacionados</b>	<b>27</b>
3.1 Problemas de alocações no ambiente acadêmico . . . . .	27
3.1.1 Otimização da Alocação de Salas de Aula: um estudo de caso na Universidade Federal de São Carlos . . . . .	27
3.1.2 Um estudo sobre o problema de alocação de salas aplicado à UFERSA - Pau dos Ferros . . . . .	28
3.1.3 Solução do problema de Alocação de Salas utilizando um modelo matemático multi-índice . . . . .	28

3.1.4	Otimização na Alocação de Disciplinas a Professores . . . . .	29
3.1.5	O problema de alocação de disciplina e professores usando o método Húngaro . . . . .	29
3.1.6	Estudo de Coloração Aplicado ao Problema de Alocação de Horário de Professores . . . . .	29
3.2	Resumo entre os trabalhos relacionados e o da presente monografia . . . . .	30
<b>4</b>	<b>Proposta de Solução</b>	<b>31</b>
4.1	Relevância da Proposta . . . . .	31
4.1.1	O princípio da equidade . . . . .	32
4.1.2	Competitividade e interesse . . . . .	32
4.2	Contextualização . . . . .	33
4.2.1	Determinação do conjunto de critérios . . . . .	34
4.3	Metodologia da Proposta . . . . .	35
4.3.1	Método de Agregação . . . . .	36
4.3.2	Ordenação dos critérios por importância . . . . .	36
4.3.3	Definição dos pesos dos critérios . . . . .	37
4.3.4	Normalização dos dados . . . . .	38
4.3.5	Cálculo do <i>score</i> e ranqueamento . . . . .	38
4.4	Implementação do programa . . . . .	39
4.4.1	Escolha da linguagem de programação utilizada . . . . .	39
4.4.2	Hospedagem do programa e tutorial de uso . . . . .	39
4.5	Análise de complexidade do algoritmo . . . . .	40
4.5.1	Leitura dos dados dos $m$ critérios . . . . .	40
4.5.2	Leitura dos dados das $n$ disciplinas . . . . .	40
4.5.3	Pontuação das disciplinas . . . . .	41
4.5.4	Tratamento em casos de empate . . . . .	41
<b>5</b>	<b>Metodologia</b>	<b>42</b>
5.1	Delimitação da pesquisa . . . . .	43
5.2	Instrumentos de coleta de dados . . . . .	43
5.2.1	Questionário de avaliação de critérios de disciplinas . . . . .	44
<b>6</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>47</b>
6.1	Contexto . . . . .	47
6.2	Questionário . . . . .	48
6.3	Análise . . . . .	48
6.4	Discussão . . . . .	50

---

<b>7 Conclusão</b>	<b>52</b>
7.1 Trabalhos Futuros . . . . .	53
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>54</b>
<b>A Código Fonte e manual de utilização do programa desenvolvido</b>	<b>58</b>
A.1 Principais funções implementadas . . . . .	58

# 1

## Introdução

### 1.1 Contextualização e Motivação

É comum que as Instituições Federais de Ensino Superior<sup>1</sup> (IFES) utilizem a metodologia de Lancaster, conhecida como método de Ensino Mútuo, na qual diz que discentes experientes em algum assunto apliquem essa metodologia de ensino com o propósito de ajudar outros discentes que enfrentam determinada dificuldade no conteúdo através do acompanhamento de um docente (NEVES and MEN, 2012). Desse modo, a monitoria é ofertada para um discente aprovado em edital específico em certas áreas destes conteúdos.

A Monitoria Acadêmica é prevista sob a Lei Federal nº 5.540 de 1968, que determina suas normas e como deve ser seguida pelas IFES. Em relação à Universidade Federal de Alagoas (UFAL), a Resolução nº 39/96 - CEPE, de 12 de agosto de 1996, na qual substitui a de nº 023/91 – CEPE de 20/11/91 e estabeleceu as normas que regulamentam o programa de monitoria na Universidade em questão, em seu artigo 14 prevê que “O Programa Geral de Monitoria na UFAL, será efetivado sob duas modalidades: MONITORIA COM BOLSA e MONITORIA SEM BOLSA.”. Após essas resoluções, em 2008 o Conselho Universitário da Universidade Federal de Alagoas – CONSUNI/UFAL, aprovou outras normas que disciplinam o Programa de Monitoria da Ufal, dentre elas, em seus artigos 6 e 7, pode-se destacar:

**Art. 6º** - O Plano de Monitoria, proposto pela Unidade Acadêmica, deverá indicar 01 (um) Professor Coordenador e os demais professores orientadores de monitores da respectiva Unidade Acadêmica.

**Art. 7º** - A definição do total de vagas de monitoria com bolsa estará vinculada à dotação orçamentária anual da UFAL.

---

<sup>1</sup>Desde o Decreto nº 5.205/04, é considerado Instituições Federais de Ensino Superior as universidades federais, faculdades, faculdades integradas, escolas superiores e centros federais de educação tecnológica, ligadas ao Ministério da Educação (MEC).

Assim, cada professor Coordenador da Unidade Acadêmica fica encarregado de divulgar o calendário de monitoria, articular e coordenar todo o processo seletivo do programa de monitoria<sup>2</sup>. Além disso, de acordo com o Art. 7 apresentado, o número de vagas de monitoria de cada Edital divulgado pela Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) depende do orçamento da Universidade para estipular o valor que o programa de monitoria receberá e também o quanto será destinado aos campi e Unidades Acadêmicas. Com isso, o coordenador se encontra em um impasse, pois ele precisa estar atento não só nas demandas de sua Unidade Acadêmica, mas também tentar ao máximo articular, de algum modo, a quantidade de bolsas que serão disponibilizadas em seu Instituto ou Faculdade.

Logo, através das possibilidades que tem em mãos, o coordenador precisa lidar com o número de bolsas disponíveis de um jeito que seja o mais eficaz possível, trazendo benefícios à sua Unidade Acadêmica e agregando o máximo de valor e aproveitamento, pois nem sempre todas as disciplinas que necessitam de assistência conseguem ser beneficiadas com bolsa. Além disso, àquelas que não são favorecidas com monitores bolsistas, ficam dependentes da disponibilidade de discentes voluntários que estejam tão engajados quanto àqueles que são remunerados para fazer o mesmo trabalho que eles.

Atualmente, é habitual que a escolha das disciplinas que receberão bolsas remuneradas seja feita de maneira manual, de acordo com certos critérios (número de reprovados no semestre anterior, número de alunos e de turmas, se é uma disciplina obrigatório ou não, entre outros), que podem ocasionar um viés na distribuição delas. Diante do desafio posto aos coordenadores de monitoria, é proposto, neste trabalho, um *software* que realize de forma automática e otimizada a distribuição dessas bolsas.

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo otimizar a distribuição das bolsas de monitoria remuneradas àquelas disciplinas que passem por certos critérios pré-definidos através da implementação de um algoritmo para automatizar o processo, que até o momento é feito manualmente, e que este *software* construído seja utilizado pelas coordenações de monitoria dos cursos de graduação da Universidade Federal de Alagoas. A saída será uma disciplina para cada bolsa, levando em conta o melhor benefício de combiná-las e as restrições impostas pelos Programas de Monitoria. O *software* proposto aqui, considerará que cada disciplina só terá ou uma ou nenhuma monitoria remunerada e, sendo  $N$  o número de bolsas disponíveis para o bloco, as disciplinas estarão em ordem crescente sendo a primeira a mais cotada a receber uma bolsa e a que está na posição  $N$ , a menos estimada a obter.

---

<sup>2</sup>De acordo com o Art. 19 da Resolução nº 55/2008.

### 1.2.1 Objetivos específicos

Este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Obter o grau e peso para classificação dos critérios do grau de importância;
- Atender aos requisitos de restrição especificados na entrada;
- Otimizar e agilizar a distribuição das bolsas de monitoria em um bloco, de modo manual para o automatizado;
- Atender a certos critérios de modo que, no ranqueamento das disciplinas que merecem receber monitoria remunerada, aquelas que mais possuem demandas e se encaixam melhor nesses critérios sejam beneficiadas.

## 1.3 Estrutura do Trabalho

Nesta seção será apresentada a organização desta monografia. Após este capítulo de introdução, o trabalho está estruturado em mais 6 capítulos.

No Capítulo 2, é dado o referencial teórico que fundamenta a motivação desta monografia, apresentando como funciona as Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) e a importância dos programas e atividades de monitoria, além de dar uma visão geral de cada tema com alguns dados atuais para que se tenha uma compreensão melhor do trabalho estudado.

No Capítulo 3, é apresentado uma revisão sistemática de alguns dos trabalhos relacionados ao tema que são mais citados na literatura.

No Capítulo 4, é visto a proposta de solução baseada na problemática central desta monografia.

No Capítulo 5, é apresentado a metodologia do trabalho desenvolvido.

No Capítulo 6, é mostrado os resultados obtidos e fazemos uma breve discussão acerca deles.

E, por fim, no Capítulo 7, é apresentado as considerações finais, concluindo este trabalho. Além disso, é apresentado as limitações do trabalho e trabalhos futuros, sendo que neste último é mostrado um direcionamento e próximos passos para dar continuidade na pesquisa desenvolvida nesta monografia.

# 2

## Fundamentação Teórica

A fim de ter uma melhor compreensão do tema apresentado, este capítulo dispõe dos referenciais teóricos obtidos através de uma revisão bibliográfica dos conceitos e técnicas existentes no estado da arte.

### 2.1 As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)

As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) são instituições de ensino públicas, sustentadas e regimentadas pelo governo federal, nas quais o seu principal propósito é oferecer educação superior de qualidade, além de fomentar a produção de conhecimento científico e tecnológico. Elas têm reconhecimento nacional e internacionalmente como referência no ensino, na pesquisa e na extensão universitária, exercendo um papel estratégico no desenvolvimento do país.

#### 2.1.1 Curto histórico acerca das IFES

Para [Amaral \(2008\)](#), a criação das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) aconteceu com o nascimento da Universidade do Rio de Janeiro (URJ) através do decreto nº 14.343 de 7 de setembro de 1920. Onze anos depois, o Governo, que tinha como objetivo elaborar um grande projeto universitário e que servisse como exemplo para outras instituições de ensino superior do país, alterou o nome da, até então, URJ para Universidade do Brasil (UB), por meio da Lei n.º 452 de 5 de Julho de 1937. Finalmente, em 20 de Agosto de 1965, foi ratificada a Lei n.º 4.759, na qual uniformizou as universidades e escolas técnicas federais da União, que seriam caracterizadas de “federais”, tendo a denominação do respectivo Estado. Desse modo, a então UB foi rebatizada de Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), como é conhecida até hoje.

A maior parte das Universidades Federais existentes tiveram seu nascimento na década de 60 de um modo de regime autárquico especial, sendo pertencente à administração pública, o que faz com que elas sejam submetidas à legislação federal. Elas têm sua autonomia prevista na Carta Magna (BRASIL, 1988), que consiste, em seu artigo 207, “as universidades gozam de autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial e obedecerão ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão”. Ademais, de acordo com a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, seu artigo 55 diz que “cabrerá a União assegurar, anualmente, em seu orçamento geral, recursos provenientes para a manutenção e desenvolvimento das instituições de educação superior por ela mantidas”.

Ainda, segundo [Amaral \(2008\)](#), a garantia da autonomia de gestão financeira, ou seja, o subsídio das atividades das universidades federais, é fundamental para as designações de suas políticas de ensino, pesquisa, extensão e do convívio com a comunidade acadêmica. O autor realça que as IFES são encarregadas de 90% das produções científicas brasileiras, mostrando como elas são importantes para o desenvolvimento social e econômico do país.

Por serem localizadas nas diversas regiões do país, [Amaral \(2008\)](#) também cita que elas são agentes primordiais no remanejamento da riqueza, pois, ao desenvolver programas e extensão na comunidade ao redor das mesmas, elas, conseqüentemente, colaboram efetivamente na diminuição da desigualdade tecnológica que pode ser vista por todos os lugares do Brasil. Desse modo, as IFES auxiliam a sociedade, com resultados gratificantes, em seu desenvolvimento econômico, social e cultural, tal como diante dos problemas que ela sofre ([Amaral, 2008](#)).

Por se tratar de um componente da gestão pública, os recursos necessários das IFES são providos do Tesouro Federal ([de Freitas et al., 2005](#)). Porém, segundo [Quintana and Saurin \(2005\)](#), é percebido que há uma dificuldade em realizar plenamente o planejamento pretendido, fazendo com que as Universidades Federais sejam obrigadas a se adaptarem de acordo com o contexto político e econômico do Brasil.

### **2.1.2 A questão orçamentária**

O orçamento é um componente do planejamento de um governo. O planejamento é uma atividade fundamental do cotidiano que ajuda a construir e estruturar passos futuros. Para [de Oliveira \(2015\)](#), o planejamento corresponde à identificação de propósitos, objetivos, metas e atividades, com o intuito de alcançar o máximo do desenvolvimento possível de uma forma mais eficaz, eficiente e efetiva, com a melhor concentração de esforços e recursos. O planejamento das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) é sustentado pelo Plano Plurianual (PPA) e os orçamentos delas são fundamentados no modelo de alocação de recursos orçamentários estabelecido pela Secretaria de Educação Superior (SESu) com a coparticipação da Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (ANDIFES) ([Silva et al., 2012](#)).

A atual Carta Magna (1988) constitui, em seu artigo 165, uma entidade geral baseada nas

três leis de iniciativa ordinárias do Poder Executivo, que são elas: a Lei do Plano Plurianual (PPA), a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e a Lei Orçamentária Anual (LOA). Essas três leis possuem uma hierarquia, sendo as citadas anteriormente estão em ordem de qual rege a subsequente lei. Outras duas leis podem ser consideradas adicionais ao procedimento que estabelece o orçamento: a Lei nº 101/2000, conhecida como a Lei de Responsabilidade Fiscal, e a Lei nº 4.320/67 (Giacomoni, 2010).

A Figura 1 mostra, de uma forma visual, o Ciclo Orçamentário, que se inicia com o Plano Plurianual (PPA), percorrendo a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO), atravessando a Lei Orçamentária Anual (LOA), indo para a Execução Orçamentária e finalizando com a Revisão dos planos, antes de iniciar o ciclo mais uma vez.

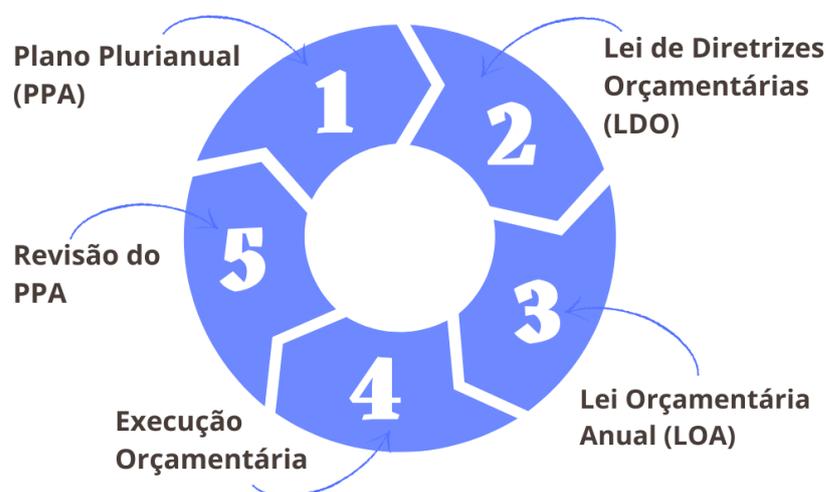


Figura 1: Ciclo Orçamentário.

Também estabelecido na Constituição Federal (1988), de acordo com o artigo 212 da mesma, todo o dinheiro advindo da receita de impostos tem que ser aplicado para a manutenção de desenvolvimento do ensino com o mínimo de 18% vindos da União e 25% vindos do Estados, Distrito Federal e Municípios. A regulamentação do que foi determinado na Carta Magna de 1988 veio através da Lei nº 9.394/1996, conhecida como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), já que se trata de uma lei relacionada à educação. Assim, no artigo 55 fica definido que “cabará à União assegurar, anualmente, em seu Orçamento Geral, recursos suficientes para manutenção e desenvolvimento das instituições de educação superior por ela mantidas” (Brasil, 1996). Desse modo, a LDB, fazendo alusão a Constituição, estabeleceu a responsabilidade de financiamento das universidades federais.

De acordo com Amaral (2008), ao estabelecer que cabe à União assegurar recursos suficientes para as universidades federais, é oportuno analisar o que seria considerado suficiente de

recursos para manter essas instituições. Assim, essa indefinição sobre as regras do financiamento apontada pelo autor, deixa em aberto o que pode ser levado como importante ou não para o funcionamento das IFES, abrindo brechas para interpretação ao se aplicar a Lei.

Sobre o artigo 55 da Lei nº 9.394/1996, cabe ressaltar que, há uma discordância de entendimento com o artigo 1º da Emenda Constitucional nº 95, de 2016 (EC/2016), que limita a ampliação de despesas até 2036 para as instituições mantidas pela União, o que inclui as IFES. Esta Emenda Constitucional visa evitar que a despesa cresça mais que a inflação estipulando um teto de gasto durante 20 anos que só pode ser revisado após o décimo ano. Ademais, o não cumprimento do teto fixado ou do limite individualizado determinado pelos poderes e órgãos da União ficam impossibilitados de concessão de benefícios de vantagem, alteração de carreira, contratação de pessoal e realização de concursos públicos.

Além disso, a EC/2016 limitou a descentralização de crédito e a liberação de limite orçamentário das receitas próprias das IFES — receitas essas que possibilitam a ampliação de financiamento e o investimento das instituições arrecadoras. Dessa forma, uma IFES que conseguir amplificar sua estimativa de arrecadação no ano vigente, para que ocorra a suplementação do orçamento de fontes próprias na Lei Orçamentária Anual, de acordo com o parágrafo 1º, artigo 6º, da Portaria nº 1.428/2018, da Secretaria de Orçamento Federal (SOF), ela precisará cancelar uma fonte para a suplementação de outra, comumente chamada de fonte compensatória. Isso demonstra que para estender os investimentos em um setor, ela precisará realizar cortes em outros setores.

Isso mostra que, apesar de ter sua autonomia estabelecida na Constituição Federal de 1988 e seguridade financeira por parte da União proposta em leis, as universidades federais estão sujeitas e dependentes do cenário político que interferem direta e indiretamente no funcionamento e manutenção de seus recursos e atividades, o que se explica em sua totalidade, a situação das universidades e institutos federais, principalmente nos últimos 6 anos, a partir da EC/2016.

## 2.2 Monitoria Acadêmica

Em âmbito nacional, a monitoria se deu com a criação da Lei Federal nº 5.540, constituída no dia 28 de Novembro de 1968, são estabelecidas, no artigo 41, tanto as normas acadêmicas de como deve ser conduzido o ensino superior, quanto a determinação da monitoria acadêmica. Logo após, o Decreto nº 66.315, criado em 13 de Março de 1970, detalhou as atribuições associadas ao funcionamento da monitoria, podendo destacar os seguintes artigos dele:

**Art. 1º.** As funções de monitor, previstas no artigo 41, e seu parágrafo único, da Lei nº 5.540, de 28 de novembro de 1968, poderão ser exercidas por alunos dos dois últimos anos dos cursos de graduação de estabelecimentos de ensino superior federal, que apresentem rendimento escolar geral comprovadamente satisfatório, que tenham obtido, na disciplina em causa e nas que representem seus pré-requisitos,

os créditos necessários e que, mediante provas de seleção específicas, demonstrem suficiente conhecimento da matéria e capacidade de auxiliar os membros do magistério superior em aulas, pesquisas e outras atividades técnico-didáticas.

Parágrafo único. A condição de repetente incompatibiliza o aluno para o exercício das funções de que trata este artigo.

**Art. 2º.** Os programas de implantação da monitoria serão aplicados primordialmente nas áreas prioritárias da saúde, da tecnologia e da formação de professores de nível médio, cabendo a sua elaboração à Comissão Permanente do Regime de Tempo Integral e Dedicção Exclusiva (COPERTIDE) de cada universidade ou federação de escolas, dentro dos recursos orçamentários próprios e em harmonia com os programas de tempo integral do respectivo corpo docente.

Além dessas normativas, em 20 de Dezembro de 1996, foi constituída a Lei nº 9.394, chamada de Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, na qual diz, no artigo 84, que os graduandos poderão ser alocados para atividades de ensino e pesquisa pelas suas instituições, para exercer a função de monitor conforme seu rendimento e plano de curso. Com isso, o aluno tem um suporte legislativo para exercer a função, assim como a universidade tem um aparato legal para ofertar este tipo de atuação, além de poder padronizar as atividades do programa de monitoria com outras IFES, tendo como resultado a sua expansão.

### 2.2.1 Funcionamento

O aluno monitor opta por exercer sua função em disciplinas que são vistas como matérias que precisam de suporte acadêmico, além do suporte dado pelo docente. Embora seja a Universidade ou Instituição que ofereça este tipo de atividade, é o aluno quem escolhe se irá atuar ou não.

Normalmente, a seleção para este tipo de atividade é feita através de processos seletivos comumente previstos em resoluções e editais das maiorias das IFES que regulamenta os programas de monitoria. Nesses documentos, são firmados aspectos da monitoria como: carga horária (mínima e máxima), número de bolsas ofertadas e perfis dos discentes que poderão ter chances nestas vagas. Além disso, é habitual que cada Instituto ou Faculdade determine quais serão as disciplinas ofertadas tanto para a monitoria com bolsa quanto a sem bolsa — chamada de monitoria voluntária.

### 2.2.2 Importância

Ninguém começa a ser educador numa certa terça-feira às quatro horas da tarde. Ninguém nasce educador ou marcado para ser educador. A gente se faz educador, a gente se forma, como educador, permanentemente, na prática e na reflexão sobre a prática. (Freire et al., 1991).

Os programas de monitoria contribuem para a formação do discente, pois se consolidaram no ensino universitário como um ensejo de oferecer aprendizagem e prática didático-pedagógica, proporcionando ao aluno realizar atividades voltadas à atuação de seu curso. Desse modo, a monitoria pode ser vista como um dos aparatos adequados no aperfeiçoamento do ensino de graduação, através de novas técnicas e experiências pedagógicas com o intuito de consolidar a ligação entre a teoria e a prática, além da colaboração entre discente e docente.

Da mesma forma, monitoria acadêmica tem auxiliado para a construção da autonomia no desenvolvimento e formação do monitor, promovendo a integração entre discente e docente, além de possibilitar um apoio aos graduandos que são favorecidos pelo programa. Ela tem como característica sua flexibilidade no modo de ensino e aprendizagem, cooperando na formação do aluno nas atividades desenvolvidas por um curso de graduação como ensino, pesquisa e extensão. Para [Schneider \(2006\)](#), “O trabalho de monitoria pretende contribuir com o desenvolvimento da competência pedagógica e auxiliar os acadêmicos na apreensão e produção do conhecimento”. Para muitos, a monitoria é o primeiro contato no qual o discente tem com a prática da docência, o que reforça a ideia de ser uma das formas que amplia as experiências na formação acadêmica do aluno.

Em síntese, de acordo com [Assis et al. \(2006\)](#) e [Matoso \(2014\)](#), a monitoria é uma chance para o discente-monitor fortalecer habilidades ligadas à docência, aperfeiçoar conhecimentos na área específica e auxiliar com o processo de ensino-aprendizagem dos discentes monitorados, isto é, a monitoria é benéfica tanto para o monitor quanto para os alunos, já que o monitorado consegue retirar suas dúvidas e ao mesmo tempo o monitor acaba reforçando o seu próprio aprendizado.

### 2.3 Diagrama de Ishikawa

A melhor forma de solucionar um problema é atacando suas origens. O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama espinha-de-peixe (por causa de seu formato) ou diagrama causa-efeito, consiste em um esquema gráfico que auxilia na investigação das verdadeiras causas de um ou mais problemas e assim adotar as correções cruciais. É uma ferramenta que possibilita a identificação e análise das possíveis causas do acontecimento de um fenômeno ou da mudança de um processo, tal como do modo como essas causas interagem entre si ([Williams, 1995](#)).

Para [Falconi \(1989\)](#), ele é um artefato que visa ajudar no aumento da qualidade visual aplicada ao controle e gerência em inúmeros processos. Foi inicialmente apresentado em 1943 por Kaoru Ishikawa, engenheiro químico da Universidade de Tóquio ([Ishikawa, 1995](#)). Kaoru é conhecido como uma das maiores referências mundiais em controle da qualidade ([Falconi, 1989](#)).

A análise de processo é a análise que esclarece a relação entre os fatores de causa no processo e os efeitos como qualidade, custo, produtividade, etc., quando se está engajado no controle de processo. O controle de processo tenta descobrir os fatores de causa que impedem o funcionamento suave dos processos. Ele procura assim a tecnologia que possa efetuar o controle preventivo. Qualidade, custo e produtividade são efeitos ou resultados deste controle de processo. (Ishikawa, 1995).

Segundo Tubino (2000), o objetivo deste artefato é descomplicar processos que são apontados como complexos, dividindo-os em processos menores e que sejam mais simples e assim poder torná-los mais manobráveis, além de, para Slack et al. (2009), ser uma técnica considerada efetiva na busca pelas raízes do problema.

Ela tem uma estrutura composta pela cabeça, sendo ela o problema a ser resolvido (também conhecido como efeito indesejado, ou seja, o efeito a ser superado); as ramificações dispostas em uma seta que apontam para o efeito, conhecidas como escamas na quais representam as origens que influenciam no problema, além de que cada escama pode ter ou não subcausas e consequências do problema em questão. Borrás et al. (2013) citam que ela possui uma distribuição esquelética lógica na qual são abordadas as causas que mais afetam o problema.

De acordo com Williams (1995), a ferramenta identifica as causas de um problema no formato de espinha de peixe, onde suas escamas são classificadas em “4 M’s”: método, mão de obra, materiais e máquinas. Já para Oakland (1994), as causas dos problemas podem ser categorizadas em seis grupos distintos: método; matéria-prima; mão de obra; máquina; meio ambiente e medida. Atualmente, o modelo sugerido por Oakland é o mais utilizado e pode ser observado na Figura 2.

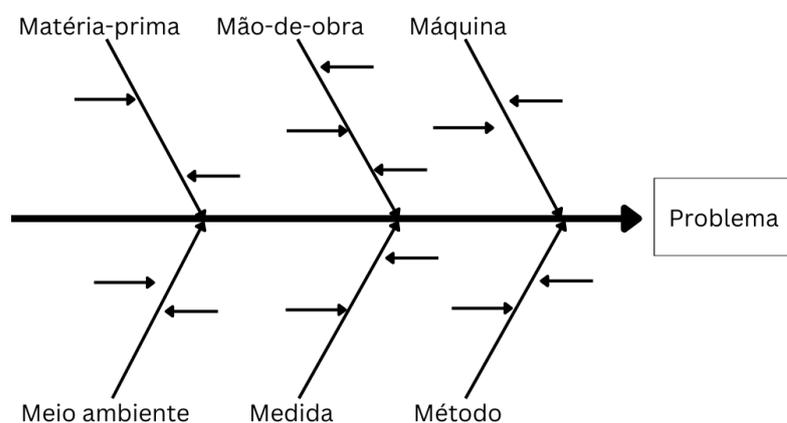


Figura 2: Diagrama de Ishikawa segundo Oakland (1994).

Para Almeida et al. (2017) cada processo traz consigo uma particularidade fazendo com que, em algumas ocorrências, pode ser que não seja necessário utilizar todos os 6 M's.

### **2.3.1 Relação entre o Diagrama e o problema deste trabalho**

Utilizando com 4 M's propostos por Williams (1995), diante do que foi visto sobre o Diagrama e o relacionando com o problema apresentado nesta monografia, é disposto que:

#### **Problema**

O problema avaliado será o mesmo problema central tratado neste trabalho: a má distribuição nas bolsas de monitoria acadêmica.

#### **Máquina (ou Infraestrutura)**

Tendo em vista alguns fatores que influenciam no processo do problema, é possível destacar que, nem sempre o número de bolsas ofertadas suprem a carência como um todo de um Instituto ou Faculdade. Além de que, influências externas, como o cenário político do país, podem ainda mais agravar a situação financeira das IFES acerca dos repasses ofertados para elas para esses tipos de programas. Isso acaba gerando uma alta demanda e procura por bolsas por parte dos Institutos, sobrecarregando a forma como são ofertadas essas bolsas.

#### **Métodos**

Podemos salientar aqui o planejamento na distribuição das bolsas de monitoria, que normalmente são feitas pela Pró-reitoria responsável (PROGRAD) através de cálculos em relação ao valor corrente destinado ao programa e os números fornecidos pelo semestre anterior. Isso, muitas vezes, é feito de forma manual, não tendo nenhum sistema que apoie uma tomada de decisão. Além disso, sabemos que os humanos são suscetíveis a erros. Com isso, pode haver uma avaliação subjetiva acerca do problema, ao invés de uma análise mais objetiva e incisiva.

#### **Mão de obra**

É notório ressaltar que, nem sempre para todos os estudantes-monitor, é possível conciliar as atividades pessoais e acadêmicas com a monitoria. Além disso, as bolsas muitas vezes não têm reajuste, o que faz com que ela não acompanhe os gastos do aluno, o que acaba não compensando para muitos o esforço de deslocamento e tempo para realizar as atividades de monitoria.

Desse modo, quando uma bolsa não é preenchida por um Instituto naquele semestre letivo, normalmente ocorre o remanejamento da mesma seja no período corrente para outro Instituto, o que muitas vezes faz com que o Instituto de origem da bolsa perca a chance de tê-la novamente no próximo semestre.

### Material (ou Matéria-prima)

Apesar dos benefícios citados anteriormente sobre a monitoria acadêmica, entre eles a importância tanto para estudantes-monitor quanto para os alunos que os procuram, nem sempre o programa de monitoria há uma boa divulgação sobre suas vantagens, seja de modo presencial ou até mesmo midiático.

## 2.4 Otimização na computação

A otimização é uma área da ciência que visa descobrir, de um modo sistemático, a melhor solução diante de certo problema e de um modo organizado que considere os cenários limitantes do espaço das soluções possíveis e praticáveis, chamadas de restrições do problema, de acordo com um critério que mensura a qualidade de cada solução, chamada de função-objetivo (Talbi, 2009).

Sendo assim, a tarefa da otimização representa maximizar ou minimizar uma função matemática estabelecida através de variáveis e coeficientes. As primeiras podem estar dependentes a restrições, satisfazendo assim um conjunto de equações definidas por cada instância do problema.

### 2.4.1 Otimização multi-objetivo

Existem vários tipos e técnicas de otimização nos quais visam apontar para uma solução ótima através de uma busca sistemática, no qual o processo é feito de maneira automatizada, provendo a melhor solução para o problema sem precisar que seja buscado todas as possíveis soluções (Talbi, 2009) por meio de tentativa e erro.

Uma das áreas da otimização é a chamada otimização multi-objetivo na qual apresenta uma abordagem de grande poder para a resolução de problemas complexos que envolvem a busca por múltiplos objetivos simultaneamente. Essa técnica consiste quando a tomada de decisões requer a consideração de uma combinação de critérios a serem otimizados. Segundo Coello (2000), a otimização multiobjetivo pode ser descrita como o desafio de encontrar um vetor de variáveis de decisão em que seus elementos representam as funções objetivos.

O Problema de Otimização Multiobjetivo (POM) com  $r$  objetivos é definido da seguinte maneira: considerando um vetor de variáveis com dimensão  $n$ ,  $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  no espaço de busca  $X$ , o objetivo é encontrar um vetor  $x^* \in X$  que minimiza ao mesmo tempo as  $r$  funções objetivo  $f(x^*) = \{f_1(x^*), \dots, f_r(x^*)\}$ . A formulação geral de um POM pode então ser descrita como:

$$\begin{aligned} &\text{minimizar} && f(x) = \{f_1(x), f_2(x), \dots, f_r(x)\} \\ &\text{sujeito a} && x \in X \end{aligned} \tag{2.1}$$

No qual  $f_i : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  e  $i \geq 2$ . Via de regra,  $X$ , é definido por um conjunto de pontos factíveis pertencentes ao espaço dos parâmetros de otimização que contem restrições e limites de especificação para as variáveis de decisão  $x$ .

Quando se trata de problemas de otimização multiobjetivo, é de suma importância compreender o conceito de soluções dominantes e classificar todas as possíveis soluções em soluções dominadas e não dominadas. Seja  $x$  uma solução, ela é dominada caso exista uma solução viável denominada  $y$  que não seja pior que  $x$  em todas as suas coordenadas, isto é, para todos os objetivos  $f_i (i = 1, \dots, k)$  e  $1 \leq i \leq k$ :

$$f_i(x) \leq f_i(y) \quad (2.2)$$

No caso de não haver relação, ou seja, não existe uma solução dominada por qualquer outra solução viável, esta solução é definida como não-dominada ou solução Pareto-ótima. Em outras palavras, uma solução é considerada Pareto-ótima quando qualquer melhoria em um dos objetivos resulta em um detrimento em pelo menos um dos outros objetivos. A coleção de soluções Pareto-ótimas é chamada de conjunto Pareto-ótimo.

### Fronteira de Pareto

Em um problema de otimização multiobjetivo, o objetivo é alcançar esse conjunto Pareto-ótimo, que representa um equilíbrio entre as diferentes metas, sem privilegiar exclusivamente uma delas. Essas soluções dominam o espaço das soluções viáveis e formam a chamada fronteira de Pareto, representando o conjunto de soluções ótimas em que não é possível melhorar um objetivo sem piorar outro.

A seguir, pode ser observada a Figura 3 que consiste numa representação visual da Fronteira do Pareto:

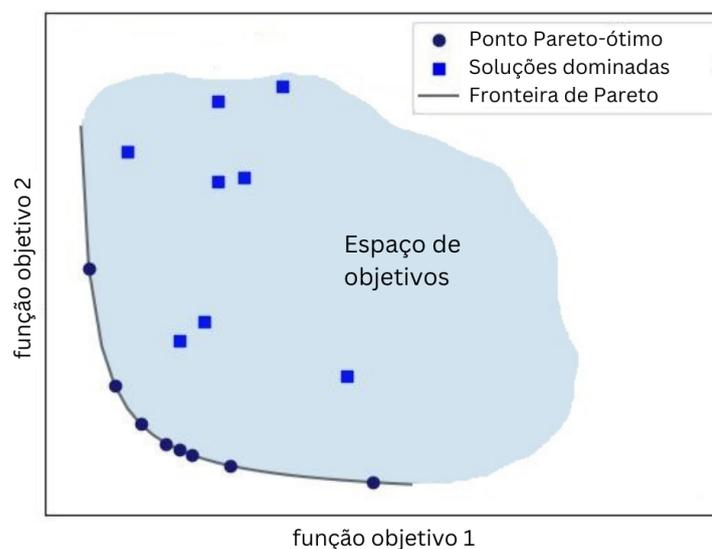


Figura 3: Fronteira de Pareto.

## 2.5 Problema da Mochila

O problema da mochila, ou *Knapsack problem*, faz parte da classe NP-Difícil e é um dos mais estudados em Otimização Combinatória e Programação Discreta (Martello and Toth, 1990). Ele pode ser formulado da seguinte maneira (Pisinger, 1995): seja um conjunto  $C_n = \{1, 2, \dots, j, \dots, n\}$ , onde  $n$  o número de itens para serem inseridos em um mochila que contém a capacidade  $c$ . Cada item  $j$  possui um valor  $p_j$  e um peso  $w_j$ . O objetivo é que a mochila contenha o maior valor possível que não exceda a capacidade  $c$ , ou seja, definir um subconjunto  $S \subseteq C_n$  de modo que a soma dos pesos dos elementos de  $S$  seja a maior possível.

Há numerosas variações do problema da mochila (Martello and Toth, 1990; Goldberg and Luna, 2005). Uma delas é o Problema da Mochila 0/1, onde cada um dos  $n$  itens possui um de dois estados na mochila: presente ou ausente. De maneira formal, essa variação pode ser definida como:

$$\begin{aligned} & \text{maximizar} && \sum_{j=1}^n p_j x_j \\ & \text{sujeito a} && \sum_{j=1}^n w_j x_j \leq c, x_j \in \{0, 1\} \end{aligned} \tag{2.3}$$

Onde  $x_j$  é igual a 1 se o item  $j$  está presente na mochila e 0 caso esteja ausente. É assumido, sem perda de generalidade, que  $\sum_{j=1}^n w_j \geq c$  para desconsiderar soluções triviais e  $w_j \leq c$  certificando que todos os itens cabem na mochila.

### 2.5.1 Algoritmo Guloso

Uma abordagem empregada na resolução de problemas de otimização, incluindo o problema da mochila, é através do uso de algoritmos gulosos (ou gananciosos), nos quais o foco é maximizar ou minimizar uma função objetivo, levando em conta determinadas restrições. Eles selecionam, a cada decisão a ser tomada, a melhor opção naquela iteração com a finalidade de que sua escolha leve ao ótimo local, de acordo com um critério guloso, na esperança de que isso conduza a uma solução ótima (Cormen et al., 2022).

Em uma heurística gulosa, uma solução pode ser determinada pela presença ou ausência de um conjunto finito de elemento  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ , a função objetivo seria  $f : 2^E \rightarrow \mathbb{R}$ , e o espaço de busca caracterizado como  $F \subset 2^E$ . Uma solução parcial  $s$  pode ser interpretada como um subconjunto  $\{e_1, e_2, \dots, e_k\}$  dos elementos  $e_i$  pertencentes ao conjunto de todos os elementos  $E$ . Inicialmente, o conjunto que define a solução está vazio. Em cada etapa, uma heurística local é empregada para escolher o novo elemento a ser incluído no conjunto. Uma vez que um elemento  $e_i$  é escolhido para integrar a solução, ele não é substituído por outro elemento posteriormente. Não há revisão das decisões já tomadas (Talbi, 2009).

No contexto do problema da mochila, o conjunto  $E$  é composto pelo conjunto de objetos a serem colocados na mochila. O conjunto  $F$  abrange todos os subconjuntos de  $E$  que representam soluções viáveis. Uma abordagem heurística local, utilizada para solucionar o problema, envolve a seleção do objeto que minimiza a razão  $w_i/u_i$ , em que  $w_i$  (peso) e  $u_i$  (utilidade) são atributos do objeto  $i$ . Note que essa abordagem não garante que solução seja ótima.

# 3

## Trabalhos Relacionados

Este capítulo tem como finalidade a apresentação de trabalhos relacionados ao tema desta monografia. Vale salientar que o trabalho acadêmico presente é para alocação de recursos, porém o seu escopo é referente à distribuição de bolsas da monitoria, ou seja, um problema de alocação no ambiente acadêmico.

No entanto, após a realização de uma vasta revisão bibliográfica, no contexto em que os autores estão inseridos, não há conhecimento de trabalhos ou publicações que abordassem o tema da alocação de bolsas destinadas exclusivamente aos monitores de disciplinas, tornando ainda mais importante a contribuição desta monografia.

### 3.1 Problemas de alocações no ambiente acadêmico

Ao longo da pesquisa, foram encontrados alguns estudos relacionados que tratam de questões semelhantes e próximas ao tema, porém com abordagens diferentes.

Há um grande número de artigos, anais e dissertações - seja de graduação, mestrado ou doutorado - que visa solucionar o problema da alocação de Salas de Aulas de diversos modos, utilizando, principalmente, alguns algoritmos de otimização ou através de modelos matemáticos.

Um outro volume de trabalho visto na literatura é a escolha mais eficiente de disciplinas que serão lecionadas pelos professores que possuem alguns critérios, seja de quantidade de horas ou dos requisitos dados por eles.

#### 3.1.1 Otimização da Alocação de Salas de Aula: um estudo de caso na Universidade Federal de São Carlos

[Santana et al. \(2022\)](#) resolveram o problema de alocação de Salas de Aula tendo como base a Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) cujo problema é em volta da atribuição de sa-

las cuja as turmas são ofertadas no semestre, levando em consideração alguns fatores como o deslocamento dos docentes e discentes até as salas, a capacidade delas, as condições de acessibilidade, entre outros. Ele teve como proposta de solução um modelo de otimização integrado a uma ferramenta de apoio à tomada de decisão que foi o resultado obtido ao unir o método proposto a uma planilha eletrônica por meio da linguagem VBA e fazer uso do suplemento (Mason, 2012). Foram obtidos resultados que mostraram uma redução no tempo para a solução final quando comparados ao tempo gasto durante o processo manual, além do uso mais eficientes das Salas de Aula.

### **3.1.2 Um estudo sobre o problema de alocação de salas aplicado à UFRSA - Pau dos Ferros**

Holanda (2018) tem como estudo de caso a aplicação de uma solução que resolva o problema do alocamento de disciplinas às Salas de Aulas no campus de Pau dos Ferros da Universidade Federal Rural do Semi-Árado. Por se tratar de um problema de otimização combinatória pertencente à classe NP-Difícil (Even et al., 1976), seu tempo computacional é gasto polinomialmente. Foram observadas e tiveram como foco as técnicas chamadas Simulated Annealing (SA) (Kirkpatrick et al., 1983) e Tabu Search (TS) (Glover, 1977). Foi mostrado, através de Souza et al. (2002), que utilizando uma técnica híbrida que combina SA com TS é significativamente melhor do que aplicar de maneira isolada cada uma dessas técnicas. Como os requisitos apresentados pelos autores citados anteriormente foram bem parecidos com as restrições que foram objeto de estudo do referido trabalho e a técnica híbrida agrega as melhores características de cada meta-heurística que a compõe, é possível afirmar que o melhor método de resolução do problema é aquele envolvendo os melhores aspectos das meta-heurísticas de Simulated Annealing e Tabu Search.

### **3.1.3 Solução do problema de Alocação de Salas utilizando um modelo matemático multi-índice**

Sales et al. (2015) propõem um modelo matemático que resolva o problema de alocação de salas do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), tendo como base os princípios desenvolvidos na Pesquisa Operacional, destacando os de programação linear. A função objetivo na construção desse modelo matemático busca pela minimização do número de assentos vazios na sala que se dá pela razão entre a quantidade máxima da sala e a oferta de vagas da disciplina. O problema do trabalho trata-se de um NP-Difícil dada a complexidade da solução (Even et al., 1976). Foi estruturado um modelo matemático no qual aborda a alocação multi-índice, alocando a disciplina na sala e no horário pré-destinado a ela.

### 3.1.4 Otimização na Alocação de Disciplinas a Professores

Santos (2019) apresentou um trabalho que tem o problema em volta da otimização na alocação de disciplinas a professores (levando em conta o melhor benefício de combiná-los e as restrições impostas por eles) que são ofertadas durante um período letivo no Departamento de Computação. Este problema é na área de otimização combinatória e, sendo um pouco mais generalista, trata-se de um Problema de Atribuição de Tarefas ou Assignment Problem, que consiste em atribuir um conjunto de tarefas a um conjunto de recursos maximizando a compatibilidade entre os mesmos (Cela, 2013). A solução é proposta por um modelo de emparelhamento em grafos no qual a matriz de custo foi usada na implementação do algoritmo Húngaro (Kuhn, 1955). Para validar o experimento realizado, foi comparada a alocação feita manualmente e a gerada pela implementação do algoritmo Húngaro utilizando a linguagem de programação Java. Após a análise dos dois tipos de alocação, foi constatado que o algoritmo implementado no trabalho teve uma qualidade de 14% superior do que a alocação feita de modo manual.

### 3.1.5 O problema de alocação de disciplina e professores usando o método Húngaro

Araujo and Castro (2019) aplicaram o método Húngaro (Kuhn, 1955) na resolução do problema da alocação de disciplinas aos docentes do Curso de Licenciatura em Matemática do Instituto de Engenharia do Araguaia (IEA) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa). O objetivo do trabalho ao utilizar o método Húngaro foi atingido atendendo a demanda do instituto e o contetamento de cada professor.

### 3.1.6 Estudo de Coloração Aplicado ao Problema de Alocação de Horário de Professores

Navarro and Coelho (2016) utilizaram a parte de coloração de Teoria dos Grafos para a designação do horário de professores. Usando a coloração, o resultado chegou próximo ao ideal, mesmo sendo um problema da classe NP-Difícil, já que não existe um modelo que solucione universalmente em um tempo polinomial, fazendo com que seja mais fácil a análise se o resultado está correto ou não (Preis, 2007). A solução sugerida (lembrando que o problema de coloração de grafos é NP-completo) é, dado um grafo  $G$ , atribuir cores aos seus vértices onde os adjacentes possuem cores diferentes. As cores tem como objetivo aplicar as características de forma que trate as restrições com o menor número possível de cores. Ao final do trabalho, houve uma resolução satisfatória através desse método de coloração de grafos.

## 3.2 Resumo entre os trabalhos relacionados e o da presente monografia

Um suma, os trabalhos mencionados tem como objetivo a distribuição de recursos na esfera acadêmica, assim como a monografia presente, porém no contexto de alocação de disciplinas a docente e a divisão das Salas de Aula. Eles citam técnicas que utilizam meta-heurísticas, como Simulated Annealing (Kirkpatrick et al., 1983), Tabu Search (Glover, 1977), Método Húngaro (Kuhn, 1955) e decomposição do problema em subproblemas.

Para o caso desta monografia, como se refere a um problema que não possui tantas restrições e sim alguns critérios, foi escolhido utilizar a otimização através da heurística gananciosa (Cormen et al., 2022), pois este método, mencionado na seção 2.5.1 do capítulo de Fundamentação Teórica, é mais simples de ser implementado e visa, no mínimo, uma solução ótima local.

Desse modo, pode-se observar que os trabalhos correlatados mostram as diferenças entre esta monografia tanto à nível do recurso utilizado quanto das características da problematização. Com isso, ainda que os estudos apresentados contenham informações relevantes sobre a alocação de recursos no meio acadêmico, eles não se referem diretamente a alocação de bolsas para monitores. Sendo assim, a comparação entre eles pode não ser adequada para o estudo deste trabalho.



## Proposta de Solução

Neste capítulo será apresentada a proposta de solução para resolver o problema da distribuição de bolsas de monitoria dentro dos Institutos e Faculdades em uma Universidade Federal. O algoritmo utilizado para chegar ao nosso resultado esperado será apresentado. É importante lembrar que o problema em questão deve ser classificado como um problema relevante e que vale a pena achar uma solução para ele. A otimização na distribuição das bolsas no contexto da monitoria remunerada tem que ser levada a sério, pois implica direta e indiretamente em combater os grandes índices.

Como forma de obter os resultados e respostas acerca da problematização apresentada neste trabalho, foi implementado um programa que, de acordo com a limitação de número de bolsas disponíveis em certo Instituto ou Faculdade, ele realizará um ranqueamento entre a disciplina mais propícia (conforme o resultado apresentado pela saída do algoritmo) ao recebimento de uma daquelas bolsas até a enésima disciplina, segundo os critérios pré-selecionados. Assim, cada disciplina ganhará ou uma ou nenhuma bolsa de monitoria acadêmica.

Para a criação deste algoritmo, também é necessário observar e avaliar os critérios e suas características que serão utilizados dentro dele, visto que esta parte do programa é crucial para o funcionamento e regulação correta do mesmo.

### 4.1 Relevância da Proposta

A proposta de um trabalho acadêmico sobre a distribuição otimizada de bolsas de monitoria acadêmica pode trazer benefícios relevantes, por exemplo, auxiliando na alocação eficiente de bolsas de monitoria para disciplinas nas quais os estudantes realmente necessitam de apoio. Desse modo, essa distribuição aprimorada pode melhorar o desempenho acadêmico dos alunos, reduzir a evasão nas Universidades e assim contribuir também para uma gestão mais eficiente dos recursos financeiros das instituições de ensino.

### 4.1.1 O princípio da equidade

A noção de equidade surgiu na Grécia Antiga, nos registros de Aristóteles. De acordo com o filósofo, a ideia de equidade está amplamente relacionada à ideia de justiça, na qual ele define como:

[...] a qualidade que nos permite dizer que uma pessoa está predisposta a fazer, por sua própria escolha, aquilo que é justo, e, quando se trata de repartir alguma coisa entre si mesma e a outra pessoa, ou entre duas pessoas, está disposta a não dar demais a si mesma e muito pouco à outra pessoa do que é nocivo, e sim dar a cada pessoa o que é proporcionalmente igual, agindo de maneira idêntica em relação a duas outras pessoas. A justiça, por outro lado, está relacionada identicamente com o injusto, que é excesso e falta, contrário à proporcionalidade, do útil ou do nocivo. [...] No ato injusto, ter muito pouco é ser tratado injustamente, e ter demais é agir injustamente (Aristóteles, 2020, p. 101).

Para Hayek (1990), se o objetivo é proporcionar resultados iguais para pessoas diferentes, então é fundamental tratá-las de maneira diferente. Por essa razão, faz-se necessário a aplicabilidade do princípio da equidade ao considerar a distribuição das bolsas de monitoria, com o pretexto de dar mais àqueles que mais precisam, nesse caso, aos discentes que necessitam de uma atenção e ajuda especial, ou seja, haver a divisão de bolsas de uma forma mais justa para atender a eles.

### 4.1.2 Competitividade e interesse

De acordo com a Andifes (2019), cerca de 70% dos discentes das Universidades Federais são de baixa renda, ou seja, a renda familiar mensal per capita é de até 1,5 salário mínimo. Ademais, a remuneração de bolsas para discentes viabiliza que o estudante consiga se permanecer da faculdade. Desse modo, muitos universitários veem na participação de programas acadêmicos remunerados, como é o caso das bolsas de monitoria, uma forma de remuneração que ajuda não só na sua continuidade na universidade como também como uma fonte de renda para auxiliar seus familiares. Tendo como base essa justificativa, ocorre uma maior procura por bolsas, o que gera uma competitividade e interesse nas vagas de monitorias que são do tipo remuneradas.

Além do interesse financeiro, pode ser considerado o atrativo no interesse e despertar para a docência, que para muitos discentes-monitor, este é o primeiro contato e experiência deles. É notório citar também a competitividade por horas extracurriculares, fundamental para a formação acadêmica de muitos cursos, e que o discente consegue enxergar nos programas de monitoria uma forma de adquirí-las.

## 4.2 Contextualização

Foi realizado um levantamento das Universidades acerca de como funciona o Programa de Monitoria a partir do que elas disponibilizam em seus memorandos, editais e websites. Foram realizadas buscas em seus canais oficiais, principalmente em websites e contatos por e-mail, a fim de que fossem encontrados dados sobre como funcionam seus respectivos Programas de Monitoria e, dessa forma, achar em seus documentos quais os principais critérios que são utilizados para a distribuição de bolsas em um Instituto ou Faculdade.

Entre as pesquisadas, aquelas que possuíam informações ou então disponibilizaram por contato os dados necessários para a realização do programa, como critérios e restrições, foram destacadas 10 Universidades Federais, nas quais são duas em cada região do país, são elas: a Universidade Federal de Tocantins (UFT) e a Universidade Federal de Rondônia (UNIR) da região norte; na região Nordeste foram destacadas a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e a Universidade Federal do Recôncavo Baiano (UFRB); a Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT) e a Universidade Federal da Grande Dourados em Mato Grosso do Sul (UFGD) da região Centro-Oeste; a Universidade Federal de Uberlândia em Minas Gerais (UFU) e a Universidade Federal de São Carlos em São Paulo (UFSCar) da região Sudeste; e, por fim, a região Sul que tem como destaque a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul (UFRGS). Por não possuir, de maneira clara, como serão distribuídas as bolsas que as Unidades Acadêmicas são contempladas, deixando assim que cada uma defina seus critérios de distribuição, a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) será o objeto de estudo desta monografia a análise de seus dados serão visto no Capítulo 6.

Abaixo está a Tabela 1 no qual resume quais Universidades foram averiguadas e em qual região do Brasil cada uma pertence.

UNIVERSIDADE	REGIÃO
Universidade Federal de Tocantins (UFT)	Norte
Universidade Federal de Rondônia (UNIR)	Norte
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)	Nordeste
Universidade Federal do Recôncavo Baiano (UFRB)	Nordeste
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)	Centro-Oeste
Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT)	Centro-Oeste
Universidade Federal de Uberlândia (UFU)	Sudeste
Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)	Sudeste
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)	Sul
Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul (UFRGS)	Sul

Tabela 1: Universidades averiguadas e suas regiões.

### 4.2.1 Determinação do conjunto de critérios

Para a construção do modelo de solução, primeiramente precisou-se escolher quais critérios serão considerados para a tomada de decisão. A extração e escolha dos critérios deu-se através das consultas de diversos editais das 10 Universidades que foram citadas anteriormente. O conjunto foi definido como o conjunto  $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_n\}$  no qual cada  $c_i$  representa um dos critérios utilizados pelas Universidades.

De acordo com Pavličić (2000), são normalmente considerados dois grupos de critérios: positivo (também chamado de benefício), onde quanto maior o seu valor, também será maior o seu impacto; e o negativo (ou chamado de custo) que, ao contrário do positivo, quanto menor o valor desse critério, maior a sua utilidade.

Quando os critérios são considerados quantitativos, ou seja, podem ser representados através de alguma medida de unidade (que, no contexto desse trabalho, são os que serão considerados para a implementação da solução), é necessário observar aqueles que são critérios de custo. Nestes casos, eles podem ser representados pelo seu complementar, através da fórmula  $f(x) = 1 - x$ , a fim de expressar o impacto negativo causados pelo aumento destes.

A seguir, são dados os critérios mais citados pelas 10 Instituições Federais de Ensino Superior apresentadas anteriormente e assim considerados mais importantes para compor o conjunto C:

#### **Disciplinas com maiores índices de reprovação (DMIR)**

Muitas das UFES tem como um dos seus principais critérios para conceder a monitoria remunerada para as disciplinas que possuem alto índices de reprovação pelos estudantes.

As IFES que deixam este critério explícito são: UFGD, UFT, UFPE, UFRB, UFSC, UFRGS

#### **Disciplinas com número elevado de alunos (DNEA)**

Um outro critério importante e bastante citado nas resoluções e editais das UFES é a disponibilização de bolsas para aquelas disciplinas que possuem um número elevado de alunos.

As IFES que deixam este critério explícito são: UFGD, UFT, UNIR, UFPE, UFRB, UFU, UFSC, UFRGS

#### **Disciplinas com componentes curriculares teóricos e práticos (DCCP)**

Algumas Universidades deixam claro que disciplinas que são um componente curricular no qual possuem laboratórios e aulas de campo trata-se de um critério bastante importante na hora de analisar quais disciplinas terão prioridades na hora da distribuição de bolsas.

As IFES que deixam este critério explícito são: UFGD, UFMT, UFRGS, UFPE, UFRB, UFSC

### Disciplinas obrigatórias (DOBR)

Assim como os demais, um outro critério bastante citado nas resoluções e editais das IFES e que é dado como importante é quando se trata de uma disciplina que é obrigatória ou não

As IFES que deixam este critério explícito são: UFSCar, UFSC, UFPE

### Disciplinas Iniciais (DINI)

As disciplinas iniciais consistem naquelas ofertadas durante o primeiro ano de formação. Neste caso, será considerado as matérias do 1º e 2º semestres do Instituto ou Faculdade.

Normalmente, essas disciplinas também são pré-requisito para as demais, o que causa a dependência de cursar as mesmas para poder avançar para os próximos períodos da graduação.

As IFES que deixam este critério explícito são: UNIR, UFU, UFSC

Abaixo está a Tabela 2 no qual resume e relaciona quais Universidades mostram quais critérios utilizam ou não.

	DMIR	DNEA	DCCP	DOBR	DINI
UFT	✓	✓			
UNIR		✓			✓
UFRB	✓	✓	✓		
UFPE	✓	✓	✓	✓	
UFMT			✓		
UFGD	✓	✓	✓		
UFU		✓			✓
UFSCAR				✓	
UFSC	✓	✓	✓	✓	✓
UFRGS	✓	✓	✓		

Tabela 2: Resumo entre a relação dos critérios e as IFES citadas.

## 4.3 Metodologia da Proposta

Nesta monografia, é observado que o cerne do problema trata-se de um problema da mochila multiobjetiva, pois há a presença de múltiplos objetivos (critérios) que precisam ser otimizados. Como não há uma única solução ideal devido ao conflito entre objetivos, a ideia é encontrar um conjunto de soluções que formem a Fronteira de Pareto - discutido no tópico 2.4.1 -, onde nenhuma solução pode ser melhorada em um critério sem piorar em outro.

O problema da mochila multiobjetiva pode ser formulado do seguinte modo (Talbi, 2009):

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Max}(f_i(x)) = \sum_{j=1}^m c_j^i x_j, \quad (i = 1, \dots, n) \\ \sum_{j=1}^m w_j x_j \leq w \\ x_j \in \{0, 1\}, \quad j = \{1, \dots, m\} \end{array} \right. \quad (4.1)$$

onde

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{se } j \text{ está na mochila} \\ 0, & \text{caso o contrário} \end{cases} \quad (4.2)$$

$w_j$  representa o peso (volume) do elemento  $j$ , enquanto  $c_j^i$  denota a utilidade do elemento  $j$  de acordo com o critério  $i$ . Isso implica que diferentes valores de  $c_j^i$  estão vinculados à entrada de utilidade do problema, em contraste com um único valor de utilidade na versão monoobjetiva tradicional dos problemas da mochila.

### 4.3.1 Método de Agregação

Em alguns casos, pode ser conveniente ou necessário transformar um problema multiobjetivo em um problema monoobjetivo. Essa conversão pode ocorrer quando se busca encontrar uma única solução que seja ótima em relação a todos os objetivos. Para realizar essa transformação, há diversas técnicas e uma delas é o método de agregação. Este método é um dos primeiros e mais utilizados métodos para a geração de soluções ótimas de Pareto e consiste em combinar as várias funções objetivas  $f_i$  em uma única função objetiva  $f$ , normalmente de maneira linear (Talbi, 2009). A agregação dos objetivos equivale então à soma ponderada dos objetivos, podendo ser definida como:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n w_i f_i(x) \quad (4.3)$$

onde  $w_i$  representa o peso dado para cada objetivo.

### 4.3.2 Ordenação dos critérios por importância

Dada a escolha dos critérios para estabelecer o conjunto  $C$ , é necessário realizar a ordenação dos critérios a fim de atribuir seu grau de importância, que será chamado de  $r_j$ , para, posteriormente, calcular o peso deles.

Inicialmente, é necessário estabelecer qual será o grau máximo de importância ( $r_{max}$ ). Seja  $m$  a quantidade de critérios e o conjunto  $W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_m\}$ , como o trabalho contém 5 critérios, será considerado a seguinte relação:

$$r_{max} = \begin{cases} m, & m > 5 \\ 5, & m \leq 5 \end{cases} \quad (4.4)$$

Para ordenar os critérios e atribuir o seu grau de importância, foram consultados especialistas que auxiliaram na escolha desses números. Ao critério que foi julgado mais importante para os especialistas, foi dado o  $r_{max}$  e ao restante foi atribuído o seu grau de importância de acordo com a ordenação feita anteriormente.

### 4.3.3 Definição dos pesos dos critérios

Depois de ordenar os critérios, o próximo passo, antes de calcular o *score* de cada disciplina, é deixar explícito qual é o peso de cada um dos critérios, de acordo com o seu grau de importância. Para isso, dado que o conjunto  $W$  e seja  $w_j$  o peso de certo critério  $c_j$ , é calculado através da expressão:

$$w_j = \frac{r_j}{\sum_{k=1}^m r_k} \quad (4.5)$$

Neste sentido, a Figura 4 abstrai o conceito matemático aplicado no trabalho. A imagem apresenta na linha GRAU um  $r_j$  que irá depender do grau de importância máximo referente ao  $r_{max}$  e na linha PESO, a representação fracionária da relação do  $r_j$  com o  $r_{total}$ , onde o  $r_{total}$  é o somatório dos graus de importância.

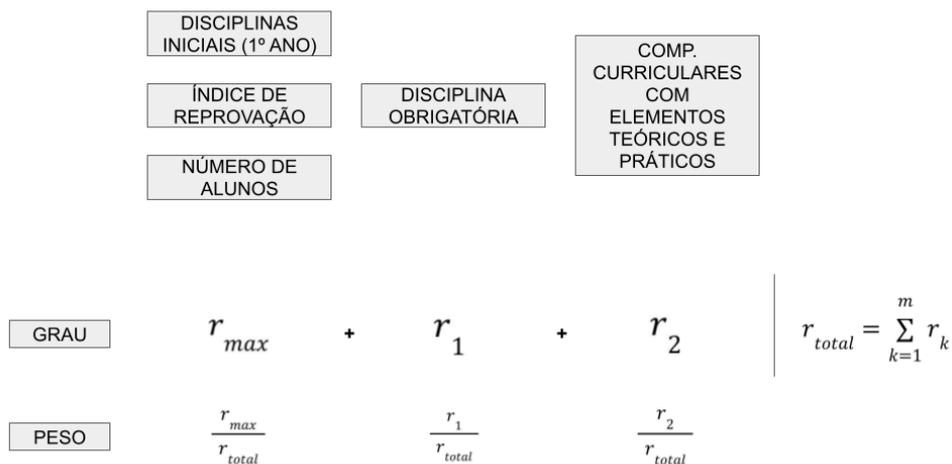


Figura 4: Distribuição dos pesos com base no grau de importância de cada critério.

#### 4.3.4 Normalização dos dados

Antes de prosseguir com o cálculo do *score* da disciplina, os dados precisam ser pré-processados através da normalização, para que eles fiquem na mesma escala. A normalização alterou a escala real dos valores de entrada para um intervalo entre zero e um.

A não normalização dos dados poderia levar a certos erros de interpretação perante ao fenômeno relatado nesta pesquisa, já que o encontro deles pode ser causado ao não reconhecer seu significado relativo considerando o contexto no qual eles estão imersos. Portanto, a necessidade de normalizar os dados faz com que se possa evitar tais erros, além de se ter possibilidade de comparar os valores dentro dos seus respectivos domínios e assim mantê-los em uma mesma ordem de grandeza, o que permite comparar e também agrupar os valores normalizados.

Quando os critérios são considerados quantitativos, ou seja, podem ser representados através de alguma medida de unidade (que, no nosso caso, são os que serão considerados para a implementação da solução), é necessário observar aqueles que são critérios de custo. Nestes casos, eles podem ser representados pelo seu complementar, através da fórmula  $f(x) = 1 - x$ , a fim de expressar o impacto negativo causados pelo aumento destes.

A equação geral (chamada de Normalização Simples), e que também é que será utilizada para a nossa solução, calcula os resultados normalizados da seguinte forma:

$$X_{normalizado} = \frac{X}{X_{max}}, \quad (4.6)$$

Onde:

$X_{normalizado}$  : é a variável normalizada

$X$  : é a variável atual que será normalizada

$X_{max}$  : é o maior valor entre as variáveis

#### 4.3.5 Cálculo do *score* e ranqueamento

Após a preparação dos dados e sua normalização, então é calculado o *score* de cada disciplina com base nos dados normalizados em cada um dos critérios utilizados.

Seja uma determinada disciplina  $D$  quem contém  $n$  critérios, o cálculo do *score* será feito da seguinte forma:

$$D_{score} = \sum_{c=1}^m (w_c \times D_{valor}), \quad (4.7)$$

Onde:

$D_{score}$  : é o *score* disciplina  $D$

$w_c$  : é o peso do critério  $c$

$D_{valor}$  : é o valor (já normalizado) da disciplina  $D$  referente ao critério  $c$

Depois de calculado o *score* de todas as disciplinas, o próximo passo será ordená-las, na qual a disciplina mais propensa a receber bolsa será aquela que contém o maior *score* da lista de disciplinas e a menos propensa, será aquela que tem o *score* mais baixo.

Pode-se observar que a fórmula do cálculo utilizado para definir o *score* é equivalente à equação 4.3 do método de agregação.

## 4.4 Implementação do programa

A implementação do programa desta monografia foi feita utilizando o algoritmo guloso<sup>1</sup>. Frisando que o problema da mochila multiobjetiva acaba virando um problema polinomial, essa foi uma das principais razões de ser utilizado o algoritmo guloso. Ele é bem mais simples de ser implementado e bem mais barato em termos de tempo e memória (Souza and Rafael, 2014).

### 4.4.1 Escolha da linguagem de programação utilizada

Como o foco desse trabalho é uma distribuição mais justa e otimizada, fez-se necessário escolher entre a gama de linguagens de programação existentes, uma na qual tivesse como objetivo a realização de tarefas que demandam performance e possuem certa complexidade. Por esse motivo, a linguagem C++ foi escolhida para a implementação do programa, sendo uma das mais utilizadas atualmente e que possui diversas funções já implementadas em suas bibliotecas, o que otimiza o tempo de escrita do código.

### 4.4.2 Hospedagem do programa e tutorial de uso

O algoritmo implementado pode ser encontrado na internet no GitHub do perfil *karenngomes* através do repositório público intitulado “*otimizacao-vagas-monitoria*”<sup>2</sup>.

Foram também desenvolvidos manuais de uso das funções implementadas, informando as suas funcionalidades, parâmetros de entrada e o resultado final computado. Todas essas descrições se encontram apresentados no apêndice A deste trabalho.

<sup>1</sup>No tópico 2.5.1 foi explicado o algoritmo guloso e sua adaptação para o problema da mochila.

<sup>2</sup>O repositório pode ser acessado através da URL <https://github.com/karenngomes/otimizacao-vagas-monitoria>.

## 4.5 Análise de complexidade do algoritmo

Com toda a nossa base matemática para a solução feita e o código implementado, a próxima etapa é analisar a complexidade que o *software* terá e ver se é viável executá-lo.

A análise de um algoritmo é importante pois ela visa melhorar, se possível, seu desempenho e escolher o melhor dentre os algoritmos disponíveis. Segundo [Veloso and Toscani \(2001\)](#), há diversos critérios de avaliação de um algoritmo, como: quantidade de memória necessário, quantidade de trabalho requerido, simplicidade e exatidão de resposta.

A análise da complexidade de um algoritmo é utilizada para verificar quanto ele consome de tempo e memória ao executar uma tarefa de acordo com o tamanho da sua entrada.

Para a medição da complexidade, será utilizada a Notação Big O, que se trata de analisar o comportamento assintótico de uma determinada função na qual o comportamento de crescimento nunca será ultrapassado pelo limite superior dado na função, ou seja os piores casos.

Como será avaliado a complexidade nos piores casos, é mais conveniente desenvolver uma análise que abstraia detalhes sem importância, para que seja portátil e durável quando o código for transferido para alguma linguagem de programação. Uma das abstrações consideradas é ignorar constantes multiplicativas.

A fim de simplificar a análise, deverá ser considerado que as ordenações têm complexidade de  $O(n \cdot \log n)$ <sup>1</sup>.

Seja  $n$  o número de disciplinas e  $m$  o número de critérios. O algoritmo proposto será dividido em 4 partes, sendo uma delas não obrigatória:

### 4.5.1 Leitura dos dados dos $m$ critérios

Nesta etapa, os critérios serão lidos de um arquivo que contém os dados de cada um deles, nos quais possuem as seguintes propriedades: nome do critério (*name*) do tipo texto; peso do critério (*weight*) do tipo inteiro; e se trata-se de um critério de benefício (positivo) ou de custo (negativo) do tipo booleano chamado de *isNegative*.

Para facilitar alguns cálculos posteriores, após a leitura de todos os critérios e seus respectivos dados, eles serão ordenados de maneira crescente de acordo com o seu *weight*.

Como se trata de uma leitura de  $m$ , a complexidade da primeira parte do código será de  $O(m)$ .

### 4.5.2 Leitura dos dados das $n$ disciplinas

Em seguida, será feita a leitura das disciplinas e seus respectivos dados, possuindo as propriedades: código da disciplina (*code*) que será do tipo texto e no qual cada uma delas terá um

---

<sup>1</sup>Como será mostrado no tópico 4.4.1, a linguagem utilizada será o C++, que possui uma função chamada *sort()* e apresenta a mesma complexidade mencionada.

valor único; a pontuação (*score*) que servirá como base para o cálculo do *ranking* de distribuição de bolsas e será do tipo inteiro; os valores (*values*) de um tipo de lista que seja chave-valor (*key-value*), onde a *key* será referente ao nome do critério e o *value* será o valor daquele critério naquela disciplina.

Como se trata de uma leitura de  $n$ , a complexidade desta parte do código será de  $O(n)$ .

### 4.5.3 Pontuação das disciplinas

Tendo em vista que já se dispõe tanto os dados dos critérios quanto das disciplinas, serão percorridos todos os critérios e para cada critério percorrido, esta parte terá algumas subetapas:

1ª subetapa — ordenação dos dados: serão ordenados as disciplinas de acordo com o critério corrente.

2ª subetapa — normalização dos dados: serão normalizados todos os valores de todas as disciplinas para o critério que está sendo percorrido no momento.

3ª subetapa — cálculo do *score*: serão percorridas todas as disciplinas e feita a pontuação parcial da disciplina de acordo com o peso do critério corrente e o valor da disciplina atual do critério em questão.

### 4.5.4 Tratamento em casos de empate

Neste passo, ele só será executado quando o número de disciplinas for maior que o número de bolsas e o *score* da disciplina na  $n$ -ésima posição (que será chamada de  $d1$ ) for o tiver o mesmo valor que o *score* da disciplinas que está na  $n$ -ésima primeira posição (que será chamada de  $d2$ ). O algoritmo só fará alguma alteração no ranking inicial caso  $d2$  tenha um valor maior que  $d1$  de acordo com o critério  $c1$ , fazendo com que  $d2$  assuma a posição  $n$ -ésima e  $d1$  a  $n$ -ésima primeira.

Como, no pior dos casos, ou  $d1$  ou  $d2$  podem estar na penúltima ou última posição no ranking de disciplinas de  $c1$ , o algoritmo irá rodar até  $m - 1$ , ou seja, a complexidade desta parte do código será de  $O(m)$ .

De uma maneira geral, dado que  $m < n$ , também que  $O(m) \leq O(n) \leq O(n \cdot \log n)$  e já que  $m$  pode ser maior ou não que  $\log n$ , logo pode-se dizer que a complexidade total do algoritmo é de  $O(n \cdot \log n + m \cdot n)$ . Diante disto, pode ser observado que o algoritmo continua sendo computacionalmente viável.

# 5

## Metodologia

Conforme foi detalhado na Seção 4.2 da capítulo da Proposta de Solução, foram consultados editais, e neles houveram a extração dos critérios mais utilizados pelas 10 Universidades Federais citadas no Capítulo 4. Logo após, foi pedido a avaliação desses critérios por especialistas — docentes direta ou indiretamente envolvidos com a monitoria acadêmica —, a fim de auxiliar na escolha dos pesos desses critérios que foram utilizados durante a implementação do algoritmo.

A metodologia adotada na pesquisa desenvolvida nesta monografia consistiu na montagem de um questionário qualitativo para coletar os dados com o objetivo de calibrar os pesos dos critérios do algoritmo e assim ver a validade e confiabilidade do programa implementado. De acordo com [Vieira and Tibola \(2005\)](#), na pesquisa qualitativa o pesquisador está á procura do levantamento de opiniões, crenças e significado das coisas nas palavras dos participantes da pesquisa, assegurando a neutralidade.

O questionário aplicado contou em sua maioria perguntas de múltipla escolha e será utilizado escala para medir as opiniões do público-alvo. Existem vários tipo de escala e a que usaremos será a escala de Likert. Para [Silveira et al. \(2010\)](#), a escala Likert é usada em questionários para analisar a opinião do entrevistado de acordo com o nível de concordância ou não com a afirmação predefinida, sendo essa uma das principais vantagens desta escala devido sua simplicidade de manuseio.

São frequentemente utilizados cinco níveis, nos quais cada um tem uma pontuação associada a ele, variando de discordância total até a concordância total. Na utilização de pontuações de 1 a 5, os níveis com valor menor que 3 são considerados discordantes, aqueles com valor maior que 3 são considerados concordantes e o nível com valor associado igual a 3 consiste no item neutro, no qual o entrevistado é indiferente em concordar ou não com a afirmativa.

## 5.1 Delimitação da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no período de novembro a dezembro de 2022. O questionário foi confeccionado por meio da ferramenta para formulário do *Google*, o *Google Forms*, devido sua facilidade no manuseio tanto de quem cria o formulário quanto do participante. Além disso, é possível através da ferramenta, gerar automaticamente planilha com os dados coletados, simplificando a análise dos dados posteriormente, incluindo a criação de gráficos e geração de tabelas. Após a criação do formulário, foi compartilhado e divulgado entre os docentes que estão direta ou indiretamente envolvidos na monitoria acadêmica de diversos cursos da Universidade Federal de Alagoas.

## 5.2 Instrumentos de coleta de dados

Com o intuito de conseguir assegurar indicadores de confiabilidade com as metodologias estabelecidas, é necessário o planejamento do método de coleta de dados em uma pesquisa, e para isso ocorrer, é fundamental selecionar instrumentos de medidas adequados e precisos (Alexandre and Coluci, 2011). A validação de um instrumento ocorre quando sua criação e aplicação proporciona a fiel mensuração do que se pretende mensurar, em outras palavras, se os requisitos para medir os fenômenos a serem examinados realmente são analisados de forma efetivo pelo conteúdo de um instrumento (Aparecido and Matsuda, 2012).

De acordo com de Melo and dos Santos Bianchi (2015), a criação e a contextualização de instrumentos de coletas de dados, que é o caso de questionários qualitativos, são essenciais para a validação e organização de uma pesquisa científica. Segundo Gil (2008), as pesquisas qualitativas que utilizam como método científico a coleta de dados através de questionários, tem como intuito alcançar informações acerca de determinado assunto, problema ou percepção dos envolvidos, nos quais estes instrumentos de pesquisa são largamente aplicados no meio científico e acadêmico.

Durante a fase de avaliação inicial por especialistas, os participantes devem ser técnicos ou docentes que estejam direta ou indiretamente ligados à monitoria acadêmica do seu Instituto ou Faculdade. Isso é necessário pois normalmente são eles que solicitam monitores às disciplinas lecionadas ou estão em contato direto ou indiretamente com discentes que apresentam dúvidas e requerem algum auxílio com o conteúdo de alguma matéria.

A validação foi realizada através de um questionário prévio para que os especialistas opinassem e associassem a cada critério um grau de importância do mesmo. Isto foi fundamental para obter respaldos na definição de quais critérios utilizar na implementação do algoritmo e também quais pesos associar a cada um.

### **5.2.1 Questionário de avaliação de critérios de disciplinas**

Com o intuito de ajustar o código do algoritmo desenvolvido, foi projetado um questionário qualitativo para a coleta de opinião qualificada pelo público-alvo. A pesquisa de opinião intitulada: “Os critérios mais propensos a serem usados durante a distribuição de bolsas de disciplinas para a monitoria acadêmica” possui 21 questões no total e consistiu em 6 seções, sendo elas:

#### **1ª Seção — Título e apresentação**

Informações gerais da pesquisa, como seu principal propósito e o que se pretende fazer com os resultados obtidos através dela. Também foi coletado o e-mail do entrevistado.

#### **2ª Seção — Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Informações da pesquisa com relação à participação do entrevistado, reforçando que se trata de uma participação voluntária e que ele é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a sua participação na pesquisa a qualquer momento, sem que isso lhe traga qualquer penalidade, prejuízos ou perda de benefícios. Foi enfatizada a importância desta pesquisa que se dá pela necessidade de obter dados dos critérios, saber seus graus de importância e assim determinar seus pesos que ajudarão o algoritmo a compor um ranking das disciplinas que são mais propensas a receber uma bolsa de monitoria acadêmica em um determinado período.

#### **3ª Seção — Dados sócio-econômicos**

Esta seção tem 6 perguntas qualitativas abertas voltadas às características acadêmicas do participante com o foco em conhecê-lo, saber o nome de qual Instituição Ensino Superior que faz parte atualmente e se ela é pública ou privada. Também informar o Instituto ou Faculdade na qual ele pertence, qual o seu vínculo com a monitoria e há quanto tempo está nesta função. Todas estas perguntas são do tipo obrigatório.

#### **4ª Seção — Grau de importância dos critérios**

No questionário, foi verificado na seção qual a importância de cada critério, a fim de, posteriormente, calcular o peso dos critérios. Foi feita a observação para o participante que o peso é utilizado para que os valores dos critérios das disciplinas com diferentes graus de importância sejam ajustados aos seus desempenhos quando forem usados em algum cálculo que reúna um ou mais critérios. Desse modo, uma disciplina que tenha um valor alto de um critério com um peso menor não leva vantagem sobre uma outra disciplina que apresentou um valor mediano em um critério que tem peso maior.

Cada pergunta fez referência aos seis critérios pré-selecionados e comentados individualmente na Seção 4.2.1 do capítulo anterior, sendo eles: Índice de reprovação, Número de alunos, Componentes curriculares com elementos teóricos e práticos, Disciplina obrigatória e Disciplinas Iniciais. Cada coluna da pergunta foi associado a uma numeração de 1 a 5, sendo:

- 1 : Sem importância
- 2 : Pouco importante
- 3 : Razoavelmente importante
- 4 : Importante
- 5 : Muito importante

### **5ª Seção — Sugestão de inclusão ou exclusão de critérios**

Após as perguntas sobre os graus de importância, a questão 18 perguntou se o participante considerava importante relevante adicionar de um ou mais critérios. Se sim, foi pedido para citar qual seria o grau de importância de cada um e também, se possível, seu peso e uma justificativa para a escolha do peso. Já a pergunta 19, caracterizou-se em informar se, para o participante, seria importante a remoção de algum dos 5 critérios para não ser considerado na implementação do algoritmo. Em caso de afirmação, foi pedido uma justificativa. Ambas as questões foram do tipo texto longo.

### **6ª Seção — Dificuldades encontradas durante a distribuição de bolsas para as disciplinas e sugestões de melhorias**

Por fim, esta seção apresenta as últimas duas questões da pesquisa, na qual a primeira pergunta questiona de maneira obrigatória quais as dificuldades enfrentadas na distribuição das bolsas para as disciplinas, retornando ao problema inicial desta monografia e a segunda é de caráter livre e não obrigatório caso o participante deseje deixar alguma observação ou sugestão que possa ser utilizada na escolha dos critérios e seus pesos ou até mesmo do algoritmo em si.

Em síntese, a Tabela 3 mostra as questões aplicadas no questionário. As questões de item não obrigatório referente aos pesos não foram consideradas para a análise, pois, por ser opcional, nem todos responderam.

Nº DA QUESTÃO	QUESTÃO	OBRIGATORIEDADE
1	<i>Nome da Instituição de Ensino Superior que faz parte atualmente?</i>	SIM
2	<i>Instituição pertencente a qual rede?</i>	SIM
3	<i>Nome da Instituto ou Faculdade que faz parte atualmente?</i>	SIM
4	<i>Qual o seu cargo/vínculo com a monitoria acadêmica?</i>	SIM
5	<i>Caso tenha escolhido a opção Outro, informe o mesmo</i>	SIM
6	<i>Quanto tempo faz parte desse cargo?</i>	SIM
7	<i>Qual a importância de utilizar os critérios?</i>	SIM
8	<i>De 0 a 10, o quanto você daria de peso para o critério "Número de Alunos"?</i>	NÃO
9	<i>SOBRE O CRITÉRIO "Número de Alunos": Caso tenha colocado um valor para peso, se possível justifique a escolha.</i>	NÃO
10	<i>De 0 a 10, o quanto você daria de peso para o critério "Índice de Reprovação"?</i>	NÃO
11	<i>SOBRE O CRITÉRIO "Índice de Reprovação": Caso tenha colocado um valor para peso, se possível justifique a escolha.</i>	NÃO
12	<i>De 0 a 10, o quanto você daria de peso para o critério "Comp. curriculares com elementos teóricos e práticos"?</i>	NÃO
13	<i>SOBRE O CRITÉRIO "Comp. curriculares com elementos teóricos e práticos": Caso tenha colocado um valor para peso, se possível justifique a escolha.</i>	NÃO
14	<i>De 0 a 10, o quanto você daria de peso para o critério "Disciplina Obrigatória"?</i>	NÃO
15	<i>SOBRE O CRITÉRIO "Disciplina Obrigatória": Caso tenha colocado um valor para peso, se possível justifique a escolha.</i>	NÃO
16	<i>De 0 a 10, o quanto você daria de peso para o critério "Disciplinas Iniciais (1º ano)"?</i>	NÃO
17	<i>SOBRE O CRITÉRIO "Disciplinas Iniciais (1º ano)": Caso tenha colocado um valor para peso, se possível justifique a escolha.</i>	NÃO
18	<i>Deseja citar algum outro critério que julgue importante a sua ADIÇÃO na lista citada de critérios e que poderia ser considerado? Se sim, citar qual seria o grau de importância dele, também se possível seu peso e uma justificativa para a escolha do peso.</i>	NÃO
19	<i>Deseja citar algum critério que julgue importante a sua REMOÇÃO na lista citada de critérios? Se sim, justifique?</i>	NÃO
20	<i>Quais as dificuldades enfrentadas na distribuição das bolsas para as disciplinas?</i>	NÃO
21	<i>Deseja deixar alguma observação ou sugestão que possa ser utilizada na escolha dos critérios e seus pesos ou até mesmo do algoritmo em si?</i>	NÃO

Tabela 3: Questões inseridas no questionário.

# 6

## Resultados e Discussões

Para que a ferramenta proposta seja aplicada na resolução do problema apresentado nesta monografia. Portanto, a discussão acerca da qualidade dos dados retornados foi feita de modo que um dos objetivos consistiu em validar e calibrar os pesos utilizados no algoritmo juntamente com participantes que estão direta ou indiretamente ligados à monitoria acadêmica.

### 6.1 Contexto

Como foi apresentado no capítulo anterior, foi divulgado um questionário qualitativo durante a última semana de Novembro e a primeira de Dezembro do ano de 2022 que teve como propósito coletar as percepções e sugestões dos participantes quanto aos possíveis critérios que podem ser utilizados durante a escolha das disciplinas de um Instituto e/ou Faculdade que estão mais aptas a receber uma bolsa de monitoria acadêmica. Foram analisados os dados da pesquisa para melhor compreender a assimilação de especialistas na área de monitoria sobre os critérios avaliados e assim, posteriormente, ajudar no processo de desenvolvimento do algoritmo ajustando e regulando os pesos dos critérios.

A pesquisa não se delimitou a uma Instituição, porém, mesmo deixando livre para especialistas de qualquer IFES, todas as respostas obtidas vieram da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Desse modo, o objeto do presente estudo delimitou-se à UFAL. De acordo com os dados no website oficial da UFAL, a instituição federal de ensino superior possui atualmente quatro campi: Campus A.C. Simões, em Maceió, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, situado em Rio Largo, e outros dois campi no interior do Estado: Campus Arapiraca e suas unidades em Viçosa, Penedo e Palmeira dos Índios e Campus do Sertão, com sede em Delmiro Gouveia, e unidade em Santana do Ipanema. Na última atualização com relação ao quadro de pessoal, a UFAL tem cerca de 1.600 servidores técnico-administrativos e 1.394 docentes, dos quais 690 são doutores.

## 6.2 Questionário

Para esse trabalho, ao total foram coletadas 10 respostas. Entre as pessoas entrevistadas, 4 são do Instituto de Computação (IC) — no qual um dos participantes é técnico-administrativo —, 1 é docente da Faculdade de Odontologia (FOUFAL), 1 é docente do Centro de Tecnologia (CTEC), 1 é docente do Instituto de Matemática (IM), 1 é docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), 1 é docente do Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente (IGDEMA) e 1 é discente com bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC).

Dos docentes participantes, 4 assinalaram a opção coordenador de monitoria e os demais (3) responderam que são professores que geralmente não lecionam disciplinas com bolsa de monitoria. Em relação ao tempo de experiência dos coordenadores de monitoria, o participante mais novo no cargo está há 1 ano enquanto o mais velho está há 6 anos.

Os critérios debatidos no questionário foram aqueles mais citados pelas 10 Universidades apresentadas no capítulo de Proposta de Solução, são eles: Número de Alunos, Índice de Reprovação, Componentes curriculares com elementos teóricos e práticos, Disciplina Obrigatória, Disciplinas Iniciais (1º ano) e Pré-requisito<sup>1</sup>.

No questionário, na seção 4 — Grau de importância dos critérios, a Figura 5(a) mostra os valores que os participantes dedicaram a cada um dos critérios: Número de Alunos; Índice de Reprovação e Componentes curriculares com elementos teóricos e práticos, e no gráfico gráfico, avaliados de 1 a 5. A Figura 5(b) apresentam o grau de importância dos critérios Disciplina Obrigatória, Disciplinas Iniciais (1º ano) e Pré-requisito, o quanto eles achavam relevantes o critério em questão. Para melhor visualização, o gráfico foi dividido em duas figuras.

Não houveram respostas acerca da questão número 19 (*Deseja citar algum outro critério que julgue importante a sua REMOÇÃO na lista citada de critérios e que poderia ser considerado?*) e a questão número 18 (*Deseja citar algum outro critério que julgue importante a sua ADIÇÃO na lista citada de critérios e que poderia ser considerado?*) só obteve uma resposta que seria a adição do critério *Número de desistentes (período anterior)*.

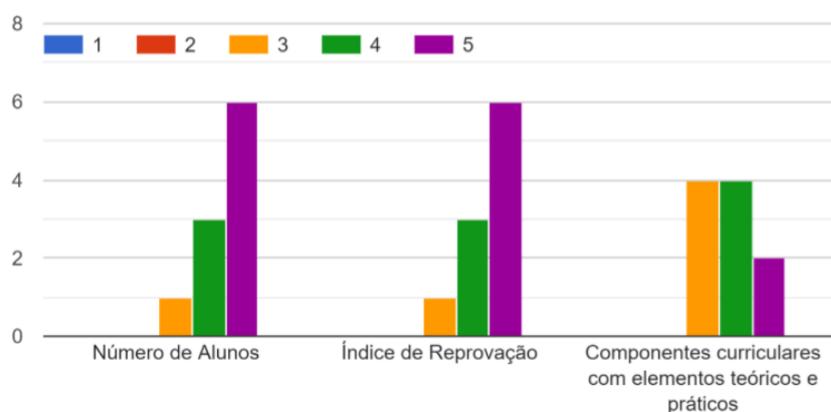
## 6.3 Análise

A partir dos dados, 60% dos participantes opinaram que os critérios: Número de Alunos e Índice de Reprovação, têm grau de importância máximo, e que o critério Disciplinas Iniciais (1º ano) foi dado por cerca de 70% dos entrevistados. Com base nesses fatos, é observado uma similaridade entre os critérios aplicados pelas 10 Universidades estudadas e os dados coletados do questionário.

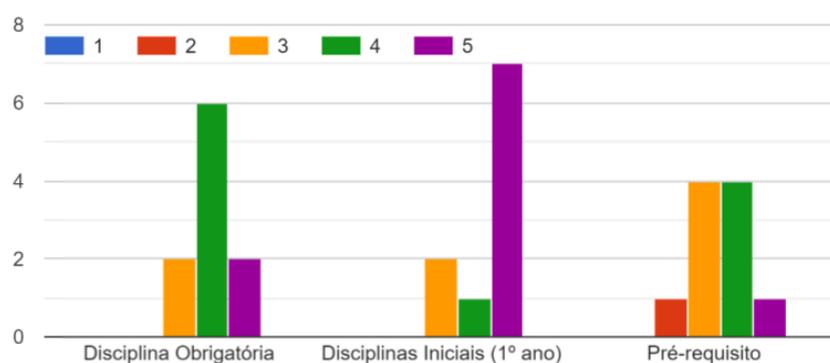
---

<sup>1</sup> Mesmo este não estando presente nos critérios mais comentados pelas IFES pesquisadas, ele foi citado em discussões presenciais com especialistas de coordenadorias de monitoria. Porém, no algoritmo, ele não foi implementado ou questionado seu peso, apenas esteve presente na pergunta sobre seu grau de importância.

## 7. Qual a importância de utilizar os critérios?



(a)



(b)

Figura 5: Gráfico com o grau de importância.

Após a coleta dos valores de grau de importância, foi então calculado a média a partir deles, que pode ser verificado na Tabela 4 apresenta a associação, em ordem crescente, dos critérios com a média do seu grau de importância obtida a partir dos resultados do trabalho.

CRITÉRIO	GRAU DE IMPORTÂNCIA (média)
Índice de Reprovação	4,5
Disciplinas Iniciais (1º ano)	4,5
Número de Alunos	4,5
Disciplina Obrigatória	4
Comp. curriculares com elementos teóricos e práticos	3,8

Tabela 4: Média do grau de importância.

Dessa forma, como proposto na Seção 4.3.2 sobre a necessidade de estabelecer o grau máximo de importância ( $r_{max}$ ) e, como está sendo considerado cinco critérios, terá a Equação 4.5 e com  $r_{max} = 5$ . Portanto, será ordenado os critérios, além de ser atribuído pelo grau de importância dos mesmos, e posteriormente, calculado o peso de cada um, como demonstrado na Figura

6. É possível observar que os critérios mencionados anteriormente — Número de Alunos, Índice de Reprovação e Disciplinas Iniciais (1º ano) — possuem a maior média (4,5) dando a eles o grau máximo de importância.

	DISCIPLINAS INICIAIS (1º ANO)	ÍNDICE DE REPROVAÇÃO	NÚMERO DE ALUNOS	DISCIPLINA OBRIGATÓRIA	COMP. CURRICULARES COM ELEMENTOS TEÓRICOS E PRÁTICOS	TOTAL
GRAU	5	5	5	4	3	5+5+5+4+3 = 22
PESO	$\frac{5}{22} = 0.2272727$	$\frac{5}{22} = 0.2272727$	$\frac{5}{22} = 0.2272727$	$\frac{4}{22} = 0.18181818$	$\frac{3}{22} = 0.13636363$	

Figura 6: Distribuição dos pesos com base no grau de importância de cada critério.

## 6.4 Discussão

Desse modo, com base nos resultados obtidos da pesquisa e calibrando os pesos dos critérios no algoritmo, conforme a proposta e metodologia apresentadas no capítulo 4, a associação dos valores dos critérios e seus pesos estão presentes na Tabela 5.

CRITÉRIO	PESO
Índice de Reprovação	0.2272727
Disciplinas Iniciais (1º ano)	0.2272727
Número de Alunos	0.2272727
Disciplina Obrigatória	0.18181818
Comp. curriculares com elementos teóricos e práticos	0.13636363

Tabela 5: Associação dos critérios com seus pesos gerados a partir dos resultados do trabalho.

A partir das médias calculadas dos pesos, pode ser executado em cenários fictícios como forma de testar o algoritmo para assim aplicar um bom filtro de equidade na relação da distribuição das bolsas de monitoria acadêmica, o que não foi aplicado no presente momento por falta de dados das disciplinas, em que foi solicitado porém não obteve retorno.

Como todos os participantes deixaram em branco a questão não obrigatória número 19 (*Deseja citar algum outro critério que julgue importante a sua REMOÇÃO na lista citada de critérios e que poderia ser considerado?*) e apenas uma resposta para questão 18 (*Deseja citar algum outro critério que julgue importante a sua ADIÇÃO na lista citada de critérios e que*

*poderia ser considerado?*), pode-se afirmar que lista de critérios listados satisfaz quase unanime os entrevistados e que a alteração dela seria com a adição de um critério.

Com a realização desta pesquisa, foi possível confirmar o importante papel da monitoria para o desenvolvimento pedagógico dos alunos, ainda que, a busca pelas atividades por parte discente seja escassa. A monitoria acadêmica é um instrumento fundamental no auxílio discente, pois visa à melhora do desempenho acadêmico a fim de reduzir as dificuldades encontradas pelos alunos no decorrer da disciplina e, conseqüentemente os índices de reprovação.

# 7

## Conclusão

Como já citado na discussão, os objetivos foram alcançados parcialmente, pois não houve dados suficientes para provar o algoritmo. Desta maneira, a partir dos critérios aplicados e pesos, as IFES podem então utilizar o algoritmo para realizar a distribuição de bolsas em seus Institutos e Faculdades. De formar a minimizar o viés de distribuição, tornando a distribuição mais igualitário.

Este trabalho ainda traz a relevância da criação de uma lei que regule os critérios na seleção de quais disciplinas irão receber bolsa ou não. Caso não seja realizada esta regulamentação, fica como sugestão a composição de um plano de monitoria genérico que contenham esses critérios neste trabalho.

A contribuição justificada desta monografia está na criação de uma ferramenta para a implementação de um programa que, com base em critérios e seus pesos pré-estabelecidos, facilite a distribuição de bolsas de monitoria acadêmica de um determinado Instituto ou Faculdade. Para isso, foi necessário avaliar os critérios utilizados e calibrar os pesos desses critérios, a fim de uma melhor análise acerca do algoritmo implementado.

Por questões de tempo — os elementos foram analisados com base nos dados recolhidos durante a primeira quinzena do mês de Dezembro de 2022 —, esta monografia não conseguiu alcançar um dos objetivos que era o de analisar com base nos dados tangíveis a eficácia do programa em si utilizando dados reais. Outro problema encontrado no trabalho foi que muitas universidades foram procuradas acerca dos dados referentes à monitoria acadêmica, na qual algumas não tiveram êxito no levantamento desses dados, de maneira pública — como número de bolsas de monitoria disponíveis nos últimos 5 anos e os critérios utilizados para a seleção das disciplinas —, ocasionando uma dificuldade na pesquisa para que ela estivesse o mais completa possível.

## 7.1 Trabalhos Futuros

A importância e relevância do tema também podem ser observadas nas possíveis continuações em consequência desta monografia. Como trabalhos futuros, pretende-se testar o programa com a solução gulosa inserindo-o em cenários tangíveis, avaliando se, de fato, o algoritmo cumpre um nível de excelência dentro do estipulado, no caso, analisando dados reais e comparando o resultado do algoritmo com as distribuições de bolsas remuneradas já feitas anteriormente.

Além disso, pode ser considerado, nos trabalhos futuros, o uso de mais critérios, a fim de calibrar melhor o programa feito nesta monografia. Também, pode-se usar esse mesmo pretexto para utilizar e avaliar o algoritmo com outros pesos associados aos critérios.

Além disso, como foi utilizada normalização simples durante a implementação da proposta de solução, nossa intenção também é trabalhar com outras normalizações, como, por exemplo, a normalização MinMax, que consiste em uma transformação linear realizadas nos primeiros dados, substituindo os valores mínimos e máximos de acordo com uma fórmula definida por essa normalização (Patro and Sahu, 2015).

Por fim, a construção de uma interface gráfica pode ser levada em conta, com o intuito de melhorar a usabilidade do programa para o usuário.

## Referências bibliográficas

- Alexandre, N. M. C. and Coluci, M. Z. O. (2011). Validade de conteúdo nos processos de construção e adaptação de instrumentos de medidas. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16:3061–3068.
- Almeida, C. A., Vilela, D. J. B., Silva, J. M., Ribeiro, R. B., et al. (2017). Aplicação de ferramentas de gestão de estoque em uma empresa de comunicação visual. *Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia*, 1(2):29–46.
- Amaral, N. C. (2008). Autonomia e financiamento das ifes: desafios e ações. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)*, 13(3):647–680.
- Andifes (2019). Maioria dos alunos das universidades federais tem renda baixa. Acessado: 11 Nov. 2022.
- Aparecido, B. J. J. and Matsuda, L. M. (2012). Construção e validação de instrumento para avaliação do acolhimento com classificação de risco. *Revista brasileira de enfermagem*, 65:751–757.
- Araujo, A. B. and Castro, C. O. (2019). O problema de alocação de disciplinas e professores usando o método húngaro.
- Aristóteles (2020). *Ética a Nicômaco*. Editora Madamu, São Paulo.
- Assis, F. d., Borsatto, A. Z., Silva, P. D. D. d., Peres, P. d. L., Rocha, P. R., and Lopes, G. T. (2006). Programa de monitoria acadêmica: percepções de monitores e orientadores. *Rev. enferm. UERJ*, pages 391–397.
- Borrás, M., Mendes, G., Mergulhão, R., and Toledo, J. (2013). Qualidade: gestão e métodos. *Rio de Janeiro: LTC*.
- Cela, E. (2013). *The quadratic assignment problem: theory and algorithms*, volume 1. Springer Science & Business Media.

- Coello, C. A. (2000). An updated survey of ga-based multiobjective optimization techniques. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 32(2):109–143.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., and Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms*. MIT press.
- de Freitas, C. M., Felix, G. A. C., Melo, P. A. d., and Saurin, V. (2005). Estudo das fontes de recursos e despesas por categorias econômicas das universidades federais brasileiras.
- de Melo, W. V. and dos Santos Bianchi, C. (2015). Discutindo estratégias para a construção de questionários como ferramenta de pesquisa. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 8(3).
- de Oliveira, D. d. P. R. (2015). *Planejamento estratégico*. Editora Atlas SA.
- Even, S., Itai, A., and Shamir, A. (1976). On the complexity of time table and multi-commodity flow problems. In *16th annual symposium on foundations of computer science (sfcs 1976)*, pages 184–193. IEEE.
- Falconi, V. (1989). Gerência da qualidade total. *Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni*, page 186.
- Freire, P., Chel, V., Gadotti, M., and Novoa, C. A. T. (1991). A educação na cidade.
- Giacomoni, J. (2010). *Orçamento público*. Editora Atlas SA, São Paulo.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Editora Atlas SA.
- Glover, F. (1977). Heuristics for integer programming using surrogate constraints. *Decision sciences*, 8(1):156–166.
- Goldberg, M. C. and Luna, H. P. L. (2005). *Otimização combinatória e programação linear: modelos e algoritmos*. Elsevier.
- Hayek, F. (1990). O caminho da servidão são paulo. *SP: Instituto Liberal*.
- Holanda, I. N. d. (2018). Um estudo sobre o problema alocação de salas aplicado à ufersa-pau dos ferros.
- Ishikawa, K. (1995). Controle de qualidade total à maneira japonesa. 6a edição. ed. *Campos*.
- Kirkpatrick, S., Gelatt Jr, C. D., and Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *science*, 220(4598):671–680.
- Kuhn, H. W. (1955). The hungarian method for the assignment problem. *Naval research logistics quarterly*, 2(1-2):83–97.

- Martello, S. and Toth, P. (1990). *Knapsack problems: algorithms and computer implementations*. John Wiley & Sons, Inc.
- Mason, A. J. (2012). Opensolver-an open source add-in to solve linear and integer programmes in excel. In *Operations research proceedings 2011*, pages 401–406. Springer.
- Matoso, L. M. L. (2014). A importância da monitoria na formação acadêmica do monitor: um relato de experiência. *CATUSSABA-ISSN 2237-3608*, 3(2):77–83.
- Navarro, F. and Coelho, F. (2016). Estudo de coloração aplicado ao problema de alocação de horário de professores. *DCC-UNIPACC. Minas Gerais*.
- NEVES, F. M. and MEN, L. (2012). O método pedagógico de lancaster e a cultura escolar. In *Anais do 16º Congresso de Leitura do Brasil*, volume 10.
- Oakland, J. (1994). *Gerenciamento da qualidade total*. NBL Editora.
- Patro, S. and Sahu, K. K. (2015). Normalization: A preprocessing stage. *CoRR*, abs/1503.06462.
- Pavličić, D. (2000). Normalization of attribute values in madm violates the conditions of consistent choice iv, di and alpha. *Yugoslav journal of operations research*, 10(1):109–122.
- Pisinger, D. (1995). An expanding-core algorithm for the exact 0–1 knapsack problem. *European Journal of Operational Research*, 87(1):175–187.
- Preis, T. A. (2007). Protótipo gerador de grades horárias para instituições de ensino. *Trabalho de Conclusão de Curso. Blumenau: Universidade Regional de Blumenau*.
- Quintana, A. C. and Saurin, V. (2005). Fontes de financiamento e despesas por categorias econômicas no ensino superior: Uma análise comparativa em três universidades federais da região sul. *Revista de Ciências da Administração*, 7(13):1–20.
- Sales, E., Müller, F., and Simonetto, E. (2015). Solução do problema de alocação de salas utilizando um modelo matemático multi-índice. *Anais do XLVII SBPO*, pages 2596–2607.
- Santana, R., Otomo, Y. E., Shima, C. S., and Munari, P. (2022). Otimização da alocação de salas de aula: um estudo de caso na universidade federal de são carlos. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento*, 15:1–18.
- Santos, S. M. A. (2019). Otimização na alocação de disciplinas a professores.
- Schneider, M. (2006). Monitoria: instrumento para trabalhar com a diversidade de conhecimento em sala de aula. *Revista Eletrônica Espaço Acadêmico*, v. Mensal, 65.

- Silva, P. M., de Carvalho, W. W., Carvalho, F. A., and Furtado, R. P. M. (2012). Planejamento orçamentário: as práticas da universidade federal de lavras. *Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL*, 5(4):209–227.
- Silveira, J. S. T. d., Silva, R. B. d., Smolareck, R. D., Ferrari, A., and Amaral, D. (2010). Avaliação da ambiência interna da uri santiago através da escala de likert modificada para fins de planejamento estratégico.
- Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., et al. (2009). *Administração da produção*, volume 2. Atlas São Paulo.
- Souza, É. L. d. and Rafael, E. A. L. (2014). Abordagens para resolver o problema da mochila 0/1. *REVISTA IGAPÓ-Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM*, 3.
- Souza, M., Martins, A., and Araújo, C. (2002). Experiências com o simulated annealing e busta tabu na resolução do problema de alocação de sala. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*.
- Talbi, E.-G. (2009). *Metaheuristics: from design to implementation*. John Wiley & Sons.
- Tubino, D. F. (2000). *Manual de planejamento e controle da produção*. Atlas.
- Veloso, P. A. and Toscani, L. V. (2001). Complexidade de algoritmos: Análise, projeto e métodos. *Editora Sagra Luzzatto, 1ª edição*.
- Vieira, V. A. and Tibola, F. (2005). Pesquisa qualitativa em marketing e suas variações: trilhas para pesquisas futuras. *Revista de administração contemporânea*, 9:9–33.
- Williams, R. L. (1995). *Como implementar a qualidade total na sua empresa*. Campus.

# Apêndice A

## Código Fonte e manual de utilização do programa desenvolvido

Serão expostas as partes mais importantes do programa. O código completo, e também o seu executável, pode ser encontrado em através da URL <https://github.com/karenngomes/otimizacao-vagas-monitoria>, assim como comentado na Seção 4.4.2. Todas as funções apresentadas pertencem ao arquivo *main-program.cpp*.

### A.1 Principais funções implementadas

---

`readCriteria`

*Leitura dos critérios a partir do nome dele, peso e se ele é um critério positivo ou negativo.*

---

#### Uso

`readCriteria ()`

#### Retorno

A saída da função é um vetor de critérios.

## Fragmento do código

```
C++ final-program.cpp > readCriteria()
101 vector<Criteria> readCriteria() {
102     string FILENAME = "criterias.txt";
103     int numCriterias = 0, i;
104     ifstream file(FILENAME);
105
106     vector<Criteria> criterias;
107
108     if (file.is_open()) {
109         string line;
110         while (getline(file, line)) {
111             numCriterias++;
112             string criteria;
113             Criteria criterioAuxiliar;
114             istringstream ss(line);
115             i = 0;
116             while (getline(ss, criteria, ' ')) {
117                 if (i == 0)
118                     criterioAuxiliar.name = criteria.c_str();
119                 if (i == 1)
120                     criterioAuxiliar.weight = atoi(criteria.c_str());
121                 if (i == 2)
122                     criterioAuxiliar.isPositiveCriteria = convert_boolean(criteria.c_str());
123
124                 i++;
125             }
126             criterias.push_back(criterioAuxiliar);
127         }
128         file.close();
129     }
130
131     sort(criterias.begin(), criterias.end(), [](Criteria &c1, Criteria &c2)
132         { return (c1.weight > c2.weight); });
133
134     return criterias;
135 }
```

Figura 7: Código da função *readCriteria()*

---

calculateDisciplinesScore

*Cálculo da pontuação das disciplinas com base nos valores delas normalizadas e nos critérios.*

---

### Uso

calculateDisciplinesScore(d, c)

### Argumentos

*d*

Um vetor de disciplinas que terão os valores normalizados a cada critério e retornará ordenada pelo maior *score*, após o cálculo do mesmo.

*c*

Um vetor de critérios para ser utilizado no cálculo do *score* de cada disciplina.

### Retorno

A saída da função é um vetor de disciplinas.

### Fragmento do código

```
final-program.cpp > calculateDisciplinesScore(vector<Discipline>, vector<Criteria>)  
82 vector<Discipline> calculateDisciplinesScore(vector<Discipline> d, vector<Criteria> c) {  
83     for (int i = 0; i < c.size(); i++) {  
84         d = normalize(c[i], d);  
85         for (int j = 0; j < d.size(); j++) {  
86             d[j].score += c[i].weight * d[j].normalizedValues[c[i].name];  
87         }  
88     }  
89     sort(d.begin(), d.end(), [](Discipline &d1, Discipline &d2)  
90         { return (d1.score > d2.score); });  
91     return d;  
92 }  
93  
94  
95 }
```

Figura 8: Código da função *calculateDisciplinesScore(d, c)*

---

normalize

*Normalização em relação a um critério e os valores dele referente a cada disciplina.*

---

### Uso

`normalize(c, d)`

### Argumentos

- c* Critério que terão seus valores normalizados de acordo com o maior valor associado a ele.
- d* Um vetor de disciplinas que serão ordenadas pelo critério *c*.

### Retorno

A saída da função é um vetor de disciplinas.

### Fragmento do código

```
C++ final-program.cpp > normalize(Criteria, vector<Discipline>)
30 vector<Discipline> normalize(Criteria c, vector<Discipline> d) {
31     string nameCriterion = c.name;
32
33     sort(d.begin(), d.end(), [&](Discipline &d1, Discipline &d2)
34         { return (d1.values[nameCriterion] > d2.values[nameCriterion]); });
35
36     c.rankingDisciplines = d;
37
38     double max_value = d[0].values[nameCriterion];
39
40     for (int i = 0; i < d.size(); i++) {
41         d[i].normalizedValues[nameCriterion] =
42             (c.isNegativeCriterion ?
43              1 - d[i].values[nameCriterion] :
44              d[i].values[nameCriterion]) / max_value;
45     }
46
47     return d;
48 }
49
```

Figura 9: Código da função *normalize(c, d)*