Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Engenharia de Software

# Aplicação de emparelhamento em grafos bipartidos no problema de alocação de salas

Autor: Arthur Alves Rodrigues Pinto

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves da Costa Júnior

Brasília, DF

2023

Arthur Alves Rodrigues Pinto

# Aplicação de emparelhamento em grafos bipartidos no problema de alocação de salas

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves da Costa Júnior

Brasília, DF

2023

Arthur Alves Rodrigues Pinto

Aplicação de emparelhamento em grafos bipartidos no problema de alocação de salas/ Arthur Alves Rodrigues Pinto. – Brasília, DF, 2023-

110 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Edson Alves da Costa Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso –
Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2023.

1. Teoria dos Grafos. 2. Emparelhamento Bipartido. 3. Problema de Alocação de Salas. I. Prof. Dr. Edson Alves da Costa Júnior. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Aplicação de emparelhamento em grafos bipartidos no problema de alocação de salas

CDU 02:141:005.6

Arthur Alves Rodrigues Pinto

# Aplicação de emparelhamento em grafos bipartidos no problema de alocação de salas

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Software da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Software.

Brasília, DF, :

---

**Prof. Dr. Edson Alves da Costa Júnior**
Orientador

---

**Prof. Dr. Marcelino Monteiro de Andrade**
Convidado 1

---

**Prof. Dr. John Lenon Cardoso Gardenghi**
Convidado 2

Brasília, DF
2023

*Dedico este trabalho a todos os meus familiares, em especial: minha avó Alice (in memorian) e minha tia Ailza (in memorian). Vossas demonstrações de fé, perseverança e bondade serão lembradas eternamente; ter tido vocês na minha vida será sempre um motivo de gratidão.*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos meus pais Aloísio e Rosana por me fornecerem todo o apoio necessário durante o período da graduação. Também agradeço a todos os meus familiares por acreditarem em mim e me incentivarem.

Agradeço aos meus amigos, em especial: Álax Alves, Alan Lima, Anderson Sales, André Eduardo, André N. Delgado, Arthur Augusto, Brando Franco, Caio Ribeiro, Daniel Maike, Lucas Vieira e Marco Antônio. São pessoas que vou levar para minha vida inteira, pois sem elas eu não chegaria tão longe.

Agradeço ao meu orientador o Prof. Dr. Edson Alves da Costa Júnior que, sempre muito compreensivo, me auxiliou no desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos membros da banca examinadora o Prof. Dr. Marcelino Monteiro de Andrade e o Prof. Dr. John Lenon Cardoso Gardenghi por terem aceitado contribuir com este trabalho de conclusão de curso.

Agradeço a todos os professores da universidade, são todos muito competentes e qualificados.

Por fim agradeço à Universidade de Brasília e seus servidores pela oportunidade. Um lugar maravilhoso e muito agradável, cheio de diversidade e vida; lugar que me rendeu muitos aprendizados e lições. Estou saindo com a certeza de que me tornei uma pessoa melhor.

*"Em algum lugar, alguma coisa incrível está esperando para ser descoberta."*
*(Carl Sagan)*

# Resumo

O Problema de Alocação de Salas ocorre em várias instituições ao redor do mundo, e no campus do Gama da Universidade de Brasília não é diferente. O problema consiste em alocar turmas à determinadas salas seguindo um conjunto de requisitos. Antes do início de um novo período letivo, a instituição é encarregada de disponibilizar a relação das turmas que serão ofertadas juntamente com seus respectivos locais e horários. Visando aprimorar esse processo, o trabalho tem por objetivo desenvolver uma solução automatizada que resolva o problema por inteiro ou em partes respeitando as demandas do campus. A solução consistiu em modelar o problema de alocação de salas como um problema de emparelhamento em grafos bipartidos, de forma com que o grafo modelado atendesse todas as restrições impostas pela formulação do problema. O emparelhamento foi gerado através do algoritmo de Hopcroft-Karp que obteve um alto índice de turmas e salas emparelhadas. Foram utilizados dados reais da instituição para a validação da proposta e, a partir dos resultados, foram levantadas discussões acerca da viabilidade da solução e como a mesma poderia ser aprimorada.

**Palavras-chaves**: Teoria dos Grafos, Emparelhamento Bipartido, Problema de Alocação de Salas

# Abstract

The Classroom Assignment Problem occurs in several institutions around the world, and on Gama Campus from the University of Brasilia it is no different. The problem consists in allocating classes to certain rooms, following a set of requirements. Before starting a new semester, the institution is responsible for providing the list of classes that will be offered along with their respective locations and schedules. Aiming to improve this process, the work aims to develop an automated solution that solves the problem as a whole or in parts, respecting the demands of the campus. The solution consisted in modeling the classroom assignment problem as a bipartite matching problem, so that the modeled graph met all the restrictions imposed by the problem formulation. The matching was generated through the Hopcroft-Karp algorithm, which obtained a high index of paired classes and rooms. Real data from the institution were used for the validation of the proposal and, from the results, discussions were raised about the feasibility of the proposed solution and how it could be improved.

**Key-words**: Graph Theory, Bipartite Matching, Classroom Assignment Problem

# Lista de ilustrações

# Lista de tabelas

# Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|---|---|
| UnB | Universidade de Brasília |
| FGA | Faculdade do Gama |
| TCC | Trabalho de Conclusão de Curso |
| PAS | Problema de Alocação de Salas |
| XP | Extreme Programming |
| PXP | Personal Extreme Programming |
| PSP | Personal Software Process |
| PAS | Problema de Alocação de Salas |
| BFS | Busca em Largura |
| DFS | Busca em Profundidade |

# Sumário

# 1 Introdução

O Problema de Alocação de Salas (PAS) consiste em alocar turmas de disciplinas oferecidas pela instituição de ensino às salas de aula disponíveis, evitando o choque de horário e respeitando as demandas e restrições impostas. Essas determinações podem ser oriundas da coordenação da instituição como, por exemplo, a turma deve ter uma quantidade de vagas associada; ou pela ementa da disciplina, como a obrigatoriedade de ser assistida por computador. À medida em que o conjunto de restrições cresce, aumenta também a complexidade em desenvolver uma solução automatizada.

Como o problema é bem conhecido na academia, é possível encontrar na literatura diversos trabalhos relacionados que fazem o uso de diversas abordagens na tentativa de uma solução. O trabalho de Netto e Silva (2020) tem por objetivo resolver o problema de alocação de salas na Universidade Federal de Goiás (UFG), e a estratégia utilizada pelos autores foi a de redução do PAS a um problema de fluxo máximo de mínimo custo em grafos bipartidos, utilizando como base a solução de Kogler (2022). Já o trabalho de Elloumi et al. (2013) apresenta uma resolução ao problema, análogo ao PAS, de agendamento de exames a um conjunto de salas de aulas. A solução apresentada consistiu em reduzir o tamanho do problema para torná-lo eficientemente solucionável sem afetar a sua viabilidade, e após a redução foi utilizada uma abordagem heurística com o propósito de obter uma solução completa e de boa qualidade.

## 1.1 Justificativa

Atualmente no campus do Gama da Universidade de Brasília (FGA/UnB) o processo de alocação é realizado de forma manual, o que acarreta em um grande esforço por parte da equipe responsável, e devido a isso não existem garantias de que a relação gerada utilize os espaços de forma otimizada. Além disso, há pouca variação dos horários das turmas ao passar dos semestres, pois a distribuição de horários do último período letivo é usada como base para a nova alocação, assim como ocorre em várias universidades de acordo com Carter e Tovey (1992). Segundo Prado e Souza (2014), a dificuldade de realizar uma alocação manual otimizada se dá pelo grande número de combinações possíveis e pelas diversas limitações que o problema impõe.

Logo, a elaboração de uma solução automatizada, que realizasse de forma otimizada a alocação total ou parcial das turmas às salas, traria mais agilidade e eficiência ao processo e poderia contribuir para que o o princípio da impessoalidade na administração pública fosse respeitado. A solução também poderia auxiliar a atenuar um dos problemas enfrentados pela instituição, que é a alta demanda por vagas em turmas do ciclo

comum de engenharia e também nas disciplinas do curso de Engenharia de Software, o qual possui um grande número de alunos matriculados. Além dos benefícios citados, a automação dessa tarefa agregaria valor à instituição, tendo em vista que, devido a complexidade do problema, a solução seria específica para o contexto do campus devido as suas particularidades.

Existem algumas estratégias para a tratativa do problema. Alguns autores relatam soluções utilizando técnicas de programação linear, enquanto outros sugerem resolvê-lo por algoritmos de complexidade polinomial ou até mesmo abordagens heurísticas (CARTER; TOVEY, 1992). As heurísticas geralmente são utilizadas quando o objetivo é produzir uma solução com um alto nível de generalização, com o objetivo de resolver uma série de problemas de uma só vez (BURKE et al., 2007).

A ideia da utilização de emparelhamento em grafos bipartidos como solução para este problema partiu da premissa de que o problema do emparelhamento bipartido é um caso especial do clássico problema de atribuição (*The assignment problem*) (HSIEH; HO; FAN, 1995). E De acordo com Faudzi, Abdul-Rahman e Rahman (2018) o problema de alocação de salas é um subproblema do problema de atribuição, ou seja, são de certa maneira análogos. Existem trabalhos que utilizam o emparelhamento bipartido como base da proposta de resolução do PAS, como, citado anteriormente nesta seção, o trabalho de Netto e Silva (2020); assim, este trabalho teve como meta a busca do desenvolvimento de uma solução que abrangesse o escopo restrições advindas do contexto real de onde foi aplicado, pois o problema pode ser muito específico para cada ocasião tendo em vista que cada local possui suas restrições particulares.

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor uma alternativa de solução, utilizando conceitos de emparelhamento em grafos bipartidos, para o problema de alocação das salas no campus do Gama da Universidade de Brasília.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

1. reduzir o problema de alocação de salas a um problema de emparelhamento em grafos bipartidos;

2. avaliar algoritmos que têm como premissa encontrar o emparelhamento de cardinalidade máxima em grafos bipartidos;

3. investigar o problema de alocação de salas no campus do Gama da Universidade de Brasília;

4. testar a solução idealizada tendo como entrada dados reais sobre as turmas e salas da instituição que são públicos e de livre acesso;

5. validar a coerência dos resultados obtidos pela solução apresentada por meio de testes automatizados.

## 1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho é composto por seis capítulos. No Capítulo 2 são definidos conceitos que serviram de base para o desenvolvimento do trabalho e para justificá-lo. No Capítulo 3 são descritas as etapas e os caminhos utilizados para chegar ao objetivo proposto e também a forma com a qual a pesquisa foi conduzida. O Capítulo 4 apresenta de maneira detalhada a abordagem utilizada na resolução do problema. Já no Capítulo 5 são descritos os resultados, os problemas encontrados, análises e discussões. Por fim o Capítulo 6 apresenta os possíveis trabalhos futuros e as considerações finais.

# 2 Fundamentação Teórica

Este capítulo destina-se a elucidar os principais conceitos que foram utilizados como base para o desenvolvimento deste trabalho. O conceito da problemática foi retratado na Seção 2.1. No capítulo também foram apresentados os principais algoritmos avaliados além de conceitos gerais relacionados à solução, que foi embasada em boa parte na Teoria dos Grafos.

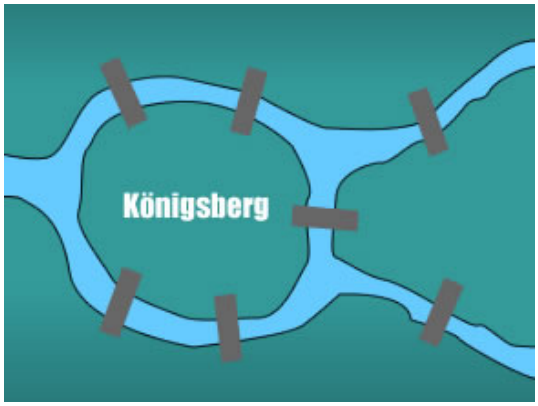
## 2.1 Problema de Alocação de Salas

O Problema de Alocação de Salas (PAS) é uma realidade enfrentada há anos pelas instituições de ensino, e para o fechamento da lista de oferta das disciplinas a gestão das unidades têm que lidar com a situação através de métodos, em muitos casos, executados de forma manual. Existem algumas formulações para o problema e a elementar parte da premissa que considerando um conjunto de turmas, cada uma delas deve ser alocada a uma sala pertencente a um conjunto de salas. A formulação básica conta com duas restrições, onde a primeira diz que duas turmas não podem ocorrer simultaneamente em uma mesma sala e a segunda restrição impõe que uma turma não pode ocorrer simultaneamente em duas salas (CARTER; TOVEY, 1992).

A distribuição turmas/salas pode está sujeita a um conjunto de restrições adicionais que podem tornar o problema muito difícil de ser resolvido, considerando situações do mundo real. Essas restrições podem ser classificadas como rigorosas, ou seja, quando há a necessidade de serem cumpridas sob qualquer circunstância como, por exemplo, as restrições elementares citadas. Existem também as restrições leves que não impactam na viabilidade da solução, mas devem ser amplamente satisfeitas na medida do possível, pois agregam valor à solução. As distribuições geradas que atendem aos requisitos são chamadas de soluções viáveis (BURKE et al., 2007). Algumas formulações mais complexas do problema buscam por minimizar as distâncias percorridas pelos alunos e professores durante um dia de aulas, além de visarem reduzir o fluxo de pessoas em determinados horários (NUNES; SILVA; NETO, 2017).

Para Carter e Tovey (1992) o problema de alocação de salas pode ser dividido em duas versões que se diferem em razão do que entendemos pelo conceito de aula. A primeira se da quando ocorre apenas uma aula na semana, e essa necessita utilizar uma sala durante um intervalo específico; essa versão é chamada de problema de intervalo. A segunda, chamada de problemas sem intervalos, é caracterizada pelo fato de que podem existir mais de uma aula por semana e, dependendo da instituição, pode ser de caráter obrigatório que as aulas aconteçam na mesma sala.

Figura 1 – Pontes de Königsberg




Fonte: André Iunes - Reprodução/Rede Globo

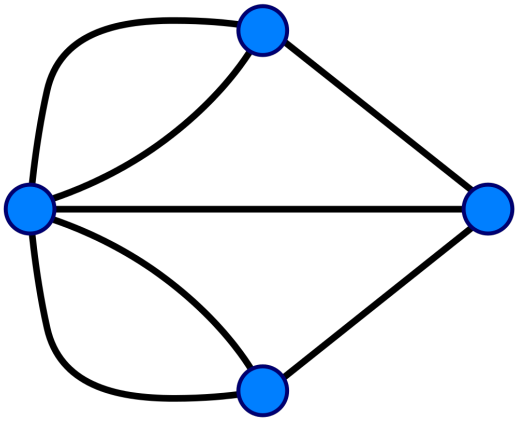
## 2.2 Teoria dos Grafos

A Teoria dos Grafos é um tema de fundamental importância para a Engenharia, pois possui várias aplicações no mundo real, tendo como um exemplo clássico aplicações envolvendo mapas. É utilizada como a base para a construção de modelos matemáticos para problemas complexos não só da computação, mas também de áreas como física, química, psicologia, entre outras. A Teoria dos Grafos surgiu através de trabalhos de L. Euler, G. Kirchhoff e A. Cayley, por meio do conhecido problema das pontes de Königsberg (1736). Localizada na antiga Prússia, hoje conhecida como Kalinigrado, Königsberg abrigava quatro cidades separadas por um rio, e a locomoção por entre essas localidades era possível devido a existência de sete pontes de acesso, como visto na Figura 1 (PRESTES, 2020).

A grande questão debatida à época era, partindo de um certo ponto, ter a possibilidade de atravessar todas as pontes somente uma vez e retornar ao ponto de origem. Inicialmente esse problema foi encarado como uma charada matemática, pois a comunidade científica não via a sua eventual resolução como uma descoberta muito relevante. Eis que, em meados de 1726, Leonhard Euler apresentou uma solução para o problema de forma que as pontes foram representadas por arestas e as cidades como vértices, surgindo provavelmente o primeiro grafo da história (OSTROSKI; MENONCINI, 2009). A Figura 2 ilustra essa representação.

A conclusão alcançada por Euler foi de que para atravessar cada cidade são necessárias somente duas pontes, entrada e saída, ou um número par de pontes. Como um dos requisitos proposto pelo problema é atravessar cada ponte uma única vez, um número ímpar de pontes em uma cidade forçaria a entrada, a saída e a reentrada na mesma em dado momento, não restando pontes não visitadas para mover-se para outra cidade, logo torna-se impossível a resolução do problema (MELO, 2014).

Figura 2 – Representação em grafo do problema de Königsberg



Fonte: CC BY-SA 3.0

### 2.2.1 Definições gerais

Um grafo $G = (V, E)$ em sua forma básica é um conjunto de vértices $V$ e arestas $E$. Cada aresta armazena informação sobre a conectividade que existe entre os vértices em suas extremidades (HALIM; HALIM, 2013). Quando há uma aresta $e \in E$ conectando dois diferentes vértices, esses são chamados de vizinhos ou adjacentes (FEOFILOFF; KOHAYAKAWA; WAKABAYASHI, 2011).

Um grafo é chamado direcionado ou dirigido quando as suas arestas possuem um sentido. Isso significa que para uma aresta $e = (v_1, v_2)$ a mesma parte de $v_1$ e chega em $v_2$, mas o contrário não é necessariamente verdadeiro. Graficamente a representação da orientação de uma aresta é feita por uma seta, como pode ser visto na Figura 3b. Já para um grafo não direcionado, representado pela Figura 3a, as arestas não possuem sentido, ou seja, existe uma relação de adjacência simétrica (FEOFILOFF, 2017a).

Um caminho $p$ em um grafo $G$ é uma sequência alternada de vértices e arestas onde todos os elementos são distintos, ou seja, $p = (v_0, e_1, v_1, e_2, v_2)$. Essa sequência começa e termina em um vértice, e é importante destacar que cada aresta $e_i$ parte de $v_{i-1}$ e chega em $v_i$ (PRESTES, 2020).

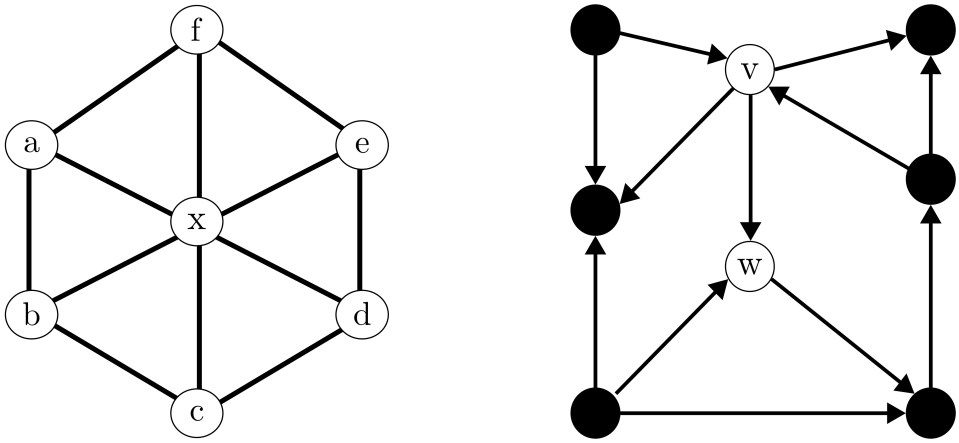
Um ciclo em um grafo é um caminho que possui três ou mais arestas distintas cujos pontos de partida e de chegada são iguais (JUNIOR, 2021).

Um grafo $G = (V, E)$ é considerado conexo quando, para qualquer par de vértices $(u, v)$, existir ao menos um caminho que parte de $u$ e chega em $v$. Quando esta condição não é satisfeita, o grafo é dito desconexo (MELO, 2014).

Um grafo $G = (V, E)$ é chamado de valorado ou ponderado quando existe um número real associado à cada aresta pertencente a $E$ (SZWARCFITER, 1984).

Para um grafo direcionado o grau de entrada de um vértice $G_e(v_1)$ é determinado

Figura 3 – Exemplo de grafo direcionado e não-direcionado




(a) Grafo não-direcionado (b) Grafo direcionado

Fonte: Autor

pelo número de arestas cujo ponto de chegada é $v_1$; enquanto que o grau de saída $G_s(v_1)$ é obtido através da quantidade de arestas cujo ponto de partida é $v_1$ (FEOFILOFF, 2017a). Já em um grafo não direcionado o grau de entrada é igual ao de saída. É possível observar na Figura 3b que $G_e(w) = 2$ e $G_s(w) = 1$. Na Figura 3a todos os vértices, exceto $x$, possuem grau igual a três.

### 2.2.2 Busca em Grafos

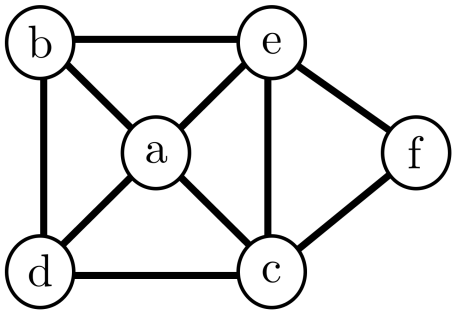
Segundo Szwarcfiter (1984 apud ALVAREZ, 2013), uma busca (travessia) consiste em explorar um grafo, ou seja, é um processo sistemático de como percorrer pelos vértices e arestas. Existem algumas maneiras de realizar uma travessia, e cada abordagem se caracteriza pela forma com que os vértices são visitados a cada passo da estratégia utilizada (FEOFILOFF, 2017b). As principais estratégias de travessia são: busca em largura e busca por profundidade.

A busca em largura BFS (*Breadth-First Search*) consiste em percorrer o grafo por camadas (níveis). A travessia se inicia a partir de um nó $v \in V$, e todos os nós adjacentes à $v$, ou seja, de nível um, são adicionados a uma fila para posteriormente serem visitados, o que garante a ordem de visitação por níveis. O processo é repetido para cada elemento fila até não achar mais vértices não visitados. É um método útil para encontrar o caminho mais curto entre dois vértices, já que os níveis de cada vértice são determinados durante a travessia (LANDUP et al., 2011–2013a).

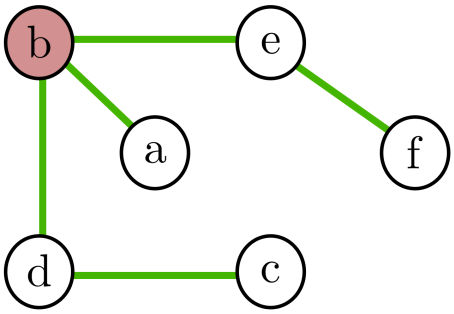
Partindo de um vértice $v$ qualquer a busca por profundidade DFS (*Depth-First Search*) visita o primeiro vértice que seja adjacente a $v$ e que ainda não tenha sido visitado, e repete o processo para esse elemento. Como o próprio nome diz, ela percorre

Figura 4 – Exemplos de árvores geradas pelas travessias

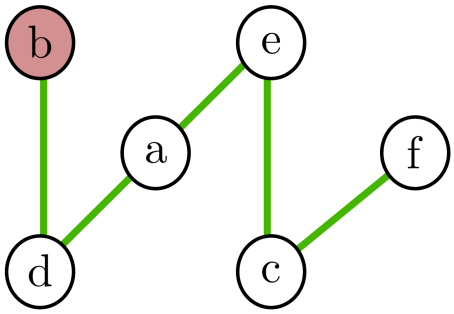
(a) Grafo não-direcionado




(b) Árvore BFS




(c) Árvore DFS



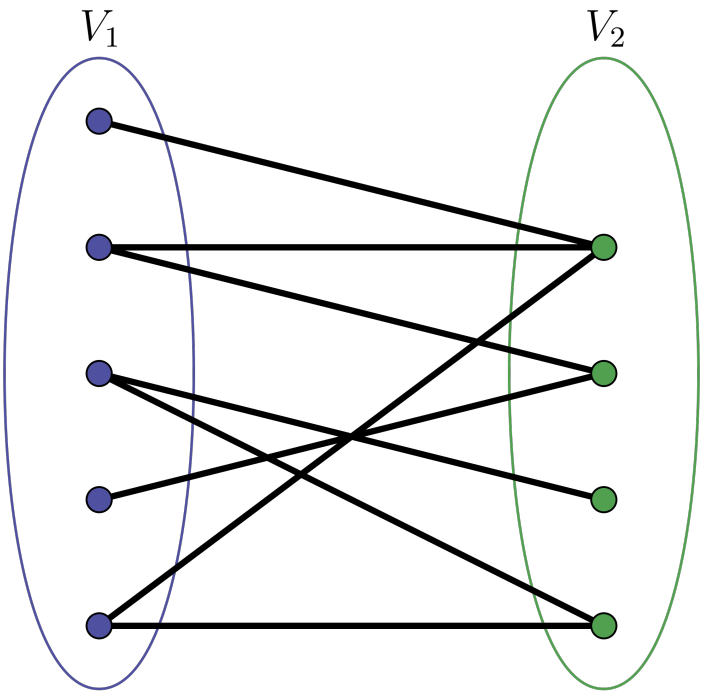

Fonte: Autor

as camadas de maneira profunda até estagnar, e quando chega a esse ponto ocorre um processo chamado *backtracking*, que consiste em retroceder ao elemento de nível anterior e verificar se ainda existem vértices não visitados (HALIM; HALIM, 2013). Essa estratégia de busca é conveniente para verificar ciclos, encontrar caminhos, entre outras utilidades. Geralmente esse método de busca é implementado de forma recursiva, pois o processo de *backtracking* se torna mais intuitivo (LANDUP et al., 2011–2013b).

Ambas as travessias podem gerar uma ou mais árvores implícitas. As Figuras 4b e 4c apresentam respectivamente possíveis árvores geradas pela BFS e DFS, onde o vértice $b$ representa a raiz para as duas árvores. Cada árvore mostra todos os vértices alcançáveis por $b$ e os caminhos até esses elementos.

A complexidade de tempo das duas travessias é $O(|V| + |E|)$, mas geralmente a busca em largura é mais lenta e gasta mais memória no processo (GEEKSFORGEEKS, 2022a). Porém, a grande vantagem da BFS é a descoberta do menor caminho em relação ao número de arestas, como já mencionado anteriormente, o que possui inúmeras utilidades e aplicações práticas.

Figura 5 – Exemplo de grafo bipartido




Fonte: MistWiz (com adaptações)

### 2.2.3 Grafos bipartidos

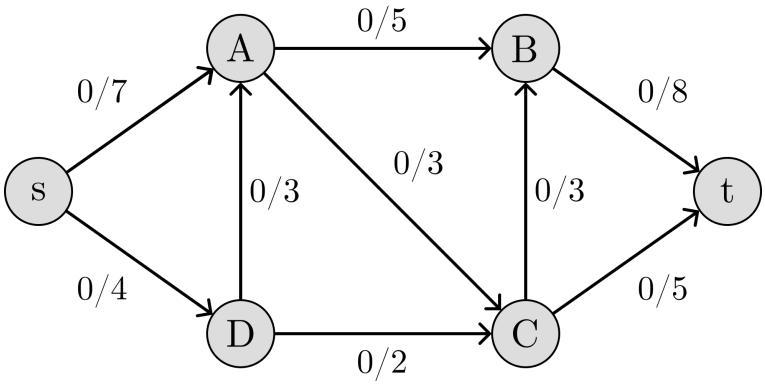
Um grafo $G$ é considerado bipartido quando se é possível particionar o seu conjunto $V$ de vértices em dois subconjuntos $V_1$ e $V_2$, de modo que cada aresta deve possuir, obrigatoriamente, uma ponta em cada um destes dois subconjuntos. Geralmente é utilizada a notação $G = (V_1 \cup V_2, E)$ para representar um grafo bipartido (SZWARCFITER, 1984).

Para determinar se um grafo é bipartido deve-se verificar se os ciclos contidos em $G$ possuem comprimento par, pois, caso contrário, o caminho não terminaria no mesmo vértice de início, já que em cada passo da travessia o vértice atual está no conjunto oposto ao que se encontra o vértice anterior, e portanto não é possível chegar ao vértice de início com um ciclo de comprimento ímpar. Um grafo é denominado bipartido completo quando existe uma aresta conectando cada um dos vértices dos conjuntos $V_1$ e $V_2$ (SZWARCFITER, 1984).

## 2.3 Problema de fluxo máximo em redes

O problema de fluxo máximo em redes é considerado uma grande ferramenta de modelagem. Através dele é possível representar uma gama de problemas reais como, por exemplo, descobrir o fluxo máximo de um fluído por meio de tubos, onde cada tubo tem

Figura 6 – Rede de fluxo (Fluxo inicial)




Fonte: CP-Algorithms (com adaptações)

uma capacidade de vazão distinta (FEOFILOFF, 2021).

Uma rede é um grafo $G = (V, E)$ direcionado ponderado, onde o peso de cada aresta é dado por uma função $c(e)$, com $e = (v, w)$. Também há dois vértices especiais, contidos em $V$, que são conhecidos como origem (fonte) $s$ e destino (sumidouro) $t$. Enquanto a fonte $s$ pode alcançar qualquer outro vértice, o sumidouro $t$, por outro lado, pode ser alcançado por cada $v \in V$(SZWARCFITER, 1984).

Um fluxo $f(e)$ de $s$ a $t$ é uma função que atribui um número real não-negativo a cada aresta pertencente ao conjunto $E$, e que deve atender aos seguintes requisitos (SZWARCFITER, 1984):

1. o fluxo em cada aresta não deve ultrapassar a capacidade da mesma, ou seja, $0 \leq f(e) \leq c(e)$;

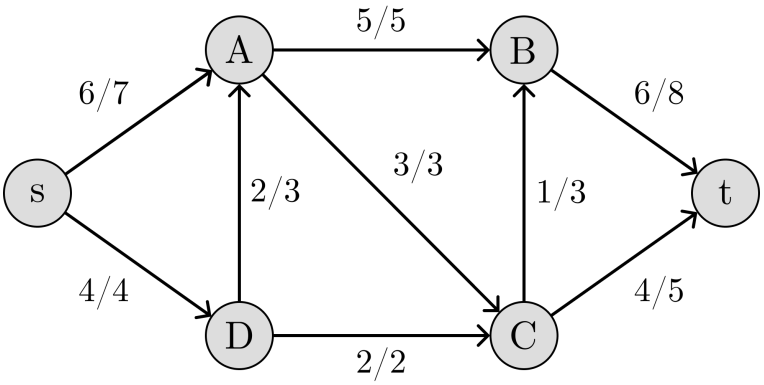
2. deve-se conservar o fluxo em cada vértice, ou seja, o fluxo que chega a $v$ deve ser igual ao fluxo que sai de $v$ para todo $v \neq s$ e $v \neq t$.

Segundo Tavares (2006) se $f(e) = c(e)$, podemos dizer que esta aresta está saturada, mas se $f(e) < c(e)$, a aresta é denominada não saturada. O fluxo de uma rede é equivalente à soma de todos os fluxos produzidos na fonte $s$, e o fluxo máximo é um fluxo de maior valor possível, respeitando os requisitos citados (CP-ALGORITHMS, 2022).

Na Figura 6 é possível observar dois valores, separados por uma barra oblíqua, sendo atribuídos a cada aresta da rede: o primeiro refere-se ao fluxo $f(e)$, inicialmente zerado, e o segundo refere-se a capacidade $c(e)$.

A Figura 7 mostra um fluxo máximo válido da rede. É importante destacar que o fluxo incidente em cada aresta não ultrapassa a capacidade da mesma, e a soma dos fluxos que chegam a um vértice é equivalente a soma dos fluxos que saem do vértice. Por exemplo, para o vértice $A$ seis unidades de fluxo são passadas a partir de $s$ e mais duas

Figura 7 – Rede de fluxo (Fluxo Máximo)




Fonte: CP-Algorithms (com adaptações)

unidades por $D$, totalizando oito e, por outro lado, a partir de $A$ cinco e três unidades de fluxo são transferidas respectivamente para $B$ e $C$ satisfazendo a condição.

Tendo em vista os conceitos apresentados, as seções Algoritmo de Ford Fulkerson e Algoritmo de Hopcraft-Karp apresentam diferentes formas de encontrar o fluxo máximo em uma rede.

## 2.4 Emparelhamento em Grafos Bipartidos

Dado um grafo bipartido $G = (V_1 \cup V_2, E)$ não direcionado, um emparelhamento é formado por um subconjunto de arestas $M$ pertencentes a $E$, onde duas arestas não compartilham de um mesmo vértice, ou seja, os vértices presentes no emparelhamento têm grau igual a um. Um emparelhamento é dito de cardinalidade máxima quando existe em $M$ o maior número possível de arestas (HALIM; HALIM, 2013).

Existem duas variantes relacionadas ao conceito de emparelhamento bipartido de máxima cardinalidade, segundo Halim e Halim (2013):

1. Emparelhamento em grafos não ponderados: abordagem mais comum. Uma possível solução é reduzir em um problema de fluxo, tornando-se um caso particular do Problema de Fluxo Máximo (FEOFILOFF, 2021). A Seção 2.4.1 detalha este processo.

2. Emparelhamento em grafos ponderados: variante mais complexa. Uma possível solução envolve reduzir à um problema de Fluxo Máximo a Custo Mínimo.

### 2.4.1 Redução a um problema de Fluxo Máximo

Para modelar o problema de emparelhamento bipartido como um problema de fluxo é necessário, segundo Kawakami (2017):

1. adicionar ao grafo, de forma artificial, os vértices fonte $s$ e sumidouro $t$ para atender às condições de uma rede de fluxo, como visto na Seção 2.3;

2. realizar um direcionamento das arestas atrelando $s$ a todos os vértices da primeira partição $V_1$, em seguida os vértices de $V_1$ aos vértices de $V_2$ e por último os vértices de $V_2$ a $t$;

3. atribuir capacidade unitária a todas as arestas pertencentes a $E$, já que o problema de fluxo envolve um grafo ponderado, como visto anteriormente. Isso fará com que somente uma unidade de fluxo parta de $s$, logo todo $v \in V_1$ encaminhará o fluxo somente por uma aresta adjacente, e de acordo com a teoria de conservação do fluxo, vista na Subseção 2.3, os vértices de $V_2$ só podem receber uma unidade de fluxo, garantindo somente uma adjacência a cada vértice.

Após realizar os procedimentos, o emparelhamento máximo é equivalente ao fluxo máximo da rede (KAWAKAMI, 2017). Verificando as arestas saturadas é possível obter os pares de vértices que fazem parte do emparelhamento. As Figuras 8a e 8b ilustram respectivamente um grafo $G$ e emparelhamento máximo de $G$ com as arestas de cor vermelha representando as arestas contidas em $M$. Já a Figura 8c apresenta o grafo $G$, visto na Figura 8a, modelado como um problema de fluxo máximo ilustrando o processo explicado na Subseção 2.4.1.

### 2.4.2 Método de Ford-Fulkerson

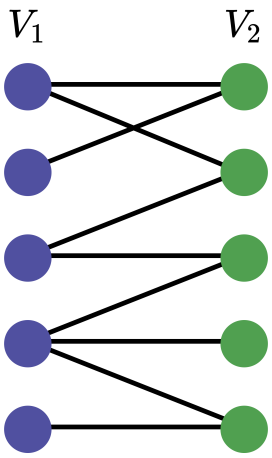
Para o entendimento do algoritmo de Ford-Fulkerson é necessária a compreensão de conceitos que este utiliza: rede residual, grafo de fluxo e caminho de aumento. Para dar mais clareza à explicação uma aresta $e$ foi representada por um par ordenado de vértices, ou seja, $e = (v_1, v_2)$.

A rede de fluxo é um grafo $G^F$ em que o peso de suas arestas equivale ao fluxo corrente por cada aresta, sendo representado por $f(v_1, v_2)$.

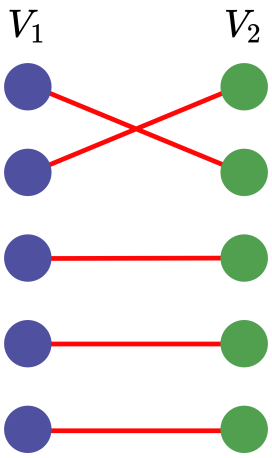
Uma rede residual $G^R$ é inicialmente um grafo espelho de $G$, porém os pesos contidos em suas arestas representam a sua capacidade residual em vez da sua capacidade total. A capacidade residual $c^R$ é dada pela capacidade $c$ disponível em cada aresta subtraindo pelo fluxo corrente. Logo $c^R(v_1, v_2) = c(v_1, v_2) - f(v_1, v_2)$ (PAIOLA, 2020b). Essa rede ainda armazena arestas contrárias que permitem com que o algoritmo "desfaça" algumas operações e opte por outras alternativas; e esse é um dos principais trunfos da estratégia em relação à abordagem tradicional, pois garante a obtenção do fluxo máximo. O peso das arestas contrárias é definido por $f(v_2, v_1) = -f(v_1, v_2)$ (GEEKSFORGEEKS, 2022c).

Figura 8 – Processo de emparelhamento

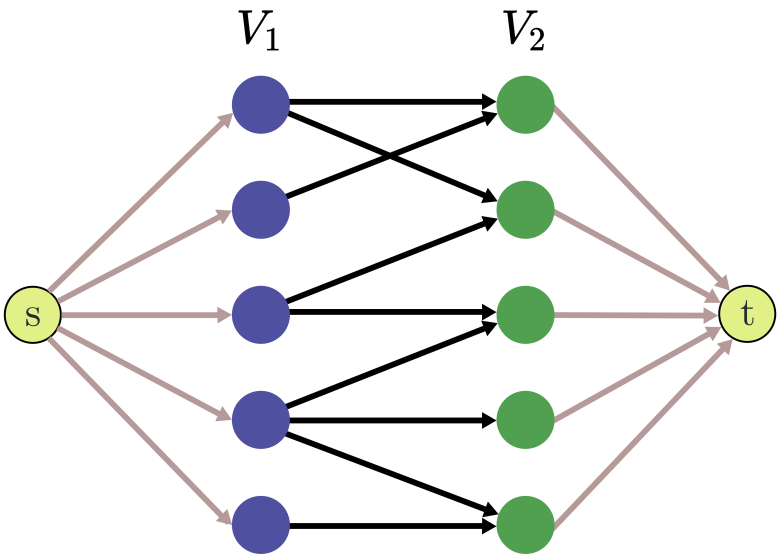
(a) Grafo inicial




(b) Após o emparelhamento




(c) Grafo bipartido modelado para um problema de fluxo máximo




Fonte: Autor

Tabela 1 – Complexidade dos métodos

| Algoritmo/Método | Complexidade |
|---|---|
| Ford-Fulkerson | $O(EF)$ |
| Edmonds-Karp | $O(E^2V)$ |

Fonte: CP-Algorithms

O caminho de aumento é uma travessia realizada em $G^R$ que parte da fonte $s$ até o sumidouro $t$, e todas as arestas presentes nesse caminho possuem capacidade residual estritamente positiva, ou seja, para toda $e \in E$, tem-se $c^R(e) > 0$ (PAIOLA, 2020b).

Como visto no Algoritmo 1 o passo inicial é definir o fluxo com o valor zerado para cada aresta do grafo de fluxo. Em seguida é realizada uma travessia para encontrar um caminho de aumento partindo da fonte $s$ até o sumidouro $t$. Assim que um caminho é encontrado é definido o valor do fluxo possível, que refere-se ao valor da menor capacidade residual (gargalo) presente entre as arestas desse caminho e, após essa etapa, a rede residual e de fluxo são atualizadas com os novos pesos das arestas. O algoritmo termina quando não são encontrados caminhos de aumento. (CP-ALGORITHMS, 2022).

Segundo o site CP-Algorithms (2022), no método de Ford-Fulkerson não é especificado uma maneira para encontrar os caminhos de aumento, ficando a critério do usuário utilizar busca em largura ou busca em profundidade. O Algoritmo de Edmonds-Karp, que foi baseado no método em questão, utiliza uma BFS para encontrar os caminhos de aumento. O Algoritmo 1 traz a representação do método de Ford-Fulkerson em *pseudo*-código (PAIOLA, 2020b).

**Algorithm 1** Ford-Fulkerson

```
1: f(v1, v2) = 0 para todo e = (v1, v2) ∈ E
2: while existe_caminho_de_aumento(G^R, s, t) do
3:     p ← caminho_de_aumento
4:     L ← lista_capacidades_residuais_das_arestas_do_caminho
5:     gargalo ← min(capacidades)
6:     for cada (v1, v2) ∈ p do
7:         f(v1, v2) = f(v1, v2) + gargalo
8:         f(v2, v1) = f(v2, v1) − gargalo
9:     end for
10:    Recalcular G^R
11: end while
```

Para o algoritmo de Ford-Fulkerson, a complexidade é influenciada pelo valor do fluxo, ou seja, para cada caminho aumentante o fluxo é aumentado em pelo menos uma unidade. Ainda segundo CP-Algorithms (2022), em caso de capacidades irracionais, o algoritmo pode não convergir para o fluxo máximo; e no caso de capacidades racionais, o algoritmo poderá até terminar, mas sua complexidade não é limitada.

Já no método de Edmonds-Karp, a complexidade não está em função do fluxo e é executado com a mesma complexidade de tempo até mesmo para capacidades irracionais. Isso ocorre pelo fato de que a cada caminho encontrado uma das arestas é saturada, e a distância dessa aresta a $s$ será mais longa se aparecer posteriormente em um caminho de aumento. O comprimento dos caminhos é limitado por $V$ (CP-ALGORITHMS, 2022). A Tabela 1 ilustra a complexidade assintótica dos dois algoritmos, onde $F$ refere-se ao fluxo.

### 2.4.3 Algoritmo de Hopcroft-Karp

O algoritmo de Hopcroft-Karp gera um emparelhamento maximal $M$, dado um grafo bipartido $G = (V_1 \cup V_2, E)$. Essa estratégia é uma melhoria em relação ao método de Ford-Fulkerson em relação ao tempo de execução. Para a compreensão do algoritmo é necessário deixar claro alguns termos importantes:

Um vértice livre é um vértice $v \in V$ que não faz parte do emparelhamento (GEEKSFORGEEKS, 2022b).

O termo arestas correspondentes se refere a cada $e \in E$ que faz parte de $M$, e as que não pertencem ao conjunto são chamadas de arestas não correspondentes (GEEKSFORGEEKS, 2022b).

Um caminho alternado é um conjunto composto alternadamente por arestas correspondentes e não correspondentes (GEEKSFORGEEKS, 2022b).

Um caminho aumentante $p$ é um caminho alternado, onde as arestas inicial e final não estão contidas em $M$ (GEEKSFORGEEKS, 2022b).

A diferença simétrica de dois conjuntos é um outro conjunto, ou seja, $A \oplus B = C$. O conjunto resultado é formado pelos elementos que pertencem a um e somente um dos conjuntos $A$ e $B$ (KIRILOV, 2017).

Um emparelhamento $M$ é considerado de cardinalidade máxima quando não houverem mais caminhos aumentantes, e a estratégia do algoritmo de Hopcroft-Karp se baseia na constante busca por caminhos aumentantes (PAIOLA, 2020a).

**Algorithm 2** Hopcroft-Karp

1: $M \leftarrow \emptyset$
2: **while** existe_caminho_aumentante($G$) **do**
3: $P = \{p_1, ..., p_k\}$
4: $M = M \oplus (p_1 \cup ... \cup p_k)$
5: **end while**
6: Retorna $M$

Como visto na representação em pseudo-código no Algoritmo 2, a configuração inicial do algoritmo considera que todos os vértices estejam livres. A partir dessa definição um laço de repetição é executado enquanto houver um caminho aumentante no grafo. Sendo

$P$ um conjunto maximal de caminhos aumentantes disjuntos de menor comprimento, conjunto esse obtido por meio de uma busca em largura, logo a diferença simétrica entre os conjuntos de arestas $M$ e $(p_1 \cup ... \cup p_k)$ resultará em um conjunto com um elemento a mais que $M$ por $k$ vezes em uma iteração. Basicamente, é realizada uma troca de correspondência das arestas (PAIOLA, 2020a). O algoritmo é executado em tempo $O(\sqrt{V}E)$ no pior caso (GEEKSFORGEEKS, 2022b).

A Figura 9a apresenta emparelhamento parcial $M$ representado pelas arestas de cor vermelha:

$$M = \{(3,1),(4,2)\}$$

ainda na figura é possível observar um caminho aumentante $p_1$:

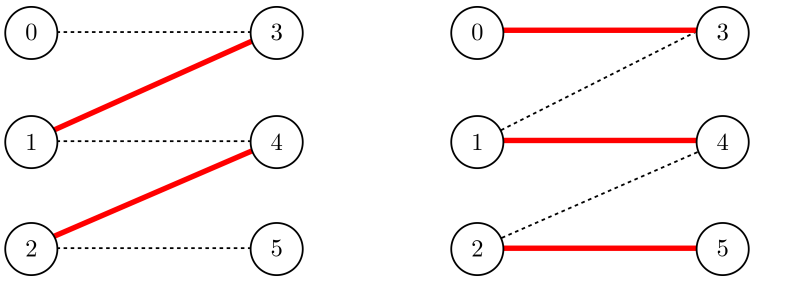
$$p_1 = \{(0,3),(3,1),(1,4),(4,2),(2,5)\}$$

A Figura 9b apresenta o resultado da diferença simétrica entre os conjuntos:

$$M \oplus p_1 = \{\cancel{(3,1)},\cancel{(4,2)}\} \oplus \{(0,3),\cancel{(3,1)},(1,4),\cancel{(4,2)},(2,5)\}$$

$$M \oplus p_1 = M_{Resultante} = \{(0,3),(1,4),(2,5)\}$$

Figura 9 – Representação dos conceitos




(a) Caminho aumentante com $|M| = 2$

(b) Diferença simétrica $|M_{Resultante}| = 3$

Fonte: (PAIOLA, 2020a)

# 3 Metodologia

Neste capítulo está descrita toda metodologia envolvida no desenvolvimento do trabalho. Em Classificação de pesquisa são determinadas as principais características da pesquisa e os conceitos são brevemente discutidos. Na Seção Procedimentos metodológicos foi detalhada de que forma a pesquisa foi realizada, além da definição da metodologia ágil relacionada ao desenvolvimento de código. A Seção Etapas do Trabalho apresenta uma breve descrição das etapas que compuseram o desenvolvimento deste trabalho. Por fim em Ferramentas utilizadas são descritas as principais tecnologias utilizadas.

## 3.1 Classificação de pesquisa

### 3.1.1 Natureza

Em relação à sua natureza, a pesquisa foi do tipo aplicada, que tem por principal característica, segundo Thiollent (2009 apud FLEURY; WERLANG, 2016), o seu empenho em identificar problemas, conhecer suas causas e buscar por soluções. Essa pesquisa tem ênfase em "problemas presentes nas atividades de instituições e organizações", e respondem a uma necessidade gerada por "clientes e atores sociais". Um outro importante aspecto desse método de pesquisa é a sua capacidade de gerar impacto, e cabe ao pesquisador, utilizando conceitos adquiridos previamente, selecionar métricas a fim de confirmar o resultados obtidos (FLEURY; WERLANG, 2016).

O uso de uma pesquisa dessa natureza se baseia no desenvolvimento de uma solução para um problema, recorrente no campus do Gama da Universidade de Brasília, relacionado à alocação de disciplinas em determinados espaços físicos. A resolução desta problemática pode gerar impactos positivos relacionados à organização do processo de alocação, além de influenciar em uma melhor utilização dos espaços da instituição.

### 3.1.2 Objetivo

A pesquisa teve caráter exploratório, onde os principais objetivos foram aumentar a familiaridade com o problema, construir hipóteses e aprimorar as ideias. Pesquisas exploratórias, em geral, envolvem um levantamento bibliográfico e entrevistas com a comunidade local que enfrentaram o problema (GIL, 2002). Pelo fato de estar relacionado a alcançar uma maior maturação do problema, o planejamento, de acordo com Gil (2002), é "bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado".

As características citadas anteriormente tornaram o modelo exploratório o mais viável para este trabalho, tendo em vista as razões pelas quais o seu desenvolvimento foi motivado. Com a possibilidade de considerar várias particularidades relativas ao problema no geral foi plausível formular uma proposta de solução, específica para a comunidade local, que poderia atender às suas necessidades de maneira convincente e gerar um impacto relevante.

### 3.1.3 Abordagem

Segundo Fonseca (2002), a pesquisa qualitativa leva em consideração aspectos da realidade que não são possíveis representar fielmente em números, ou seja, não é possível aplicar em um modelo com dados numéricos. Tem o foco na compreensão das relações e dinâmicas sociais.

Já em relação ao método quantitativo, Silva, Lopes e Junior (2013) estabelecem a condição de que dados numéricos precisam ser coletados para utilizá-lo. Ter um problema bem definido e levantar informações de diferentes fontes, a respeito do tema, são essenciais na aplicação desse tipo de pesquisa. Os autores Silva e Simon (2005 apud SILVA; LOPES; JUNIOR, 2013) em suas publicações são bem categóricos ao afirmar: "só se faz pesquisa de natureza quantitativa quando se conhece as qualidades e se tem controle do que se vai pesquisar".

O trabalho apresentou as duas abordagens: qualitativa e quantitativa. O uso da abordagem qualitativa se deu pelo fato de que o resultado gerado necessita de uma avaliação subjetiva, por parte de um responsável pela instituição, para definir se os mesmos satisfazem as demandas impostas pelo processo. Já em relação à forma quantitativa, a utilização se deu por conta da medição de aspectos referentes à quantidade de alocações de turmas e taxa de ocupação das salas.

## 3.2 Procedimentos metodológicos

### 3.2.1 Pesquisa bibliográfica

Segundo Alyrio (2009), "a atividade básica na pesquisa bibliográfica é a investigação em material teórico sobre o assunto de interesse". Pode vir a ser utilizada mesmo antes do início da escrita do trabalho, pois facilita o processo de formular o problema ou questionamento proposto pelo trabalho científico. Esse modelo deve consumir toda a bibliografia possível, que são de domínio público, considerando livros, artigos e etc (ALYRIO, 2009).

Um dos conceitos elementares em trabalhos científicos, a pesquisa bibliográfica é obrigatória nas pesquisas exploratórias. É uma habilidade fundamental nos cursos de

graduação (ANDRADE, 2010). É importante pois permite ao pesquisador conhecer outros trabalhos com o tema relacionado, o que contribui para o enriquecimento da discussão acerca do tema (FONSECA, 2002).

Boa parte da pesquisa foi realizada em duas bases: Scopus e Web of Science. Com base nas palavras-chaves Teoria dos Grafos, Emparelhamento Bipartido, Problema de Alocação de Salas, foi gerada a seguinte string de busca com os termos e sinônimos em inglês:

```
("match*" OR "assign*") AND
("bipartite" OR "heuristic*") AND
("classroom*" OR "school scheduling")
```

As Tabelas 2a e 2b mostram os resultados da etapa de pesquisa bibliográfica.

Tabela 2 – Informações sobre a pesquisa

(a) Publicações (Scopus)

| | |
|---|---|
| Resultados: | 60 |
| Período: | 1982 a 2022 |
| Tipos: | Artigos e Papers |

Fonte: Autor

(b) Publicações (Web of Science)

| | |
|---|---|
| Resultados: | 56 |
| Período: | 1991 a 2022 |
| Tipos: | Artigos e Papers |

Fonte: Autor

Com base nos resultados das pesquisas e em leituras preliminares, os trabalhos de Carter e Tovey (1992), Elloumi et al. (2013), Fizzano e Swanson (2000) e Hsieh, Ho e Fan (1995) foram definidos como as principais bases para o desenvolvimento deste trabalho.

### 3.2.2 Metodologia de Desenvolvimento de Software

No dias atuais existem várias metodologias que seguem a filosofia ágil de desenvolvimento, sendo utilizadas no mercado de trabalho. No entanto, cada uma tem suas características, e cabe ao gestor do projeto definir qual se aplica melhor ao seu contexto, sendo comum a todas o objetivo de melhorar a produtividade, a performance e diminuir os riscos durante a implementação da solução (SANTOS et al., 2018).

Um processo de construção de software necessita ser dinâmico, pois, em muitos casos, são sugeridas mudanças nos seus requisitos que refletem no planejamento de custo e prazo (SANTOS et al., 2018). De acordo com Sbrocco (2012) é raro hoje em dia, devido as particularidades de cada organização, a utilização de somente uma metodologia, e segui-la à risca sem contribuições de outros métodos.

Levando isso em consideração, para este trabalho foi utilizado um modelo de metodologia híbrida, onde foram utilizados as melhores práticas de diferentes métodos, sendo

eles o Personal Extreme Programming (PXP) e o Kanban. Com isso o processo se tornou mais eficiente, adaptável e produtivo (SANTOS et al., 2018).

#### 3.2.2.1 Personal Extreme Programming

A metodologia Personal Extreme Programming (PXP) é uma abordagem baseada na combinação de duas metodologias de desenvolvimento de software: Extreme Programming (XP) e Personal Software Process (PSP). O XP é focado em pequenas equipes, e algumas de suas práticas envolvem mais de uma pessoa, como a revisão de código e a programação em pares. Já o PSP ajuda os desenvolvedores a entender e melhorar a sua performance individual e incentiva a planejar o seu trabalho antes de começar o desenvolvimento. Na metodologia PXP algumas das práticas da XP foram modificadas para a correta aplicação em times de uma só pessoa (AGARWAL; UMPHRESS, 2008).

As principais práticas utilizadas foram originadas do XP e adaptadas ao PXP. A fase de planejamento consiste em levantar todos os requisitos necessários para o desenvolvimento, além de um cronograma com os respectivos prazos. Os lançamentos consistiram em pequenas releases de códigos funcionais. Um recurso muito interessante do XP, conhecido como programação em pares, não pôde ser adaptado, pois o desenvolvimento é feito por uma única pessoa, e para atenuar a perda, o professor orientador pôde casualmente revisar o código e sugerir melhorias, conforme citado por Agarwal e Umphress (2008). E por fim, a prática de refatoração que foi recorrentemente utilizada para obter um código mais limpo e manutenível e mitigar possíveis erros.

#### 3.2.2.2 Kanban

Esse método começou a ser aplicado na Engenharia de Software em 2004 por meio de uma equipe da Microsoft, mas já era amplamente usado na indústria. A palavra Kanban significa “cartão de sinal” e é exatamente isso o que representa: uma ferramenta visual que serve para auxiliar na organização de tarefas. Os principais benefícios de sua utilização são a visualização do fluxo de trabalho, ajuste na cadência e na definição de prioridades (OLIVEIRA, 2020).

Essa metodologia foi utilizada para centralizar toda informação referente ao desenvolvimento deste trabalho a fim de aumentar a produtividade e organização, pois além dos cartões tradicionais: “para fazer”, “fazendo” e “feito”, foram criados alguns adicionais com o objetivo de agrupar perguntas a serem feitas ao orientador à época, ideias que surgiram durante o desenvolvimento e até mesmo issues de código-fonte.

#### 3.2.2.3 Critérios de Escolha

A utilização de uma metodologia híbrida traz um grande poder de adaptação às condições estabelecidas para a realização deste trabalho. Por se tratarem de metodologias

ágeis, um foco maior é dado na construção de um software de qualidade e menos esforço é investido na escrita de documentação. O Kanban dispõe uma visão macro do andamento do projeto, o que ajuda na definição de prazos e gerenciamento dos riscos; enquanto que a utilização Personal Extreme Programming pode oferecer um grau de qualidade ao software, pois o código é sempre testado e refatorado.

## 3.3 Etapas do Trabalho

O acompanhamento do trabalho foi realizado semanalmente através de reuniões tanto remotas quanto presenciais com o professor orientador. Nos encontros as dúvidas foram esclarecidas e assuntos referentes ao trabalho foram discutidos. Também houveram contatos realizados de forma assíncrona via e-mail para fins de comunicar avisos e sanar dúvidas não tão urgentes. No intervalo de tempo entre as reuniões foi de responsabilidade do aluno seguir com a evolução do texto e do código-fonte.

### 3.3.1 Trabalho de Conclusão de Curso 1

A seguir estão listadas as principais atividades que compuseram a primeira etapa deste trabalho.

- Definição do tema: foi realizado um estudo acerca do problema de alocação de salas no campus do Gama da Universidade de Brasília. Foi uma etapa de aproximação com o tema, onde houve a leitura de trabalhos e abordagens semelhantes;

- Estudo dos algoritmos: etapa onde procurou-se entender todo o funcionamento dos algoritmos de emparelhamento, que foram citados na Seção 2, além da busca por implementações dos mesmos;

- Desenvolvimento do código: a fase consistiu no desenvolvimento dos algoritmos pertencentes à solução. Esses algoritmos serão detalhados no Capítulo 4;

- Desenvolvimento do texto: etapa de maior esforço, pois consistiu em redigir todos os capítulos, sendo eles: Introdução, Fundamentação Teórica, Metodologia, Proposta, Resultados e Conclusão;

- Apresentação inicial: nesta etapa o trabalho foi exposto à banca examinadora. Com base no texto redigido e na apresentação os integrantes da banca sugeriram melhorias, propuseram novas discussões e avaliaram o trabalho.

### 3.3.2 Trabalho de Conclusão de Curso 2

Na listagem a seguir, são apresentadas as atividades referentes à etapa final de desenvolvimento do trabalho.

- Correção: de acordo com as recomendações feitas pelos integrantes da banca foram realizados ajustes de cunho ortográfico e técnico no texto;
- Aperfeiçoamento: essa etapa consistiu na pesquisa por alternativas que pudessem contornar as adversidades encontradas no TCC 1;
- Evolução do código: fase de adaptação do software às mudanças realizadas na proposta do trabalho, além da manutenção e refatoração do código-fonte;
- Evolução do texto: nesta etapa os capítulos Proposta, Resultados e Conclusão foram redigidos e todo o texto revisado;
- Apresentação final: etapa final do trabalho, onde o mesmo é apresentado e avaliado por parte da banca examinadora.

## 3.4 Ferramentas utilizadas

As videoconferências, mencionadas na etapa de trabalho, foram realizadas via plataforma Teams, que foi escolhida devido à sua praticidade e experiência prévia de uso por parte dos envolvidos. Todo o texto do trabalho foi escrito utilizando a ferramenta Overleaf. Essa solução "é um editor colaborativo online em tempo real para artigos, teses, relatórios técnicos e outros documentos escritos na linguagem de marcação LaTeX" (OVERLEAF, 2022).

Para o desenvolvimento dos algoritmos foi utilizada a linguagem de programação Python, na versão 3.9.12 (estável) que foi lançada em 23 de Março de 2022. A biblioteca NetworkX, na versão 2.8.8, foi utilizada como implementação de alguns algoritmos de emparelhamento. A NetworkX é uma ferramenta feita em linguagem Python que conta com implementações de sofwares para redes complexas, grafos, entre outras funcionalidades (NETWORKX, 2022).

De acordo com o que foi definido na Seção 3.2.2.3, foi utilizada a plataforma Trello para aplicação da metodologia Kanban. O Trello[1] é a ferramenta visual que possibilita ao time o gerenciamento de qualquer tipo de projeto, fluxo de trabalho ou monitoramento de tarefas. Foi optado pelo uso desta ferramenta devido à sua intuitividade e eficiência na organização das atividades.

[1] Disponível em: https://trello.com/pt-BR/tour. Acesso em: 18/08/2022.

Em relação ao hardware, a Tabela 3 detalha as especificações da máquina que foi utilizada para a execução dos algoritmos.

Tabela 3 – Especificações da Máquina

| | |
|---|---|
| Modelo | Acer Nitro AN515-54 |
| Sistema Operacional | Linux (Ubuntu 22.04.1 LTS 64 bits) |
| Processador | Intel® Core™ i7-9750H CPU @ 2.60GHz × 12 |
| Memória RAM | 32 GB |
| Placa de vídeo | GeForce GTX 1650 Mobile / Max-Q |

Fonte: Autor

# 4 A proposta

Este capítulo tem por objetivo definir a formulação do problema de alocação de salas com base nas características que a problemática real apresenta e, a partir dessa concepção, modelar o problema para que possa ser resolvido computacionalmente respeitando todas as restrições levantadas na formulação. Este modelo será usado para gerar uma relação de turmas e salas que possa contribuir no processo de criação do documento de oferta de disciplinas. Para o experimento foram utilizados dados reais e públicos do campus do Gama da Universidade de Brasília.

## 4.1 Dados

Os dados necessários foram disponibilizados pela coordenação do curso de Engenharia Eletrônica por meio de arquivos no formato CSV (Comma-separated values). O primeiro é referente à uma oferta de disciplinas sancionada pela instituição em um semestre anterior, e a partir desse arquivo foram coletadas informações sobre turmas e os seus respectivos números de vagas. Já o segundo conta com informações sobre as salas disponíveis no *campus* e suas respectivas capacidades. Ambos possuem informações adicionais que estão detalhadas nas Tabelas 4 e 5.

Cada turma presente no arquivo de oferta de disciplinas pôde ser representada por um ou mais registros, e isso ocorreu porque as turmas estão fracionadas em cargas semestrais de 15 e 30 horas. A Tabela 6 mostra um exemplo de representação de uma turma, com carga horária semestral de 75, que foi particionada em 2 registros com 30 horas cada e 1 registro com 15 horas, sendo que para cada fração são mantidas informações que caracterizam essa turma, ou seja, sua disciplina associada, identificador e número de vagas. Esse particionamento ocorre pois o dia, horário e local podem ser distintos para cada registro garantindo que não ocorram simultaneamente. A explicação sobre o local em alguns casos ser distinto para cada registro é que a carga horária de uma disciplina pode ser dividida entre teórica e prática, isso significa que a porção teórica deve ser ministrada em salas comuns enquanto que a porção prática em salas do tipo laboratório.

Após uma análise sobre o arquivo de oferta de disciplinas foi detectada a falta de padronização em alguns campos em relação à capitalização das letras. Também foi definido que era necessário realizar uma filtragem dos dados, pois em alguns registros do arquivo a coluna “Professores” estava preenchida com o valor “Não Ofertada”; já em outras ocasiões a coluna referente ao número de vagas da turma está preenchida com o valor 0. Essas inconsistências demonstram de maneira implícita que a disciplina em questão não faria parte da oferta do respectivo período. Para evitar a utilização de dados desnecessários,

Tabela 4 – Resumo dos arquivos de oferta de disciplinas

| Coluna | Não nulas (Arquivo original) | Não nulas (Arquivo após o tratamento) | Tipo |
|---|---|---|---|
| Disciplina | 779 | 551 | String |
| Identificador | 746 | 551 | String |
| Fluxo | 779 | 551 | Inteiro |
| Vagas | 779 | 551 | Inteiro |
| Código | 765 | 547 | String |
| Dia | 776 | 551 | String |
| Horário | 776 | 551 | String |
| Modo | 779 | 551 | String |
| Código local | 779 | 551 | String |
| Local | 779 | 551 | String |
| Professores | 779 | 551 | String |
| Curso | 779 | 551 | String |
| Créditos | 765 | 539 | Float |
| Carga horária | 779 | 551 | Inteiro |

Fonte: Coordenação do curso de Engenharia Eletrônica (2022) com adaptações

Tabela 5 – Resumo do arquivo original de salas

| Id | Coluna | Não nulas | Tipo do dado |
|---|---|---|---|
| 1 | Sigla | 39 | String |
| 2 | Localização | 39 | String |
| 3 | Número de Alunos | 39 | Inteiro |
| 4 | Área | 33 | String |
| 5 | Código | 39 | Inteiro |
| 6 | Nome | 39 | String |

Fonte: Coordenação do curso de Engenharia Eletrônica (2022) com adaptações

Tabela 6 – Alguns registros do arquivo referente às turmas

| Registro | Disciplina | Id | Vagas | Dia | Horário | Local | Carga |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 323 | Dinâmica dos Fluidos | 1 | 25 | Seg | 10:00-11:50 | I4 | 30 |
| 324 | Dinâmica dos Fluidos | 1 | 25 | Qua | 10:00-10:55 | I4 | 15 |
| 325 | Dinâmica dos Fluidos | 1 | 25 | Sex | 10:00-11:50 | I4 | 30 |

Fonte: Coordenação do curso de Engenharia Eletrônica (2022) com adaptações

Tabela 7 – Alguns registros do arquivo referente às salas

| Registro | Sigla | Localização | Capacidade | Área (m2) | Código | Nome |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | I1 | AT-49/41 | 45 | 48,28 | 183364 | FGA-I1 |
| 2 | I2 | AT-42-48 | 60 | 64,98 | 183363 | FGA-I2 |
| 3 | I3 | AT-39/48 | 60 | 64,98 | 183365 | FGA-I3 |

Fonte: Coordenação do curso de Engenharia Eletrônica (2022) com adaptações

Tabela 8 – Ocorrência de horários das unidades de turmas

(a) Carga de 15 horas

| Intervalo | Ocorrências |
|---|---|
| 08:00 às 08:55 | 3 |
| 09:00 às 09:55 | 3 |
| 10:00 às 10:55 | 3 |
| 11:00 às 11:55 | 2 |
| 12:00 às 12:55 | 2 |
| 13:00 às 13:55 | 2 |
| 14:00 às 14:55 | 1 |
| 15:00 às 15:55 | 2 |
| 16:00 às 16:55 | 8 |
| 17:00 às 17:55 | 4 |

Fonte: Autor

(b) Carga de 30 horas

| Intervalo | Ocorrências |
|---|---|
| 08:00 às 09:50 | 119 |
| 10:00 às 11:50 | 147 |
| 12:00 às 13:50 | 13 |
| 14:00 às 15:50 | 127 |
| 16:00 às 17:50 | 111 |
| 18:00 às 19:50 | 4 |

Fonte: Autor

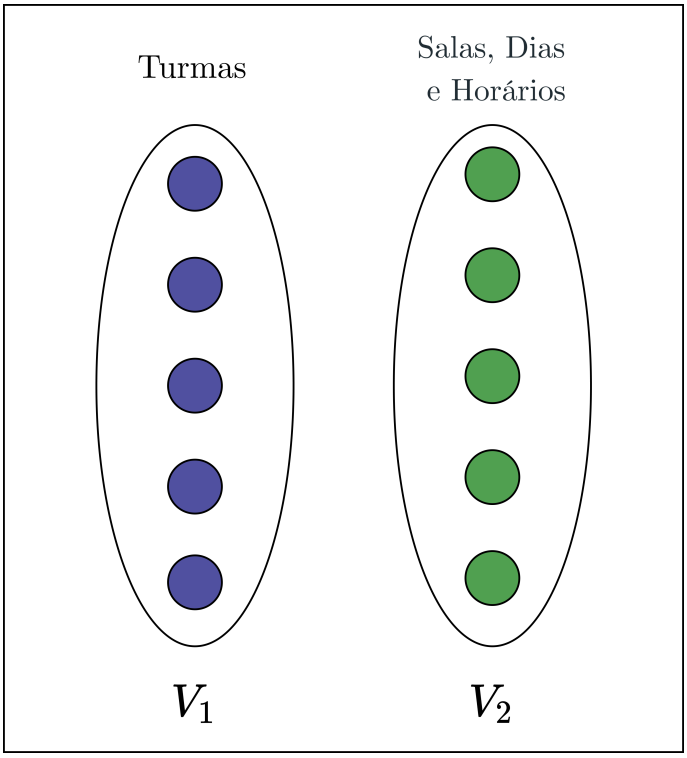
228 registros que se enquadravam em pelo menos algum dos casos mencionados foram removidos do arquivo original que contava com 779 entradas. Em algumas ocorrências o atributo referente à sala está com o valor “A DESIGNAR”, e estas foram mantidas devido ao fato de possuírem um valor válido de vagas e professores, o que pode significar que a disciplina será ofertada, diferentemente dos outros casos, porém a alocação manual não conseguiu definir um local. A Tabela 4 apresenta dados sobre o arquivo antes e depois do tratamento.

## 4.2 Modelagem

A caracterização do problema no contexto da instituição foi baseada na formulação elementar do problema de alocação de salas abordada na Seção 2.1 onde, além das restrições fundamentais, foi incorporada uma restrição de caráter rigoroso. Essa restrição se da pela relação vagas/capacidade, ou seja, uma turma só pode ser alocada a uma sala se a sua quantidade de vagas for menor ou igual à capacidade de alunos que esse espaço possa abrigar.

Para este trabalho, considerando o campus do Gama da Universidade de Brasília,

Figura 10 – Modelagem dos vértices




Fonte: Autor

o problema foi classificado como problema de intervalo com base nas definições de Carter e Tovey (1992) vistas na Seção 2.1. E isso ocorreu porque na etapa de modelagem as turmas foram fracionadas em pequenas partes independentes adaptando o problema à definição que faz referência a uma aula com um intervalo específico ao dia, tornando-o mais fácil de ser resolvido. A instituição não impõe restrição em relação ao fato de aulas de uma mesma turma ocorrerem em diferentes salas, pois atualmente as distâncias entre as salas existentes não é um fator tão significativo para se levar em conta na resolução.

O problema foi modelado por um grafo bipartido $G = (V_1 \cup V_2,\ E)$ onde $V_1$ é o conjunto relacionado às turmas, e os seus itens foram nomeados de "unidades de turmas"; por sua vez $V_2$ envolve as salas, e os seus itens foram chamados de "unidades de salas"; enquanto que o conjunto $E$ equivale à todas as arestas que representam as possibilidades de emparelhamento entre turmas e salas. Os elementos que compõem o conjunto das unidades de turmas são os registros contidos no arquivo de oferta de disciplinas, sendo assim $|V_1| = 551$. Já as unidades de salas são resultado da combinação dos registros do arquivo de salas com os dias da semana em que as aulas são ministradas (Segunda a Sábado) e de horários apresentados na Tabela 8b. A partir dessa combinação é gerado um vértice único que representa no contexto real o horário de uma sala em um dia específico e o seu total de elementos é dado por (salas $\times$ dias $\times$ horários).

Os dados da Tabela 8 mostram que pelo fato das unidades de turmas possuírem

Tabela 9 – Ilustração de vértices com horários conflitantes

| Sigla da sala | Dia | Horário | Duração | Carga |
|---|---|---|---|---|
| S1 | Seg | 08:00 às 08:55 | 55 minutos | 15h |
| S1 | Seg | 08:00 às 09:50 | 1 hora e 50 minutos | 30h |

Fonte: Autor

Tabela 10 – Salas do prédio UAC

| Tipo | Salas (Siglas) |
|---|---|
| Comum | I1 a I5, I8 e I9, S1 a S9 |
| Laboratório 1 | I6 e I7 |
| Laboratório 2 | I10 e S10 |

Fonte: Autor

diferentes cargas horárias, diferentes intervalos de tempo foram empregados. Porém esses intervalos sendo de diferentes durações gerariam conflito de horário caso fossem utilizados em uma mesma etapa da solução, como ilustrado na Tabela 9. Esse choque infringiria uma restrição elementar do problema, pois caso os vértices de $V_2$ fossem construídos levando em conta todos os intervalos, poderia ocorrer de uma sala abrigar duas unidades de turmas simultâneamente. Portanto para resolver o conflito, os intervalos de tempo com duração de 1 hora e 50 minutos foram utilizados para gerar os vértices de $V_2$, e essa decisão foi tomada pelo fato desses elementos ocorrerem com maior frequência.

Em virtude do arquivo de turmas ser referente a um documento de oferta de disciplinas, cada registro possui somente a informação sobre a sala que a unidade de turma à época foi alocada. O *campus* conta com três prédios onde são ministradas aulas, porém, segundo o site da instituição, a maior parte dessas aulas ocorre na Unidade Acadêmica (UAC). A Tabela 10 apresenta algumas das salas do prédio UAC categorizadas, de forma não oficial, com base na semelhança entre as mesmas. Por conta disso, visando dar mais versatilidade à solução, para cada unidade de turma foi definida uma lista de salas possíveis com base nos grupos definidos na tabela mencionada. Essa atribuição funcionou da seguinte maneira: para cada vértice de $V_1$ se a sala associada pertencesse a algum dos grupos estabelecidos, seria associado a esse vértice uma lista composta por todas as salas do respectivo grupo; caso contrário, sua lista de salas possíveis seria composta unicamente pela sala associada inicialmente. O Código 4.1 ilustra os elementos de cada conjunto.

Como explicado na Subseção 2.2.3, uma aresta deve possuir em suas extremidades vértices de conjuntos diferentes. Esta definição relacionada à teoria de grafos garante que uma turma nunca será emparelhada com outra, o mesmo é válido para as salas. A seguir encontram-se as restrições impostas pela modelagem do problema:

1. a oferta de vagas de uma turma não deve exceder a capacidade de uma sala;
2. o dia atribuído à unidade de turma deve ser concordante com o dia atrelado à unidade de sala;
3. o horário atribuído à unidade de turma deve ser concordante com o horário atrelado à unidade de sala;
4. a sala que o vértice de unidade de sala representa deve estar contida na lista de salas possíveis do vértice de unidade de turmas.

O Código 4.2 apresenta o processo de verificação dessas condições. É garantido que $v1 \in V_1$ e $v2 \in V_2$.

Código 4.1 – Ilustração de elementos de cada conjunto

```
v1 = {
     "disciplina": "Cálculo 1",
     "id": "A",
     "vagas": 130,
     "dia": "Seg",
     "horario": "08:00-09:50",
     "salas_possiveis": ["I9", "S1", "S2", "S3", "S4", "S9"]
}
v2 = {
    "sala": "I4",
    "capacidade": 45,
    "dia": "Ter",
    "horario": "10:00-11:50"
}
```

Código 4.2 – Função de verificação

```
def verificar_possibilidade_adjacencia(v1, v2):
    if v1["vagas"] <= v2["capacidade"] and \
       v1["dia"] == v2["dia"] and \
       v1["horario"] == v2["horario"] and \
       v2["sala"] in v1["salas_possiveis"]:
            return True
    return False
```

## 4.3 Algoritmos e Execução

Esta Seção descreve brevemente os algoritmos utilizados para a modelagem e execução da proposta. Para lidar com as turmas foi criado uma função que teve por objetivo ler o arquivo de oferta de disciplinas no formato CSV e transformá-lo em um dicionário da linguagem Python, e a partir desse processo os filtros mencionados na Seção 4.1 foram aplicados. A função tem como retorno o dicionário gerado contendo todos os dados sobre as unidades de turma. Referente às salas foi criada uma função com o comportamento semelhante, porém em vez do processo de filtragem, que não foi necessário, foram geradas todas as combinações únicas possíveis entre salas dias e horários.

O script principal recebeu os dados das funções e os adicionou como vértices do grafo categorizados pelos seus referentes conjuntos, e posteriormente todas as arestas foram geradas respeitando as regras citadas na Seção 4.2, tendo como resultado o grafo totalmente modelado. A etapa posterior consistiu no emparelhamento dos vértices, que foi o passo mais importante pois o resultado é análogo à distribuição de turmas por salas. Nesta etapa o Algoritmo de Hopcroft-Karp foi a abordagem escolhida, pois o algoritmo apresenta o melhor desempenho em relação ao tempo de execução, como mostrado na Tabela 1. Segundo Ritt (2010) essa é uma estratégia caracterizada por ser voltada para atuação em grafos bipartidos não ponderados, tornando-se a melhor e mais conhecida escolha.

No processo de emparelhamento foi utilizada a implementação do algoritmo de Hopcroft-Karp da biblioteca NetworkX[1]. Essa implementação recebe como parâmetro um grafo bipartido não-direcionado e tem como retorno um dicionário contendo as arestas presentes no emparelhamento $M$. A partir do emparelhamento gerado, algumas rotinas foram executadas para salvar informações sobre unidades de turmas não alocadas, unidades de salas restantes e um arquivo PDF contendo toda a grade horária das salas com as respectivas turmas.

[1] Disponível em: https://networkx.org/documentation/stable/reference/algorithms/bipartite.html

# 5 Resultados

Esta Seção é destinada a apresentar os resultados obtidos através da aplicação da proposta apresentada no capítulo anterior. A partir dos resultados foram feitas análises e levantadas algumas discussões a respeito da viabilidade da solução. Essas etapas visaram mapear os pontos de melhorias e destacar os feitos positivos do trabalho. As tabelas que envolvem cálculos extensos foram geradas através de scripts auxiliares e a distribuição completa de turmas e salas gerada pelo algoritmo pode ser vista no Apêndice A.

## 5.1 Descrição

Na etapa de modelagem o conjunto $V_1$ contou com 551 unidades de turmas, $V_2$ contou com 1404 unidades de salas e foram geradas 3596 arestas. A Tabela 11 apresenta dados sobre o emparelhamento gerado pelo algoritmo. Das unidades de turmas existentes 475 foram alocadas à alguma unidade de sala, entretanto 76 unidades não foram alocadas em decorrência de um ou mais conflitos. É importante destacar que dos casos de unidades de turma que não foram alocadas 44 possuem outras partes alocadas, e isso significa que 44 turmas não foram completamente alocadas. A seguir são descritos os motivos que causaram a não alocação das unidades de turmas:

1. horário fora do padrão: ocorre quando o vértice da unidade de turma possui um intervalo de tempo diferente do padrão adotado pelas unidades de salas;

2. vagas maior que a capacidade: ocorre quando o número de vagas de uma turma excede a capacidade de todas as salas das quais essa possa ser alocada;

3. sala não definida: ocorre quando a informação da unidade de turma referente à sala está preenchido com o valor “A DESIGNAR”;

4. falta de espaço: ocorre quando não restam unidades de salas compatíveis para a alocação.

Tabela 11 – Dados do emparelhamento

| Conjunto | Unidades alocadas | Total unidades | Taxa de alocação |
|---|---|---|---|
| $V_1$ | 475 | 551 | 86.2% |
| $V_2$ | 475 | 1404 | 33.8% |

Fonte: Autor

Tabela 12 – Representação de uma possível “fusão” de duas unidades

| Disciplina | Id | Sala | Dia | Horário |
|---|---|---|---|---|
| Dinâmica dos Fluidos | 1 | “LAB TERM” | Qua | 10:00 às 10:55 |
| Dinâmica dos Fluidos | 2 | “LAB TERM” | Qua | 11:00 às 11:55 |

Fonte: Autor

## 5.2 Análise

O fato de algumas turmas não terem sido totalmente alocadas foi realmente alarmante, tendo em vista que se não houver espaço suficiente não faz sentido manter as unidades de turmas que foram alocadas. A princípio não teria sido formulada uma maneira de priorizar com que o emparelhamento gerado possuísse a maior quantidade de turmas alocadas por inteiro.

O primeiro motivo de não alocação é referente ao problema de diferentes intervalos que foi exposto na Seção 4.2 . Não é possivel saber quantos poderiam ser alocados se as suas durações fossem ajustadas. O interessante para esse tipo de caso é que dependendo dos fatores de restrição, duas unidades de disciplinas com durações de 55 minutos cada, que tem horários seguidos e que foram atribuídas com o mesmo dia podem se tornar uma unidade só, totalizando uma duração de 1 hora e 50 minutos. A Tabela 12 mostra um exemplo real, retirado do conjunto das unidades de turmas não alocadas, onde seria possível realizar esse processo. É possível observar que as unidades presentes na tabela são de turmas com diferentes identificadores, o que não seria um problema. No conjunto real existem outros casos onde também é possível realizar essa junção.

O motivo de não alocação referente à relação vagas/capacidade foi decorrente do arquivo de ofertas de disciplinas, e devido a isso não pôde ser contornado. Através de uma breve observação foi possível perceber que em algumas ocasiões o número de vagas foi extrapolado em poucas unidades, e uma possível razão para isso é o aumento proposital de vagas por parte da coordenação devido a alta demanda de alunos por uma turma.

A problemática relacionada ao fato da unidade de turma não ter uma sala definida aconteceu em 4 dos 76 casos de não alocação, e ocorreu devido ao arquivo de salas não possuir um registro correspondente à sala que foi atrelada à respectiva unidade de turma.

A última motivação, que ocorre em 22 dos 76 casos de não alocação, decorreu em razão de não haver espaço suficiente para as unidades de turmas. E o valor pode ter sido expressivo por conta do fato dessas unidades serem previamente definidas com dia e horário. Na Seção 5.3 essa problemática foi debatida com mais detalhes.

A Tabela 11 mostra que 33.8% das unidades de salas foram utilizadas na alocação. Apesar do valor ser relativamente baixo, é necessário ter em mente que para cada sala,

Tabela 13 – Taxas de ocupação dos horários das salas

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00 às 09:50 | 49% | 59% | 62% | 54% | 51% | 3% |
| 10:00 às 11:50 | 67% | 74% | 72% | 72% | 56% | 3% |
| 12:00 às 13:50 | 5% | 5% | 13% | 3% | 8% | 0% |
| 14:00 às 15:50 | 41% | 74% | 62% | 69% | 59% | 3% |
| 16:00 às 17:50 | 59% | 51% | 62% | 44% | 28% | 3% |
| 18:00 às 19:50 | 0% | 5% | 0% | 5% | 0% | 0% |

Fonte: Autor

independentemente da sua capacidade de alunos, foram gerados $6 \times 6$ elementos referentes aos dias (6) e horários (6), e isso significa que salas com capacidades baixas possam estar supervalorizando o número. Outro fator importante é que para cada sala foram gerados 6 vértices a mais, referentes aos horários, por conta do dia de Sábado. Ainda que existam disciplinas alocadas, esse dia da semana é pouco utilizado pela universidade devido ao fato de não ser um dia útil. O mesmo apontamento é válido para o horário das 18 horas que por ser noturno não é comumente utilizado, porém para estes também foram gerados 6 vértices adicionais por cada sala referentes aos dias da semana considerados. A Tabela 13 apresenta as taxas de ocupação dos horários das 39 salas e é possível perceber o baixo número de alocações no dia de Sábado e no horário de 18:00 às 19:50. A tabela também evidencia que as unidades das salas referentes aos horários de 10:00 às 11:50 e 14:00 às 15:50, no dia de Terça-feira, foram as que possuiram mais unidades de turmas associadas com 74% cada. Vale ressaltar que essas taxa de ocupações são referentes a todas as salas, e isso significa que apesar de sobrarem horários em determinados períodos, muitos destes são referentes à salas específicas que provalvemente não seriam passíveis de alocação para algumas das unidades não alocadas. As Tabelas 14, 15 e 16 apresentam os horários disponíveis contando todas as salas pertencentes aos grupos que foram indicados pela Tabela 10. Por pertencerem ao prédio principal de aulas estão sob alta demanda, e devido a isso existem poucos horários restantes.

Existe um caso especial relativo à disciplina de Projeto Integrador de Engenharia 2 (PI 2) que possui ao todo 5 turmas com carga semestral de 90 horas cada, e essas turmas são representadas por 15 unidades de turmas como visto na Tabela 17. Pela tabela é possível perceber que as unidades de turmas compartilham de mesmo dia, horário e local com as unidades referentes às outras turmas, e isso ocorre pois na prática as aulas são ministradas com todas as turmas em conjunto devido ao fato da disciplina ser comum a todos os cursos oferecidos no campus e são oferecidas aproximadamente 35 vagas por turma. Logo, em vez de ser representada por 15 unidades de turmas, a disciplina poderia ser representada por 3 unidades de turmas, como mostrado na Tabela 18, sendo possível diminuir o número de unidades não alocadas e liberar espaços nas salas.

Tabela 14 – Horários disponíveis nas salas do tipo “Comum”

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00 às 09:50 | 1 | 1 | 0 | 2 | 5 | 16 |
| 10:00 às 11:50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 |
| 12:00 às 13:50 | 15 | 16 | 13 | 16 | 14 | 16 |
| 14:00 às 15:50 | 9 | 0 | 3 | 0 | 3 | 16 |
| 16:00 às 17:50 | 3 | 0 | 0 | 2 | 11 | 16 |
| 18:00 às 19:50 | 16 | 15 | 16 | 15 | 16 | 16 |

Fonte: Autor

Tabela 15 – Horários disponíveis nas salas do tipo “Laboratório 1”

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00 às 09:50 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 10:00 às 11:50 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 12:00 às 13:50 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 14:00 às 15:50 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 16:00 às 17:50 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 18:00 às 19:50 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |

Fonte: Autor

Tabela 16 – Horários disponíveis nas salas do tipo “Laboratório 2”

| Horário | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta | Sábado |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00 às 09:50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 10:00 às 11:50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 12:00 às 13:50 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 14:00 às 15:50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 16:00 às 17:50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 18:00 às 19:50 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Fonte: Autor

Tabela 17 – Registros referentes à disciplina Projeto Integrador de Engenharia 2

| Registro | Disciplina | Id | Vagas | Dia | Horário | Local | Alocada |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PI 2 | 1 | 130 | Qua | 16:00-17:50 | S1 | Sim |
| 2 | PI 2 | 1 | 250 | Sex | 14:00-15:50 | ANFITEATRO | Não |
| 3 | PI 2 | 1 | 250 | Sex | 16:00-17:50 | ANFITEATRO | Não |
| 4 | PI 2 | 2 | 130 | Qua | 16:00-17:50 | S1 | Sim |
| 5 | PI 2 | 2 | 130 | Sex | 14:00-15:50 | ANFITEATRO | Não |
| 6 | PI 2 | 2 | 130 | Sex | 16:00-17:50 | ANFITEATRO | Sim |
| 7 | PI 2 | 3 | 130 | Qua | 16:00-17:50 | S1 | Sim |
| 8 | PI 2 | 3 | 250 | Sex | 14:00-15:50 | ANFITEATRO | Sim |
| 9 | PI 2 | 3 | 250 | Sex | 16:00-17:50 | ANFITEATRO | Não |
| 10 | PI 2 | 4 | 35 | Qua | 16:00-17:50 | S1 | Sim |
| 11 | PI 2 | 4 | 35 | Sex | 14:00-15:50 | ANFITEATRO | Não |
| 12 | PI 2 | 4 | 35 | Sex | 16:00-17:50 | ANFITEATRO | Não |
| 13 | PI 2 | 5 | 130 | Qua | 16:00-17:50 | S1 | Não |
| 14 | PI 2 | 5 | 250 | Sex | 14:00-15:50 | ANFITEATRO | Não |
| 15 | PI 2 | 5 | 250 | Sex | 16:00-17:50 | ANFITEATRO | Não |

Fonte: FGA/UnB com adaptações

Tabela 18 – Registros de PI2 ajustados para alocação

| Registro | Disciplina | Id | Vagas | Dia | Horário | Local |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PI 2 | 1 | 250 | Qua | 16:00-17:50 | ANFITEATRO |
| 2 | PI 2 | 1 | 250 | Sex | 14:00-15:50 | ANFITEATRO |
| 3 | PI 2 | 1 | 250 | Sex | 16:00-17:50 | ANFITEATRO |

Fonte: Autor

## 5.3 Discussão

Inicialmente a solução tinha o papel de distribuir turmas às salas em dias e horários aleatórios a fim de proporcionar a maior distribuição de horários e consequentemente o maior número de alocações, contudo essa designação feita de forma não controlada poderia ter infringindo uma determinação da instituição relacionada ao conceito de fluxo de graduação que não foi considerada como restrição na formulação do problema. Os cursos possuem uma relação de disciplinas a serem cursadas ao longo dos semestres chamada de fluxo de graduação, onde alunos que estão alinhados à esse fluxo têm prioridade em matricularem-se nas turmas. Respectivo a isso se a solução emparelhasse turmas de mesma posição no fluxo de forma com que causasse um choque de horário, forçaria o aluno a decidir por cursar somente uma das disciplinas, no caso não de existissem outras turmas equivalentes, o que resultaria no seu desalinhamento em relação ao fluxo estando sujeito às consequências. Contornar as restrições envolvidas de maneira automatizada demandaria bastante esforço além de que seria algo não trivial, contudo valendo-se de que o arquivo

de oferta de disciplinas possui dias e horários associados para cada turma, presume-se que a determinação sobre de fluxo de graduação foi respeitada para o emparelhamento gerado, pois a grade horária foi validada pela instituição. Ainda em relação à distribuição não controlada de horários às turmas, essa estratégia poderia gerar uma grade horária incomum com horários bastante dispersos, o que poderia afetar na viabilidade da solução pela ótica da instituição.

Em relação à estratégia de adicionar uma relação de salas possíveis ao vértice, que foi abordada na proposta de solução, o ideal seria que para cada unidade de turma houvesse uma lista de salas passíveis de alocação. Essa atribuição faria com que aumentasse a chance de obter o emparelhamento máximo, pois possivelmente seriam geradas mais arestas; e possibilitaria também uma distribuição mais otimizada dos espaços pois poderia existir, entre as opções, salas com diferentes capacidades. A relação de salas possíveis pode ser bastante subjetiva, pois apesar das disciplinas possuírem informações sobre carga horária teórica e prática, não é suficiente para definir, de forma automatizada, uma lista de salas compatíveis com a demanda prática da disciplina em questão. Uma prova dessa subjetividade é que apesar de uma sala possuir computadores e uma disciplina demandar por um laboratório de informática, não necessariamente esses elementos podem ser emparelhados devido a possibilidade de que os computadores existentes nesse espaço não possuam os softwares necessários previamente instalados. Logo a definição dessa relação de salas haveria de ser feita manualmente por parte da coordenação, onde o fator humano pode flexibilizar algumas decisões em virtude de uma possível falta de espaço como, por exemplo, uma carga horária teórica ser ministrada numa sala do tipo laboratório. Como as disciplinas dificilmente alteram suas ementas, a maior parte desse trabalho manual só seria feita uma vez, pois essa relação seria aproveitada para os próximos semestres com a realização de ajustes quando necessário.

O conjunto de elementos que não foram alocados foi composto também por unidades de turmas referentes à disciplinas que são obrigatórias em determinados cursos. Uma forma de contornar essa situação seria dividir o problema, ou seja, executar primeiramente o processo considerando somente as unidades referentes às disciplinas obrigatórias e, num segundo momento, após remover as unidades de salas que foram alocadas, repetir o processo para o restante das unidades de turmas. Ainda sobre as unidades não alocadas boa parte foi referente ao conflito de horário, e estes não foram tratados por essa solução a princípio. Contudo, como já abordado, essas unidades restantes poderiam ser adequadas e alocadas em uma segunda execução do algoritmo.

# 6 Conclusão

## 6.1 Trabalhos futuros

Tendo em vista que oferta de disciplinas é organizada por meio de planilhas eletrônicas e que envolve as coordenações dos 5 cursos existentes no *campus*, logo a concepção de um software que centralizasse essas informações e tivesse a capacidade de gerar um arquivo semelhante ao de oferta de disciplinas, porém livre inconsistências, funcionaria como uma complementação da proposta deste trabalho. Além disso independente do fator de complementar a solução, poderia ser de bastante utilidade para a coordenação, pois somente o fato de sistematizar traria mais organização ao processo de alocação de salas. Esse software de gerenciamento poderia auxiliar os professores numa possível tarefa de definir quais salas uma determinada unidade de turma poderia ser alocada, além de verificar se a determinação de carga horária, teorica e prática, está sendo cumprida para cada disciplina.

Optar por uma abordagem de emparelhamento a custo máximo poderia solucionar questões e trazer discussões interessantes. Essa estratégia poderia encontrar o um melhor aproveitamento dos espaços onde, nesse caso, o peso da aresta seria calculado por uma função de custo representada por $f(c) = \text{vagas}/\text{capacidade}$. A atribuição de pesos poderia flexibilizar a ideia de salas possíveis, pois no processo de construção das arestas para uma unidade de turma certas salas poderiam receber um peso adicional. Além disso um peso maior poderia ser dado as unidades de turmas que são referentes à disciplinas obrigatórias. Logo seria gerado um emparelhamento que priorizasse certas alocações, porém mantendo o requisito de cardinalidade máxima como um dogma.

## 6.2 Considerações finais

O problema de alocação de salas é realmente desafiador, pois conta com inúmeros fatores que são bem característicos de cada contexto. Uma prova disso é que não é possível determinar se todos os pontos levantados nessa monografia foram suficientes para atender 100% das demandas e particularidades do problema no contexto aferido.

Apesar de não obter um emparelhamento completo, a estratégia pode auxiliar no processo de alocação das turmas diminuindo boa parte do esforço manual que a tarefa demanda. A solução ainda pode ser utilizada para resolver partes menores do problema, como por exemplo alocar todas as unidades de turmas com carga horária teórica, enquanto que as práticas de laboratório passariam por um outro processo e vice-versa.

# Referências

AGARWAL, R.; UMPHRESS, D. Extreme programming for a single person team. *Auburn University*, 2008. Citado na página 44.

ALVAREZ, G. M. *CRIAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE UMA BASE DE DADOS ORIENTADA A GRAFOS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE REDE SOCIAL*. 2013. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/11123/1/109625_Guilherme.pdf>. Citado na página 30.

ALYRIO, R. D. Métodos e técnicas de pesquisa em administração. *CECIERJ*, 2009. Citado na página 42.

ANDRADE, M. M. Introdução à metodologia do trabalho científico. *Atlas*, 2010. Citado na página 43.

BURKE, E. K. et al. A graph-based hyper-heuristic for educational timetabling problems. *European Journal of Operational Research*, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 27.

CARTER, M. W.; TOVEY, C. A. When is the classroom assignment problem hard? *Georgia Institute of Technology*, 1992. Citado 5 vezes nas páginas 23, 24, 27, 43 e 52.

CP-ALGORITHMS. *Maximum flow - Ford-Fulkerson and Edmonds-Karp*. 2022. Disponível em: <https://cp-algorithms.com/graph/edmonds_karp.html>. Citado 3 vezes nas páginas 33, 37 e 38.

ELLOUMI, A. et al. The classroom assignment problem: Complexity, size reduction and heuristics. *ELSEVIER*, 2013. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 43.

FAUDZI, S.; ABDUL-RAHMAN, S.; RAHMAN, R. A. An assignment problem and its application in education domain: A review and potential path. *HINDAWI*, 2018. Citado na página 24.

FEOFILOFF, P. *Grafos*. 2017. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos_para_grafos/aulas/graphs.html#indegreeoutdegree>. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.

FEOFILOFF, P. *Grafos*. 2017. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos_para_grafos/aulas/bfs.html#:~:text=Um%20algoritmo%20de%20busca%20%C3%A9,percorrido%20no%20m%C3%A1ximo%20uma%20vez.> Citado na página 30.

FEOFILOFF, P. *O problema do fluxo máximo*. 2021. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~pf/algoritmos_para_grafos/aulas/flow.html>. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.

FEOFILOFF, P.; KOHAYAKAWA, Y.; WAKABAYASHI, Y. *Uma Introdução Sucinta à Teoria dos Grafos*. [S.l.]: IME-USP, 2011. Citado na página 29.

FIZZANO, P.; SWANSON, S. Scheduling classes on a college campus. *Computational Optimization and Applications*, 2000. Citado na página 43.

FLEURY, M. T. L.; WERLANG, S. R. C. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. *FGV EAESP*, 2016. Citado na página 41.

FONSECA, J. J. S. da. Metodologia da pesquisa científica. *Universidade Estadual do Ceará*, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 42 e 43.

GEEKSFORGEEKS. *Difference between BFS and DFS*. 2022. Disponível em: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-bfs-and-dfs/>. Citado na página 31.

GEEKSFORGEEKS. *Hopcroft–Karp Algorithm for Maximum Matching*. 2022. Disponível em: <https://www.geeksforgeeks.org/hopcroft-karp-algorithm-for-maximum-matching-set-1-introduction/>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

GEEKSFORGEEKS. *Max Flow Problem Introduction*. 2022. Disponível em: <https://www.geeksforgeeks.org/max-flow-problem-introduction/>. Citado na página 35.

GIL, A. C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. [S.l.]: Editora Atlas, 2002. Citado na página 41.

HALIM, S.; HALIM, F. *Competitive Programming 3: The New Lower Bound of Programming Contests*. [S.l.]: Lulu, 2013. Citado 3 vezes nas páginas 29, 31 e 34.

HSIEH, A.-J.; HO, C.-W.; FAN, K.-C. An extension of the bipartite weighted matching problem. *ELSEVIER*, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 43.

JUNIOR, E. A. da C. *Grafos: Detecção de Ciclos*. 2021. Disponível em: <https://github.com/edsomjr/TEP/blob/master/Grafos/slides/deteccao_de_ciclos/deteccao_de_ciclos.pdf>. Citado na página 29.

KAWAKAMI, M. M. *Algoritmos em redes de fluxo e aplicações*. 2017. Disponível em: <https://bcc.ime.usp.br/tccs/2017/mamk/files/poster.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.

KIRILOV, A. *Introdução a Teoria de Conjuntos*. 2017. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~akirilov/ensino/2017/docs/itc01-UFPR-2017.pdf>. Citado na página 38.

KOGLER, J. *Minimum-cost flow - Successive shortest path algorithm*. 2022. Disponível em: <https://cp-algorithms.com/graph/min_cost_flow.html#implementation>. Citado na página 23.

LANDUP, D. et al. *Breadth-First Search (BFS) Algorithm*. 2011–2013. Disponível em: <https://stackabuse.com/courses/graphs-in-python-theory-and-implementation/lessons/breadth-first-search-bfs-algorithm/>. Citado na página 30.

LANDUP, D. et al. *Depth-First Search (DFS) Algorithm*. 2011–2013. Disponível em: <https://stackabuse.com/courses/graphs-in-python-theory-and-implementation/lessons/depth-first-search-dfs-algorithm/>. Citado na página 31.

MELO, G. S. de. *Introdução à Teoria dos Grafos*. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/7549/5/arquivototal.pdf>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

NETTO, J. B. O.; SILVA, H. C. da. Alocação de salas usando fluxo máximo de custo mínimo em grafos bipartidos. *UFG*, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

NETWORKX. *Network Analysis in Python*. 2022. Disponível em: <https://networkx.org/>. Citado na página 46.

NUNES, R. C.; SILVA, F. M. da; NETO, R. F. T. Problema de alocaÇÃo de salas: Modelagem e aplicaÇÃo na ufscar. *ENEGEP*, 2017. Citado na página 27.

OLIVEIRA, L. M. Modelo de gerenciamento Ágil de projetos utilizando a metodologia kanban: aplicação em uma empresa de software. *Universidade Federal de Santa Catarina*, 2020. Citado na página 44.

OSTROSKI, A.; MENONCINI, L. Teoria dos grafos e aplicações. *UTFPR, Pato Branco*, 2009. Citado na página 28.

OVERLEAF. *Overleaf*. 2022. Disponível em: <https://www.overleaf.com/about>. Citado na página 46.

PAIOLA, P. H. *Emparelhamento em grafos bipartidos*. 2020. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1cHfhLVHcW6IVY3Hj0wXTg3X-E7Wfct6Y/view>. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

PAIOLA, P. H. *Fluxo Máximo*. 2020. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1q-SppIiJ2wDJ4HqzVzm3f18CUolrANdN/view>. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 37.

PRADO, A. S.; SOUZA, S. R. de. Problema de alocação de salas em cursos universitários: Um estudo de caso. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 2014. Citado na página 23.

PRESTES, E. *Introdução à Teoria dos Grafos*. [S.l.]: UFRGS, 2020. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 29.

RITT, M. *INF05010 - Algoritmos avan¸cados Notas de aula*. 2010. Disponível em: <https://www.inf.ufrgs.br/~MRPRITT/lib/exe/fetch.php?media=inf05504:notas-3530a.pdf>. Citado na página 55.

SANTOS, F. A. de O. et al. Metodologias híbridas de desenvolvimento de software:uma opção viável para gestão de projetos. *Instituto Federal do Maranhão - IFMA*, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.

SBROCCO, J. H. T. de C. *Metodologias Ágeis. Engenharia de Software sob Medida*. [S.l.]: Editora Érica, 2012. Citado na página 43.

SILVA, D. da; LOPES, E. L.; JUNIOR, S. S. B. Pesquisa quantitativa: Elementos, paradigmas e definições. *Revista de Gestão e Secretariado*, 2013. Citado na página 42.

SILVA, D. da; SIMON, F. O. Abordagem quantitativa de anÁlise de dados de pesquisa: ConstruÇÃo e validaÇÃo de escala de atitute. *UNICAMP*, 2005. Citado na página 42.

SZWARCFITER, J. L. *Grafos e Algoritmos Computacionais*. [S.l.]: Editora Campus, 1984. Citado 4 vezes nas páginas 29, 30, 32 e 33.

TAVARES, S. de S. *Redes: Fluxo Máximo e Corte Mínimo*. 2006. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/64129/1/91721_TESE-215_TM_01_P.pdf>. Citado na página 33.

THIOLLENT, M. *Metodologia da Pesquisa-Ação*. [S.l.]: Cortez, 2009. Citado na página 41.

# Apêndices

# APÊNDICE A – Emparelhamento obtido

Este apêndice contém informações referentes ao emparelhamento gerado pela solução proposta neste trabalho. Cada página apresenta uma sala da instituição com sua respectiva capacidade e grade horária semanal.

# Sala I1 Capacidade: 45

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Teoria de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | Tópicos Especiais em Eletronica<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 25 | Projeto de Sistemas Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Economia da Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Sinais e Sistemas para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 10:00-11:50 | Dinâmica dos Fluidos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Requisitos de Software<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 42 | Topicos Especiais 4 em Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Requisitos de Software<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 42 | Transferência de Calor<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | Topicos Especiais 2 em Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- | Topicos Especiais 2 em Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- |
| 14:00-15:50 | Topicos Especiais 3 em Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Fenômenos de Transporte<br>Turma 8 \| Vagas na turma: 30 | Sistemas de Energia Solar e Eólica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Fenômenos de Transporte<br>Turma 8 \| Vagas na turma: 30 | Sistemas de Energia Solar e Eólica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 16:00-17:50 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 35 | Inteligência Artificial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Teoria de Eletricidade Aplicada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 35 | Produtividade e Profissionalismo em Engenharia Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Física Moderna<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | Gestão da Produção Automotiva<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | Gestão da Produção Automotiva<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |

# Sala I2 Capacidade: 60

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Máquinas de Fluido<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Dinâmica de Veículos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 30 | Teoria de Sistemas<br>de Conversão de Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Dinamica dos Mecanismos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Fontes de Energia<br>e Tecnologias de Conversão<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 10:00-11:50 | Interação Humano Computador<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Teoria de Eletrônica<br>Digital 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Mecânica do Voo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Instrumentação Eletrônica para<br>Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Transmissão e Distribuição<br>de Energia Elétrica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- |
| 12:00-13:50 | Projeto de Estruturas<br>de Veículos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- | Projeto de Estruturas<br>de Veículos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Termodinâmica 1<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 60 | Princípios de Controle<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Matematica Discreta 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Elementos e Métodos<br>em Eletrônica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Matematica Discreta 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 16:00-17:50 | Técnicas de Programação<br>em Plataformas Emergentes<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Teoria da Fisica<br>dos Dispositivos Eletrônicos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Tópicos Especiais em<br>Programação<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Mecanica dos Sólidos<br>2 para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 50 | Tópicos Especiais em<br>Programação<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I3 Capacidade: 60

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Equipamentos Termofluidos Automoti<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Combustíveis e Biocombustíveis<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Fontes de Energia<br>e Tecnologias de Conversão<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Teoria de Circuitos<br>Eletrônicos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Mecânica do Voo<br>Espacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 10:00-11:50 | Integração e Testes<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Fundamentos de Variáveis<br>Complexas para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Gestão Ambiental no<br>Setor Energético<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Fundamentos de Variáveis<br>Complexas para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Tópicos Especiais em<br>Eletronica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Teoria de Eletromagnetismo<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 60 | Elementos e Métodos<br>em Eletrônica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Mecânica dos Sólidos<br>1 para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 60 | Princípios de Controle<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Mecânica dos Sólidos<br>1 para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 16:00-17:50 | Eletronica de Potencia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Métodos Experimentais para<br>Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | Projeto Integrador de<br>Engenharia 1<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 60 | Tópicos Especiais de<br>Engenharia de Software<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I4 Capacidade: 45

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Propulsão Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Teoria de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Teoria de Eletricidade Aplicada<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 35 | Sinais e Sistemas para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | Processamento de Sinais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 10:00-11:50 | Projeto de Elementos Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Processamento Digital de Imagens<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Projeto de Elementos Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Processos Petroquímicos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Projeto de Elementos Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Análise Instrumental de Combustíveis<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Processos Estocásticos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Fenômenos de Transporte<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 30 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 16:00-17:50 | Física Moderna<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Métodos Experimentais para Engenharia<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 15 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 45 | Engenharia de Petróleo e Gás<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I5 Capacidade: 45

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Máquinas de Fluido<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | Economia da Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Equipamentos Termofluidos Automoti<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Propulsão Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Sinais e Sistemas para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Dinâmica de Estruturas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Integração e Testes<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Engenharia de Software Experimental<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Mecânica do Voo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Tecnologias de Fabricação 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | Fenômenos de Transporte<br>Turma 9 \| Vagas na turma: 30 | Processos Estocásticos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- |
| 16:00-17:50 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 35 | Produtividade e Profissionalismo em Engenharia Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Física Moderna<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Aerodinâmica de sistemas aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I6 Capacidade: 40

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | Dinamica dos Mecanismos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- | Tópicos Especiais em Eletronica<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 25 | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Transferência de Calor<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 40 | Métodos de Desenvolvimento de Software<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 40 | Tópicos Especiais em Eletronica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Estrutura de Dados e Algoritmos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Orientação a Objetos<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 40 | Requisitos de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Introdução ao Design e Concepção de Veículos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Análise Estrutural Métodos de Elementos Finitos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Introdução ao Design e Concepção de Veículos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | Qualidade de Software 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 40 | ---- | Qualidade de Software 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 40 | ---- | ---- |

# Sala I7 Capacidade: 40

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | Estrutura de Dados e Algoritmos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- | Métodos de Desenvolvimento de Software<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 40 | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Análise Estrutural Métodos de Elementos Finitos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Orientação a Objetos<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 40 | Requisitos de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I8 Capacidade: 45

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Teoria de Eletricidade Aplicada<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | Mecânica de Estruturas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Máquinas de Fluido<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | Dinâmica de Veículos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 30 | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Química Orgânica para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Tecnologias de Fabricação 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Transferência de Calor<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 45 | Tecnologias de Fabricação 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Física 3<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Materiais Compostos e Plásticos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Topicos Especiais 3 em Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Fenômenos de Transporte<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 30 | Combustíveis e Biocombustíveis<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 16:00-17:50 | Teoria de Eletricidade Aplicada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Engenharia de Petróleo e Gás<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 45 | Inteligência Artificial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I9 Capacidade: 130

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Projeto de Algoritmos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 65 | Introdução à Álgebra Linear<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 120 | Métodos Numéricos para Engenharia<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Mecânica dos Sólidos 1 para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 120 | ---- |
| 10:00-11:50 | Projeto de Algoritmos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Cálculo 3<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 120 | Estruturas de Dados 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Mecânica dos Sólidos 1 para Engenharia<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Matematica Discreta 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | Humanidades e Cidadania<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | ---- | Humanidades e Cidadania<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | ---- |
| 14:00-15:50 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Estrutura de Dados e Algoritmos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Probabilidade e Estatística Aplicada a Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Gestão da Produção da Qualidade<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Introdução à Álgebra Linear<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 120 | ---- |
| 16:00-17:50 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 130 | Cálculo 1<br>Turma 15 \| Vagas na turma: 120 | Física 1<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 110 | Cálculo 1<br>Turma 15 \| Vagas na turma: 120 | Engenharia Econômica<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala I10 Capacidade: 80

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 12 \| Vagas na turma: 80 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 70 | Orientação a Objetos<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 70 |
| 10:00-11:50 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 70 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 70 |
| 12:00-13:50 | Mecânica de Estruturas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 70 | Métodos Numéricos para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 70 | Métodos Numéricos para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 80 | ---- |
| 14:00-15:50 | Programacao para Sistemas Paralelos e Distribuídos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Sistema de Banco de Dados 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | Testes de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 70 |
| 16:00-17:50 | Orientação a Objetos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 70 | Orientação a Objetos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Métodos de Desenvolvimento de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Desenvolvimento de Sofware<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 70 |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S1 Capacidade: 130

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Fundamentos de Sistemas Operacionais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 110 | Mecânica dos Sólidos 1 para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 60 | Cálculo 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 120 | Fundamentos de Sistemas Operacionais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 110 | ---- |
| 10:00-11:50 | Cálculo 1<br>Turma 20 \| Vagas na turma: 120 | Mecânica dos Sólidos 1 para Engenharia<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Física 3<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Aprendizado de Maquina<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Topicos Especiais 4 em Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Teoria de Materiais de Construção<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 90 | Teoria de Materiais de Construção<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 90 | Teoria de Eletrônica Digital 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 100 | Teoria de Materiais de Construção<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 90 | Teoria de Eletrônica Digital 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 100 | ---- |
| 16:00-17:50 | Física 1<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 110 | Física 1<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 110 | Projeto Integrador de Engenharia 2<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Física 1<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 110 | Métodos Numéricos para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S2 Capacidade: 130

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Engenharia de Segurança do Trabalho<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 120 | Cálculo 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 120 | Teoria de Eletromagnetismo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Introdução à Álgebra Linear<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 120 | Projeto de Algoritmos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 65 | ---- |
| 10:00-11:50 | Introdução à Álgebra Linear<br>Turma 13 \| Vagas na turma: 120 | Qualidade de Software 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Cálculo 1<br>Turma 20 \| Vagas na turma: 120 | Cálculo 2<br>Turma 16 \| Vagas na turma: 120 | Probabilidade e Estatística Aplicada a Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Introdução à Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Melhoria de Processos de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Compiladores 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Matematica Discreta 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 16:00-17:50 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 130 | Gerencia de Configuração e Evolução de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Métodos Numéricos para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Gestão da Produção da Qualidade<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Fundamentos de Arquitetura de Computadores<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S3 Capacidade: 130

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Cálculo 2<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 120 | Química Geral Teórica<br>Turma 10 \| Vagas na turma: 65 | Cálculo 2<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 120 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 120 | Teoria de Eletromagnetismo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 10:00-11:50 | Fundamentos de Arquitetura de Computadores<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 70 | Mecanica dos Sólidos 2 para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Cálculo 3<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 120 | Projeto de Algoritmos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Matematica Discreta 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Gestão da Produção da Qualidade<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Introdução à Álgebra Linear<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 120 | Melhoria de Processos de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Probabilidade e Estatística Aplicada a Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 16:00-17:50 | Desenvolvimento de Sofware<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Testes de Software<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 70 | Projeto Integrador de Engenharia 2<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 130 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S4 Capacidade: 130

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Métodos Numéricos para Engenharia<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Princípios de Comunicação para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 120 | Princípios de Comunicação para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Teoria de Eletrônica Digital 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 100 | ---- |
| 10:00-11:50 | Matematica Discreta 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 120 | Probabilidade e Estatística Aplicada a Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 130 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 120 | Cálculo 1<br>Turma 20 \| Vagas na turma: 120 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Engenharia de Produto de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Teoria de Eletromagnetismo<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 60 | Materiais Compostos e Plásticos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Compiladores 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 16:00-17:50 | Cálculo 1<br>Turma 15 \| Vagas na turma: 120 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Engenharia Econômica<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 130 | Gerencia de Configuração e Evolução de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S5 Capacidade: 45

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Projeto de Sistemas Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Sinais e Sistemas para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | Teoria de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Dinâmica dos Fluidos<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | Engenharia de Software Experimental<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Química Orgânica para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Dinâmica de Estruturas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Gestão Ambiental no Setor Energético<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Fenômenos de Transporte<br>Turma 9 \| Vagas na turma: 30 | ---- | Análise Instrumental de Combustíveis<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | Tópicos Especiais de Engenharia de Software<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 45 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 35 | Teoria de Circuitos Eletrônicos 3<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S6 Capacidade: 60

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Anatomia e Fisiologia Humana<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Propulsão Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Máquinas de Fluido<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Mecânica de Estruturas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Teoria de Sistemas de Conversão de Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 10:00-11:50 | Engenharia de Segurança do Trabalho<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Instrumentação Eletrônica para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Sistemas Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Teoria de Eletrônica Digital 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Dinâmica dos Fluidos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Fenômenos de Transporte<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 30 | Programacao para Sistemas Paralelos e Distribuídos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Tecnologias de Fabricação 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | Termodinâmica 1<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 60 | ---- |
| 16:00-17:50 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 60 | Mecanica dos Sólidos 2 para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 50 | Projeto Integrador de Engenharia 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 35 | Teoria da Fisica dos Dispositivos Eletrônicos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S7 Capacidade: 60

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 60 | Matematica Discreta 2<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 60 | Anatomia e fisiologia Humana<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Matematica Discreta 2<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 60 | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Teoria de Circuitos Eletrônicos 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Aprendizado de Maquina<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Teoria de Circuitos Eletrônicos 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Mecanica dos Sólidos 2 para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Sistemas Automotivos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Fenômenos de Transporte<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 30 | ---- | Engenharia de Produto de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | Aerodinâmica de sistemas aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Projeto Integrador de Engenharia 2<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 35 | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S8 Capacidade: 45

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | Mecânica do Voo Espacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Sistemas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Processos Petroquímicos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Sistemas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Processamento Digital de Imagens<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 40 | Dinâmica dos Fluidos<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Ondulatória e Fisica Térmica para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | Ondulatória e Fisica Térmica para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | Métodos Experimentais para Engenharia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 15 | Eletronica de Potencia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S9 Capacidade: 130

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Ciências Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 120 | Teoria de Eletrônica Digital 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 100 | Química Geral Teórica<br>Turma 10 \| Vagas na turma: 65 | Cálculo 2<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 120 | ---- |
| 10:00-11:50 | Cálculo 3<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 120 | Cálculo 2<br>Turma 16 \| Vagas na turma: 120 | Introdução à Álgebra Linear<br>Turma 13 \| Vagas na turma: 120 | Qualidade de Software 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 60 | Estruturas de Dados 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Humanidades e Cidadania<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Física 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 110 | Estrutura de Dados e Algoritmos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Física 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 110 | ---- |
| 16:00-17:50 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 12 \| Vagas na turma: 130 | Cálculo 3<br>Turma 10 \| Vagas na turma: 120 | Projeto Integrador de Engenharia 2<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 130 | Cálculo 3<br>Turma 10 \| Vagas na turma: 120 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala S10 Capacidade: 80

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 12 \| Vagas na turma: 80 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 80 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | ---- |
| 10:00-11:50 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 70 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 80 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 80 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | Testes de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Algoritmos e Programação de Computadores<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 80 | Sistema de Banco de Dados 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Orientação a Objetos<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 80 | ---- |
| 16:00-17:50 | Fundamentos de Redes de Computadores<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Prática de Eletromagnetismo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 80 | Fundamentos de Redes de Computadores<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 70 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 70 | Desenho Industrial Assistido por Computador<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 70 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala ANTE-I10 Capacidade: 7

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala MULTIUSO Capacidade: 15

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | Acústica e Vibrações Veiculares<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | ---- | Acústica e Vibrações Veiculares<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | Biorrefinarias<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | ---- | Biorrefinarias<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Topicos Especiais Em Matematica Aplicada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | Topicos Especiais Em Matematica Aplicada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala ANFITEATRO Capacidade: 250

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Introdução à Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 250 | ---- | ---- | ---- | Humanidades e Cidadania<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 70 | ---- |
| 10:00-11:50 | Desenvolvimento Sustentável<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Engenharia Econômica<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 120 | Desenvolvimento Sustentável<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 130 | Engenharia Econômica<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 120 | Humanidades e Cidadania<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 70 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Tópicos Especiais de Engenharia de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 250 | Introdução à Engenharia<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 250 | Tópicos Especiais de Engenharia de Software<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 250 | Projeto Integrador de Engenharia 2<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 250 | ---- |
| 16:00-17:50 | Engenharia e Ambiente<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 120 | ---- | Engenharia e Ambiente<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 120 | ---- | Projeto Integrador de Engenharia 2<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 35 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB QUIMICA Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | Química Geral Experimental<br>Turma 17 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Química Geral Experimental<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 16 | Química Geral Experimental<br>Turma 10 \| Vagas na turma: 16 | Química Geral Experimental<br>Turma 19 \| Vagas na turma: 16 | Química Geral Experimental<br>Turma 21 \| Vagas na turma: 16 | Química Geral Experimental<br>Turma 8 \| Vagas na turma: 16 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Química Geral Experimental<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | Química Geral Experimental<br>Turma 23 \| Vagas na turma: 16 | Química Geral Experimental<br>Turma 12 \| Vagas na turma: 16 | ---- | Química Geral Experimental<br>Turma 22 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB FISICA Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | Física 1 Experimental<br>Turma 23 \| Vagas na turma: 24 | Física 1 Experimental<br>Turma 30 \| Vagas na turma: 24 | ---- | Física 1 Experimental<br>Turma 15 \| Vagas na turma: 24 | ---- |
| 10:00-11:50 | Física 1 Experimental<br>Turma 26 \| Vagas na turma: 24 | Física 1 Experimental<br>Turma 17 \| Vagas na turma: 24 | Física 1 Experimental<br>Turma 29 \| Vagas na turma: 24 | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Física 1 Experimental<br>Turma 13 \| Vagas na turma: 24 | Física 1 Experimental<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 24 | Física 1 Experimental<br>Turma 18 \| Vagas na turma: 24 | Física 1 Experimental<br>Turma 31 \| Vagas na turma: 24 | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB FIS MOD Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB NEI 1 Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | Pratica de Circuitos Eletronicos 3<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | Pratica de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 24 | Pratica de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 24 | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | Pratica de Física dos Dispositivos Eletronicos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | Pratica de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 24 | Pratica de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 24 | Pratica de Circuitos Eletrônicos 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | Pratica de Física dos Dispositivos Eletronicos<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Pratica de Circuitos Eletrônicos 1<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 24 | ---- | ---- | Pratica de Circuitos Eletrônicos 2<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | ---- |
| 16:00-17:50 | Pratica de Circuitos Eletronicos 3<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB NEI 2 Capacidade: 20

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 13 \| Vagas na turma: 16 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 12 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 11 \| Vagas na turma: 16 | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 9 \| Vagas na turma: 16 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 8 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 6 \| Vagas na turma: 16 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 16 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 7 \| Vagas na turma: 16 | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 10 \| Vagas na turma: 16 | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 16 | ---- | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 16 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB SS Capacidade: 50

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | Projeto com Circuitos Reconfiguráveis<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | ---- | Projeto com Circuitos Reconfiguráveis<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | Pratica de Eletronica Digital 2<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 30 | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | Fundamentos de Sistemas Embarcados<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | ---- | Fundamentos de Sistemas Embarcados<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Pratica de Eletronica Digital 2<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 30 | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | Pratica de Eletronica Digital 1<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Sistemas Operacionais Embarcados<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Projeto de Circuitos Integrados 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Sistemas Operacionais Embarcados<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Projeto de Circuitos Integrados 1<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Sistemas Operacionais Embarcados<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | ---- |
| 16:00-17:50 | Eletrônica Embarcada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | ---- | Eletrônica Embarcada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | ---- | Eletrônica Embarcada<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB ELET Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | Laboratorio de Eletricidade Aplicada<br>Turma 5 \| Vagas na turma: 10 | ---- | Laboratorio de Eletricidade Aplicada<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 10 | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Laboratorio de Eletricidade Aplicada<br>Turma 4 \| Vagas na turma: 20 | Laboratorio de Eletricidade Aplicada<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | Laboratório de Sistemas de Conversão de Energia<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 20 | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | Laboratório de Sistemas de Conversão de Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB TERM Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | Sistemas Hidroelétricos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala TERMO-SUP Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | Sistemas Hidroelétricos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- | Sistemas Hidroelétricos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | Tópicos Especiais 1<br>em Engenharia de Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 10 | Dinâmica dos Gases<br>para Sistemas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Tópicos Especiais em<br>Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Dinâmica dos Gases<br>para Sistemas Aeroespaciais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | Tópicos Especiais em<br>Engenharia Aeroespacial<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- |
| 16:00-17:50 | Tópicos Especiais 1<br>em Engenharia de Energia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 10 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB MAT Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala MOCAP Capacidade: 50

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | Interação Humano Computador<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 42 | Processamento de Sinais<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 45 | Interação Humano Computador<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 42 | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Ergonomia do Produto<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | ---- | Ergonomia do Produto<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 50 | Prática de Eletromagnetismo<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 50 | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB SHP Capacidade: 16

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Sistemas de Controle Automotivo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | Tópicos Especiais em Engenharia Automotiva<br>Turma 2 \| Vagas na turma: 16 | Sistemas de Controle Automotivo<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | Eletronica Veicular<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | ---- | Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | Sensores e Transdutores<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | ---- | Sensores e Transdutores<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 16 | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LAB OND Capacidade: 25

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | ---- | Laboratório de Ondulatória e Física Térmica para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 24 | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LDTEA 2 Capacidade: 30

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Tópicos Especiais em Eletronica<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 20 | ---- | Tópicos Especiais em Eletronica<br>Turma 3 \| Vagas na turma: 20 | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala LDTEA 3 Capacidade: 30

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Introdução à Mecânica da Fratura<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 30 | ---- | Introdução à Mecânica da Fratura<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 30 | ---- | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | Arquitetura de Motores de Combustão interna<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- | Arquitetura de Motores de Combustão interna<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 25 | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | Engenharia de Manutenção<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | ---- | Engenharia de Manutenção<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |

# Sala NIT/LDS Capacidade: 20

| | Seg | Ter | Qua | Qui | Sex | Sab |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 08:00-09:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 10:00-11:50 | Propulsão Elétrica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | Comunicações Digitais para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | Propulsão Elétrica<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 15 | Comunicações Digitais para Engenharia<br>Turma 1 \| Vagas na turma: 20 | ---- | ---- |
| 12:00-13:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 14:00-15:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 16:00-17:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| 18:00-19:50 | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |