



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Lucas Henrique Gonçalves Wodtke

**OTIMIZAÇÃO NA GERÊNCIA ACADÊMICA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR E INTEIRA**

Florianópolis, Santa Catarina – Brasil
2022

Lucas Henrique Gonçalves Wodtke

**OTIMIZAÇÃO NA GERÊNCIA ACADÊMICA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR E INTEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Programa de Graduação em Ciências da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências da Computação.

Orientador: Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr.

Florianópolis, Santa Catarina – Brasil

2022

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina.
Arquivo compilado às 18:20h do dia 31 de julho de 2022.

Lucas Henrique Gonçalves Wodtke

Otimização na Gerência Acadêmica utilizando técnicas de programação Linear e Inteira / Lucas Henrique Gonçalves Wodtke; Orientador, Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr. – Florianópolis, Santa Catarina – Brasil, 25 de junho de 2022.

188 p.

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, INE – Departamento de Informática e Estatística, CTC – Centro Tecnológico, Programa de Graduação em Ciências da Computação.

Inclui referências

1. Programação Linear Inteira 1, 2. Otimização 2, 3. Problema de alocação de professores a disciplinas-turmas 3, I. Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr. II. Programa de Graduação em Ciências da Computação III. Otimização na Gerência Acadêmica utilizando técnicas de programação Linear e Inteira

CDU 02:141:005.7

Lucas Henrique Gonçalves Wodtke

**OTIMIZAÇÃO NA GERÊNCIA ACADÊMICA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE PROGRAMAÇÃO LINEAR E INTEIRA**

Este(a) Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado(a) para obtenção do Título de Bacharel em Ciências da Computação, e foi aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Ciências da Computação do INE – Departamento de Informática e Estatística, CTC – Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, Santa Catarina – Brasil, 25 de junho de 2022.

Jean Everson Martina, Dr.

Coordenador(a) do Programa de
Graduação em Ciências da Computação

Banca Examinadora:

Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr.

Orientador
Universidade Federal de Santa
Catarina – UFSC

Prof. Rafael de Santiago, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC

Prof. Pedro Belin Castellucci, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina –
UFSC

Gabriel Vieira Ferrari, Me.

Centro de Informática e Automação do
Estado de Santa Catarina – CIASC

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo construir um modelo para otimização da alocação de professores na construção de uma grade horária escolar. A resolução tem como foco o uso de ferramentas de programação matemática. Um modelo foi desenvolvido e implementado pensando no caso específico de uma escola pública, assim como uma formulação de programação linear inteira equivalente a ser resolvida com ferramentas de otimização, gerando grades horárias para as turmas de ensino médio de manhã e tarde e para os professores. Por fim, foram exibidos aspectos a serem melhorados em futuros trabalhos para evoluir o modelo.

Palavras-chaves: Programação Linear Inteira 1. Otimização 2. Problema de alocação de professores a disciplinas-turmas 3.

ABSTRACT

The goal of this work is to build a model to optimize the allocation of teachers in the construction of a school timetable. The resolution focuses on the use of mathematical programming tools. A model was developed and implemented considering the specific case of a public school, as well as an equivalent integer linear programming formulation to be solved with optimization tools, generating timetables for the high school classes in the morning and afternoon and for the teachers. Finally, aspects to be improved in future works were shown to evolve the model.

Keywords: Integer programming 1. Optimization 2. Class-Teacher Timetabling Problem 3 .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Definição de Horário	17
Figura 2	–	Componentes Curriculares	18
Figura 3	–	Grade Horária Professor	19
Figura 4	–	Grade Horária Turma	19
Figura 5	–	Definição de Aula	20
Figura 6	–	Matriz Curricular	21
Figura 7	–	Turnos	23
Figura 8	–	Sequência	23
Figura 9	–	Janela	24
Figura 10	–	Pseudo código para calcular Janelas	40
Figura 11	–	Resultados	41
Figura 12	–	Análise sobre janelas e dias alocados	42
Figura 13	–	Grade Horária turma 300 instância 1	43
Figura 14	–	Grade Horária professor P11 instância 1	44
Figura 15	–	Grade Horária turma 203 instância 4	45
Figura 16	–	Grade Horária professor P1 instância 4	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PO	Pesquisa Operacional
LP	Programação linear
MIP	Programação inteira mista
IP	Programação Inteira
CG	Método de Geração de Colunas
ALNS	Adaptive Large Neighbourhood Search
VNS	Variable Neighbourhood Search
PSO	Particle Swarm optimisation

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	10
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivos Específicos	11
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	11
1.3.1	Etapa 1: Fundamentação teórica	11
1.3.2	Etapa 2: Trabalhos Relacionados	11
1.3.3	Etapa 3: Desenvolvimento do modelo	11
1.4	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1	PESQUISA OPERACIONAL	13
2.2	PROGRAMAÇÃO LINEAR E INTEIRA	14
2.3	TIMETABLING PROBLEM	14
2.4	MÉTODOS DE RESOLUÇÃO	16
2.5	CONCEITOS E TERMINOLOGIAS	17
2.5.1	Horário	17
2.5.2	Grupo	18
2.5.3	Grade Horária	18
2.5.4	Aula	19
2.5.5	Matriz Curricular	20
2.5.6	Disciplina	21
2.5.7	Grupo de disciplinas	22
2.5.8	Turma	22
2.5.9	Turno	22
2.5.10	Sequência de aulas	23
2.5.11	Janela	24
3	TRABALHOS RELACIONADOS	25
3.1	SOLUÇÕES E CATEGORIAS	25
3.2	COMPARATIVO	27
4	DEFINIÇÃO DO MODELO	29
4.1	OBJETIVO	29
4.1.1	Aspectos considerados no modelo	29
4.2	MODELO PROPOSTO	30
4.2.1	Conjunto de Dados	30
4.2.2	Parâmetros	30

4.2.3	Variáveis de decisão	31
4.2.4	Restrições Hard	33
4.2.5	Função de avaliação	36
5	IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS	38
5.1	IMPLEMENTAÇÃO	38
5.2	ANÁLISE SOBRE RESULTADOS OBTIDOS	41
6	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	47
	REFERÊNCIAS	49
	APÊNDICE A – SBC PAPER	53
	ANEXO A – CÓDIGO PARA RESOLUÇÃO DO MODELO PARA A INSTÂNCIA 1	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Na área de gerência acadêmica se encontram as mais diversas atividades, dentre elas está o processo de atribuição de aulas e professores, tornando possível o acesso de todos alunos as disciplinas necessárias para a conclusão do período letivo. Atendendo, conjuntamente as necessidades da instituição de ensino, professores e alunos da melhor forma possível.

A tarefa de gerência das disciplinas, se demonstra ainda mais desafiadora ao tratar de grandes instituições, que devem atender uma demanda maior de professores e alunos, tornando o ajuste manual, satisfazendo as solicitações e empregando o mínimo de recursos possível, muito árduo. Além disso, o fato de adaptações necessárias, ocasionadas pela rotatividade de docentes, alunos e modificações na estrutura física exige uma manutenção frequente, implicando em uma necessidade de obter uma solução boa em um tempo razoável sem um esforço grande.

Um dos problemas enfrentados na gerência é o problema do horário, conhecido na literatura como the timetabling problem, relacionado com a atribuição professor \times disciplina \times turma \times horário, e é um caso especial de problema de agendamento, que é reconhecidamente NP-difícil (CARTER; LAPORTE, 1997). Havendo uma lista de professores com preferências de disciplinas, é necessário realizar a atribuição de disciplinas e professores as turmas maximizando uma função, além de associar horários atendendo as restrições impostas.

A definição do problema e sua construção, busca trazer aspectos específicos, diferentes dos demais encontrados na literatura, para então, encontrar soluções boas para dificuldades encontradas em escolas do estado de Santa Catarina. Para este trabalho se define um modelo próprio e a sua resolução para algumas instâncias, utilizando técnicas e métodos de programação Linear e Inteira e a ferramenta Gurobi Optimizer (GUROBI, 2021), seguindo as fases de um estudo de Pesquisa Operacional (TAHA, 2008).

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é elaborar um modelo para o problema matemático de alocação de professores na construção de uma grade horária escolar, mais especificamente o Class-Teacher Timetabling Problem, enfrentado pelas escolas públicas do estado de Santa Catarina, utilizando para isto técnicas e métodos de programação linear e inteira.

1.2.1 Objetivos Específicos

O1. Analisar a fundamentação teórica sobre Pesquisa Operacional, Programação Linear e Inteira.

O2. Analisar o estado da arte em relação ao problema de agendamento para escolas.

O3. Resolver algumas instâncias aplicando o modelo e utilizando ferramentas computacionais.

O4. Análise sobre resultados obtidos.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é dividida nas seguintes etapas.

1.3.1 Etapa 1: Fundamentação teórica

É realizada uma análise de literatura nas áreas pertinentes ao trabalho.

A1.1 – Análise teórica sobre Pesquisa Operacional.

A1.2 – Análise teórica sobre Programação Linear e Inteira.

A1.3 – Análise teórica sobre Timetabling problem.

A1.4 – Análise sobre as terminologias e conceitos utilizados pelas escolas que envolvem o problema.

1.3.2 Etapa 2: Trabalhos Relacionados

Realizar uma busca sobre as soluções existentes, e analisar o estado da arte.

A2.1 – Categorização e descrição das soluções.

A2.2 – Comparação.

1.3.3 Etapa 3: Desenvolvimento do modelo

Buscar desenvolver a solução para o problema seguindo as fases de um estudo de Pesquisa Operacional.

A3.1 – Definição do problema.

A3.2 – Construção do modelo.

A3.3 – Solução do modelo.

A3.4 – Validação do modelo.

A3.5 – Análise sobre resultados obtidos.

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O trabalho é dividido em seis capítulos. O primeiro é uma introdução sobre o tema e os objetivos deste trabalho. O segundo é uma fundamentação teórica sobre as metodologias e ferramentas adotadas no trabalho. No terceiro capítulo são apresentados trabalhos e propostas existentes na área de programação linear e inteira para resolver o problema. O quarto apresenta o modelo proposto. O quinto capítulo faz um breve relato da implementação e os resultados obtidos. E por fim o último capítulo apresenta a conclusão e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PESQUISA OPERACIONAL

A Pesquisa Operacional (PO) busca ser uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisões dos mais diversos problemas, para isso podem ser utilizadas várias técnicas matemáticas para tornar possível o sucesso nas diferentes fases, resultando na solução.

Alguns exemplos de problemas onde classicamente são utilizados PO são: determinação de custo mínimo para produção, maximização de lucros, maximização de utilização de equipamentos, redução de desperdícios de produtos, problemas de corte, empacotamento, transporte, rotas, entre outros.(TAHA, 2008)

A partir da fase de definição e construção do modelo, busca-se uma técnica adequada para resolução. O tipo e a complexidade do modelo matemático de PO são fatores determinantes para o método utilizado para buscar a solução. Uma das técnicas frequentemente adotada é a programação linear, aplicadas aos modelos cuja função objetivo e restrições são lineares. Outras técnicas são: programação inteira, programação dinâmica, otimização em redes, programação não linear, programação multiobjetivo, teoria de jogos, entre outras.(TAHA, 2008)

Um dos principais objetivos da PO é buscar otimizar um critério objetivo específico sujeito a um conjunto de restrições. A qualidade da solução resultante depende de quanto o modelo representa o sistema real. Esta solução pode ser classificada como: uma solução viável, se satisfaz todas as restrições do modelo e uma solução ótima se, além de ser viável, resultar no melhor valor (máximo ou mínimo) para o modelo especificado. Dependendo da complexidade da modelagem é possível que não se consiga uma solução aceitável em um tempo razoável, sendo necessário aplicar heurísticas para obter uma solução não muito ruim, contudo mais rapidamente.(TAHA, 2008)

Segundo descrito por Taha (TAHA, 2008), temos as principais fases de implementação da PO na prática:

1. Definição do problema, na qual é definido o escopo do problema, identificando os principais elementos de um problema de decisão. A descrição das alternativas de decisão, determinação do objetivo do estudo e a especificação das limitações sob as quais o sistema modelado funciona.
2. Construção do modelo, a busca de traduzir a definição do problema em relações matemáticas, e os ajustes necessários para adequar a um dos métodos matemáticos padrão como programação linear.
3. Solução do modelo, utilização de algoritmos de otimização bem-definidos, e a análise de sensibilidade, observando o comportamento da solução quando o modelo passa por algumas mudanças de parâmetros.
4. Validação do modelo, onde se verifica se o modelo satisfaz o objetivo proposto

e se sob condições similares de entradas, reproduz razoavelmente o desempenho anterior.

5. Implementação da solução, de um modelo validado se traduz os resultados obtidos em instruções operacionais inteligíveis que serão emitidas para as pessoas que administrarão o sistema recomendado.

2.2 PROGRAMAÇÃO LINEAR E INTEIRA

A programação linear (LP) é uma técnica utilizada para resolver problemas em que se pode modelá-los como a busca de otimização de uma função objetivo linear (maximizando ou minimizando), sujeita à um número finito de restrições de desigualdade linear. Os problemas LP abordados nesse projeto serão descritos pela seguinte forma, definido por Chvátal ([VAŠEK, 1983](#)), onde a , b , c são números reais e x representa a variável a ser encontrada.:

1. Função linear a ser maximizada

$$\text{maximize } \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

2. Número finito de restrições de desigualdade linear

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2)$$

3. Variáveis não negativas

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Segundo descrito por Hillier ([FREDERICK S. HILLIER, 2001](#)), temos muitas vezes a necessidade de atribuir pessoas, máquinas, veículos e atividades em quantidades inteiras ou a necessidade representar decisões assumindo valores 0 ou 1. Se a exigência de valores inteiros é a única adição de exigência entre um problema formulado de programação linear, então ele pode ser considerado um problema de programação inteira (IP). O modelo matemático para programação inteira é o modelo de programação linear descritos em (1), (2), (3) com a única restrição adicional de que as variáveis devem ter valores inteiros. Se apenas algumas das variáveis são obrigadas a ter valores inteiros, este modelo é chamado de programação inteira mista (MIP).

2.3 TIMETABLING PROBLEM

Problemas que envolvem cronograma surgem em diversas situações e com suas particularidades e especificidades como, por exemplo, escala de horários de trabalho da área da saúde, distribuição de partidas em um evento esportivo e quadro de horários em instituição de ensino. Problemas do tipo Timetabling geralmente tem aspectos

em comuns como a necessidade do agendamento de um certo número de eventos (exames, cursos, reuniões, etc) em um número limitado de períodos de tempo, enquanto satisfaz o maior número possível de restrições exigidas (BURKE; PETROVIC; QU, 2006). As restrições normalmente pertencem a um dos dois grupos de categorias :

1.HARD CONSTRAINTS: não podem ser violadas em nenhuma circunstância. Por exemplo, dois eventos com recursos comuns, como alunos, não podem ser atribuídos simultaneamente. Uma solução sem violações das hard constraints é chamada de solução viável (BURKE; PETROVIC; QU, 2006).

2.SOFT CONSTRAINTS: são desejáveis, mas não essenciais. Por exemplo, em uma escola deve se evitar agendar duas aulas de Matemática em seguida de duas aulas de Física (BURKE; PETROVIC; QU, 2006).

Neste projeto trataremos mais especificamente do subgrupo do problema de Timetabling chamado de “Course timetabling”, já descrito por Laporte e Carter, encontrado nos diferentes níveis de ensino: superior, médio e fundamental (CARTER; LAPORTE, 1997). A definição e a terminologia do problema varia de uma instituição para outra, mas os seguintes conceitos costumam ser comuns.

a) Uma disciplina corresponde a uma matéria ministrada uma ou mais vezes por semana durante a parte de um ano. A disciplina pode ser ministrada em um ou vários períodos, o que significa que podem ser repetidos por diferentes professores durante a semana.

b) Uma turma é um grupo de alunos fazendo um conjunto idêntico de disciplinas permanecendo juntos ao longo da semana.

c) Um programa de ensino consiste em um conjunto de disciplinas obrigatórias e podendo ter também um conjunto de disciplinas eletivas a serem concluídas por alunos que desejam se formar em um determinado grau.

Normalmente escolas de nível fundamental e médio costumam trabalhar com turmas predefinidas e têm um único programa de ensino. O principal problema se encontra em determinar professores para determinadas disciplinas e turmas, e construir uma grade horária de ensino apropriada. Os professores normalmente devem lecionar por uma grande quantidade de tempo para diferentes turmas, sendo portanto necessário adequar o espaçamento entre as aulas ministradas durante a semana para não tornar a jornada de trabalho cansativa.

Nas universidades, os alunos têm autonomia de escolha e os membros do corpo docente podem ensinar apenas algumas horas uma semana. A principal dificuldade neste caso é garantir que os alunos possam selecionar de forma viável disciplinas exigidas por seu programa de ensino, permitindo sem problemas a integralização no curso ensino superior no período estipulado .

Segundo Carter e Laporte (CARTER; LAPORTE, 1997) o problema de Course Sheduling pode ser decomposto em cinco diferentes subproblemas, contudo nem todos podem ser relevantes para uma situação particular em uma instituição de ensino:

1. Classroom Assignment: As disciplinas devem ser atribuídas a salas específicas para atender ao tamanho, localização e o uso tendo que satisfazer preferências e restrições. Idealmente, horários e salas devem ser atribuídos simultaneamente, mas muitas escolas separam os dois processos para simplificar.

2. Teacher Assignment: Atribuir professores a disciplinas e, ao mesmo tempo, maximizar uma função de prioridade.

3. Student Scheduling : Esse problema ocorre quando não existe uma turma de alunos fixa que assistem as mesmas disciplinas. Os alunos são responsáveis por selecionar as disciplinas que desejam participar, portanto o objetivo é fornecer horários que evitem choques de horários com outras disciplinas que são pré-requisitos para um grande número de disciplinas, e equilibrar a disponibilidade de vagas levando em consideração as capacidades da sala disponíveis e a quantidade média de alunos interessados.

4. Class-Teacher Timetabling: Esse problema é encontrado principalmente em escolas de ensino fundamental e médio (exatamente a classe desta monografia). Ao invés de alunos escolhendo disciplinas, temos turmas compostas por sempre os mesmos alunos, que devem assistir as disciplinas propostas pelo programa de ensino. Frequentemente assume-se que a alocação de professores para disciplinas e alunos para turmas já foram realizada. O problema então é associar professor x disciplina a turma x horário sem criar conflitos (hard constraints) e ao mesmo tempo tentar satisfazer alguns aspectos desejados (soft constraints). A viabilidade é muitas vezes uma grande dificuldade, sendo necessário as vezes reconsiderar as atribuições de professor com disciplinas previamente feitas a fim de alcançar uma solução viável.

5. Course Timetabling: Neste problema é abordada a necessidade de organizar as disciplinas ou conjuntos de disciplinas em um determinado horário garantindo um padrão periódico. Em algumas instâncias desse problema existe a necessidade das disciplinas serem distribuídas de uma determinada maneira durante as semanas. Sendo obrigatório para obter uma solução separar em dois, três períodos a quantidade total de horas a serem lecionadas de uma disciplina durante a semana. Muitas vezes também é necessário levar em consideração o deslocamento, e restrições como o número de horas que um professor pode lecionar durante o dia, e quantidade máxima de horas em que uma mesma disciplina o aluno deve assistir por dia.

2.4 MÉTODOS DE RESOLUÇÃO

Na ciência da computação e pesquisa operacional temos métodos exatos, que são algoritmos que resolvem problemas de otimização até a otimalidade, desde que cumprida a demanda de recursos computacionais (tempo e memória). Devido ao fato do problema ser NP-Hard e não ser conhecido um algoritmo de tempo polinomial, existe uma extensa pesquisa para encontrar algoritmos exatos cujo tempo de execução não

sejam tão altos. Alguns exemplos de algoritmos são Branch-and-Bound, Planos de corte, Branch-and-cut, Decomposição de Benders, Branch-and-Price. (FOMIN FEDOR V; KRATSCH, 2010)

Os métodos heurísticos são uma alternativa para encontrar uma solução em um prazo razoável, com as limitações de recursos computacionais, que seja boa o suficiente para resolver o problema em questão. Esta solução pode não ser a melhor de todas as possíveis, sendo uma aproximação do ideal. Problemas de otimização NP-difícil acabam tendo a heurística como uma boa opção para uma variedade de problemas complexos de otimização, que precisam ser resolvidos rotineiramente em aplicações do mundo real. Alguns exemplos são algoritmos genéticos, relax-and-fix e fix-and optimize.(FOMIN FEDOR V; KRATSCH, 2010)

2.5 CONCEITOS E TERMINOLOGIAS

Para poder entender o modelo proposto, seus resultados e futuras evoluções é importante compreender as seguintes definições e características apresentadas a seguir.

2.5.1 Horário

São as linhas da matriz da grade horária, em ordem ordinal, ao qual tem um horário indexado, que depende da instituição de ensino e grupo, em que representa o início da aula, combinadas com as colunas (dias da semana). No exemplo da figura 1 podemos ver que segunda-feira e 02º horário representam um período de tempo único nessa determinada instituição de ensino e turma, que simboliza segunda-feira e início às 08:15.

Figura 1 – Definição de Horário

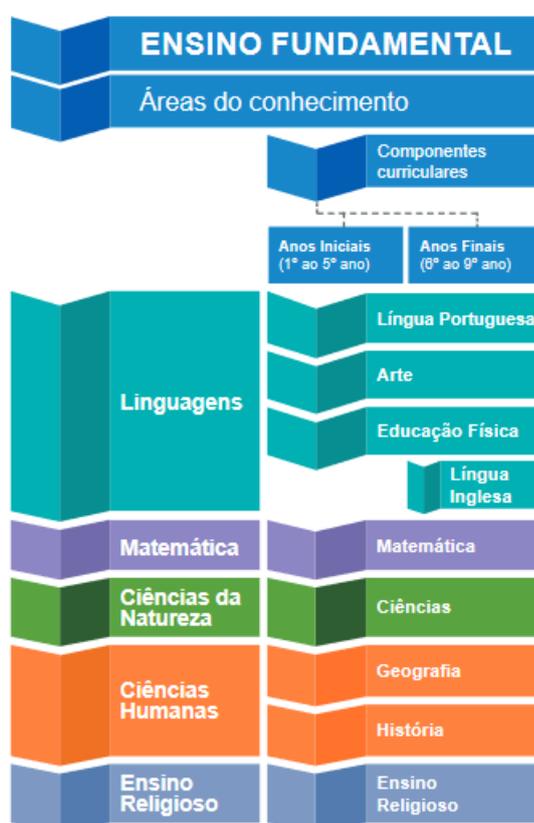
Grade	horária	Turma	2 Série B			Horários	Indexados
Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		Início
01º	Química	Inglês	Português	Inglês	Química	01º	07:30
02º	Português	Literatura	Português	Literatura	Português	02º	08:15
03º	História	Sociologia	Matemática	Sociologia	História	03º	09:00
04º	Filosofia	Educação Física	Matemática	Educação Física	Filosofia	04º	10:05
05º	Geografia	Biologia	Filosofia	Biologia	Geografia	05º	10:50
06º	Física	Espanhol	Filosofia	Espanhol	Física	06º	11:35
07º						07º	13:30
08º						08º	14:15
09º						09º	15:00
10º						10º	16:05
11º						11º	16:50
12º						12º	17:35

autor

2.5.2 Grupo

A fim de organizar a instituição, em geral, são formados três grupos, dividindo o ensino fundamental em duas fases, denominadas Anos Iniciais (1º a 5º anos) e Anos Finais (6º a 9º anos), figura 2 e o Ensino Médio (1º a 3º anos).

Figura 2 – Componentes Curriculares



Fonte: (CEE/SC, 2019)

2.5.3 Grade Horária

É uma matriz tendo como linhas os horários e colunas os dias da semana. Ela representa a relação turma x professor x disciplina x horário com possíveis tipos diferentes de exibição dependendo do enfoque que se deseja. Na grade horária do professor (Figura 3) na célula das aulas (intersecção) será exibido as turmas em que ele irá lecionar. Para as turmas (Figura 4) na célula das aulas são exibidos os nomes das disciplinas.

Figura 3 – Grade Horária Professor

Grade	horária	Professor	João da Silva		
Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
01°					
02°	705		602		705
03°	605				603
04°	603		604		605
05°	601				601
06°					
07°	916		612		916
08°	614		914		
09°	915				
10°	612		915		
11°					
12°					

Fonte: Autor

Figura 4 – Grade Horária Turma

Grade	horária	Turma	2 Série B		
Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
01°	Química	Inglês	Português	Inglês	Química
02°	Português	Literatura	Português	Literatura	Português
03°	História	Sociologia	Matemática	Sociologia	História
04°	Filosofia	Educação Física	Matemática	Educação Física	Filosofia
05°	Geografia	Biologia	Filosofia	Biologia	Geografia
06°	Física	Espanhol	Filosofia	Espanhol	Física

Fonte: Autor

2.5.4 Aula

A aula é o horário de estudo de uma turma na instituição de ensino, reservado para que seja ministrado uma disciplina por um professor. Na grade de horários é a célula da tabela resultante da intersecção do dia da semana e o horário combinado com uma disciplina. Na figura 5 podemos ver que na intersecção entre Segunda-Feira e o Horário 01° temos uma aula que será ministrado Química (vermelho).

Figura 5 – Definição de Aula

Grade	horária	Turma	2 Série B		
Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
01º	Química	Inglês	Português	Inglês	Química
02º	Português	Literatura	Português	Literatura	Português
03º	História	Sociologia	Matemática	Sociologia	História
04º	Filosofia	Educação Física	Matemática	Educação Física	Filosofia
05º	Geografia	Biologia	Filosofia	Biologia	Geografia
06º	Física	Espanhol	Filosofia	Espanhol	Física

Fonte: Autor

2.5.5 Matriz Curricular

As matrizes curriculares são diretrizes que definem a atuação pedagógica de uma instituição de ensino. Nas propostas e planejamentos pedagógicos são definidos vários aspectos, dentre eles os que impactam o problema estão as disciplinas, o número de aulas semanais e conseqüentemente a carga horária semestral e anual. Segundo o Currículo Base do Território Catarinense, são disponibilizados diferentes padrões de matrizes, que podem variar de acordo com às necessidades e demandas de cada instituição. Na figura 6 podemos ver uma das três matrizes do ensino médio.

Figura 6 – Matriz Curricular

MATRIZ A DO NOVO ENSINO MÉDIO 1.000 horas anuais/total de 3.000 horas 31 aulas semanais Opção 1: 4 dias de 6 aulas diárias + 1 dia de 7 aulas diárias Opção 2: 4 dias de 5 aulas diárias + 1 dia de 11 aulas diárias												
BNCC	ÁREAS DO CONHECIMENTO	COMPONENTES CURRICULARES	CARGA HORÁRIA									Carga horária total (h)
			1ª SÉRIE			2ª SÉRIE			3ª SÉRIE			
			Número de aulas semanais	Carga horária semestral (h)	Carga horária anual (h)	Número de aulas semanais	Carga horária semestral (h)	Carga horária anual (h)	Número de aulas semanais	Carga horária semestral (h)	Carga horária anual (h)	
FORMAÇÃO GERAL BÁSICA	Linguagens e suas tecnologias	Língua Portuguesa e Literatura	2	32	64	2	32	64	2	32	64	152
		Educação Física	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		Arte	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		Língua Estrangeira Inglês	2	32	64	2	32	64	2	32	64	152
	Ciências da Natureza e suas tecnologias	Química	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		Física	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		Biologia	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
	Ciências Humanas e Sociais Aplicadas	Geografia	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		História	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		Filosofia	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
		Sociologia	2	32	64	1	16	32	1	16	32	128
	Matemática e suas tecnologias	Matemática	3	48	96	2	32	64	2	32	64	224
	CH Total Formação Geral Básica			25	400	800	15	240	480	15	240	480
Itinerário Formativo	Projeto de Vida		2	32	64	2	32	64	2	32	64	152
	Projeto de Culminância em Projeto de Vida		-	4	8	-	4	8	-	4	8	24
	Segunda Língua Estrangeira		2	32	64	2	32	64	2	32	64	152
	Componente Curricular Eletivo		2	32	64	2	32	64	2	32	64	152
	Trilha de Aprofundamento		0	0	0	10	160	320	10	160	320	640
	CH Total Itinerário Formativo			6	100	200	16	260	520	16	260	520
CARGA HORÁRIA SEMANAL/CARGA HORÁRIA SEMESTRAL/CARGA HORÁRIA ANUAL			31	500	1000	31	500	1000	31	500	1000	3.000

Observações:
1) O Componente Curricular Projeto de Vida será ofertado anualmente.
2) O Projeto de Vida, além das aulas semanais, deverá prever, por semestre, 4 horas para atividades de culminância.
3) O Componente Curricular Segunda Língua Estrangeira será ofertado anualmente.
4) Os Componentes Curriculares Eletivos serão ofertados semestralmente.
5) As Trilhas de Aprofundamento serão ofertadas semestralmente.
6) Recomenda-se que as Trilhas de Aprofundamento sejam concentradas em dois períodos letivos (matutino e/ou vespertino), considerando a possibilidade de serem ofertadas por instituição escolar parceira.

Fonte: (CEE/SC, 2020)

2.5.6 Disciplina

É um componente curricular próprio da matriz curricular, e deverá ser lecionado para todas as turmas que pertencem ao ano correspondente. Na figura 6 podemos ver, por exemplo que na 1ª série do ensino médio, a área de conhecimentos Ciências da Natureza e suas tecnologias, é compreendida por três componentes curriculares,

ou seja três disciplinas, Química, Física e Biologia cada uma com 2 aulas semanais e carga horária anual de 64 horas.

2.5.7 Grupo de disciplinas

As disciplinas/componentes curriculares podem ser agrupadas levando em consideração várias características, por exemplo, de acordo com áreas de conhecimento. No ensino médio temos quatro grandes grupos que podem ser vistos na figura 6. Quando elaboramos a grade horária, buscamos evitar, normalmente, ter em um dia apenas aulas com disciplinas de um mesmo grupo.

2.5.8 Turma

É o conjunto de estudantes que seguem a mesma matriz curricular, mesmo ano e série, e são agrupados formando uma turma, conseqüentemente tendo a mesma grade horária. Uma série ou ano pode ter várias turmas.

2.5.9 Turno

As turmas e os grupos podem ser limitados em relação aos horários disponíveis para terem disciplinas alocadas. A divisão é estabelecida em matutino (manhã), vespertino (tarde), integral (manhã e tarde) e noturno (noite). A delimitação do horário de encerramento do turno pode variar de acordo com a instituição, figura 7.

Figura 7 – Turnos

Horários	Indexados
	Início
01°	07:30
02°	08:15
03°	09:00
04°	10:05
05°	10:50
06°	11:35
07°	13:30
08°	14:15
09°	15:00
10°	16:05
11°	16:50
12°	17:35
13°	18:30
14°	19:20
15°	20:20
16°	21:10
17°	22:10

Turno	Início	Encerramento
Matutino	01°	06°
Vespertino	07°	12°
Integral	01°	12°
Noturno	13°	17°

Fonte: Autor

2.5.10 Sequência de aulas

As aulas são denominadas em sequência quando em um mesmo dia da semana em horários subsequentes são lecionadas uma mesma disciplina para a mesma turma. Elas podem ser ministradas n vezes consecutivas, dependendo da instituição de ensino, razões pedagógicas e de recursos. Na figura 8, em verde, podemos ver sequências de duas aulas em vermelho e de três aulas em amarelo.

Figura 8 – Sequência

Grade	horária	Turma	2 Série A		
Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
01°	Química	Inglês	Português	Inglês	Química
02°	Português	Literatura	Português	Literatura	Filosofia
03°	História	Sociologia	Português	Sociologia	História
04°	Filosofia	Educação Física	Matemática	Educação Física	Filosofia
05°	Geografia	Biologia	Matemática	Biologia	Geografia
06°	Física	Espanhol	Filosofia	Espanhol	Física

Fonte: Autor

2.5.11 Janela

Segundo o Sindicato dos professores de Florianópolis, (SINPRO, 2018) as “janelas” são o tempo compreendido à disposição da escola, na qual o professor fica no aguardo de uma aula para outra, no mesmo turno e dia. Esse tempo deverá ser computado como hora-aula trabalhada, devendo ser remunerado, por isso a redução de janelas é um objetivo importante ao se criar uma grade horária. Na figura 9, podemos ver em vermelho todas as janelas.

Figura 9 – Janela

Grade	horária	Professor	Maria da Silva			Horários	Indexados	Turno	Início	Encerramento
Horário	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta		Início			
01°	705					01°	07:30	Matutino	01°	06°
02°	605		602	620	705	02°	08:15	Vespertino	07°	12°
03°	603				603	03°	09:00	Integral	01°	12°
04°	601		604		605	04°	10:05	Noturno	13°	17°
05°					630	05°	10:50			
06°						06°	11:35			
07°				612	916	07°	13:30			
08°	916		914			08°	14:15			
09°	614					09°	15:00			
10°	915		915			10°	16:05			
11°	612					11°	16:50			
12°						12°	17:35			
						13°	18:30			
						14°	19:20			
						15°	20:20			
						16°	21:10			
						17°	22:10			

Fonte: Autor

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos apresentados nessa seção foram escolhidos após uma análise dos artigos relacionados a busca do estado da arte em metodologias para o problema de organização de grade horária no ensino fundamental e médio. É importante mencionar que foram selecionados apenas dois artigos, que realizaram a busca do estado da arte, pelos motivos de serem mais recentes com menos de um ano de publicação, e por serem mais completos e abrangentes em discutir o timetabling problem no grupo que envolve nível de escolaridade. O primeiro (TAN *et al.*, 2021) é ainda mais específico em abordar apenas o que seria nível fundamental e médio, o segundo (CESCHIA; DI GASPERO; SCHAERF, 2022), por sua vez, realiza uma na revisão mais abrangente do problema e suas diferentes formulações e conjuntos de dados disponíveis.

3.1 SOLUÇÕES E CATEGORIAS

No artigo (TAN *et al.*, 2021) são apresentados quatorze grupos de abordagens diferentes e as suas diversas publicações: Integer programming, Adaptive Large Neighbourhood Search (ALNS), Variable Neighbourhood Search (VNS), Particle Swarm optimisation (PSO), Cyclic transfer algorithm, Constraint programming, Graph colouring, Parallel local search, Tabu search, Simulated annealing, Evolutionary algorithms, Matheuristics, Hyper-heuristics e Hybrid approaches. Como também os conjuntos de datasets encontrados em (TAN *et al.*, 2021) (CESCHIA; DI GASPERO; SCHAERF, 2022), sendo eles com acesso livre ou restringidos, excluindo o nível superior, que não é o foco deste trabalho, temos cinco, XHSTT formatted dataset, Brazilian high school dataset, Lectio dataset, Greek high school dataset, OR-library dataset. Nota-se que existem diversas abordagens para este problema, como o foco do trabalho é em utilizar técnicas de programação linear e inteira foram escolhidos, para um maior detalhamento as publicações diretamente relacionadas a estas técnicas.

Em grande parte das escolas na Dinamarca é utilizado um sistema de gerenciamento acadêmico denominado Lectio, além desse sistema é mantido um dataset, Lectio dataset, com várias instâncias reais e com soluções ótimas, sendo assim mais fácil testar a qualidade e eficiência de métodos de resoluções. Pensando nas particularidades enfrentadas pelo Lectio e pelo estudo do Timetabling Problem nas escolas dinamarquesas realizados no relatório (SØRENSEN; STIDSEN, 2013) e no trabalho (SØRENSEN; DAHMS, 2014) foi proposto um modelo com uma nova abordagem para solução, realizando uma decomposição em dois problemas, o de atribuição de salas e o de atribuição de horários, cada um com um estágio. Na primeira etapa, as disciplinas são atribuídas aos períodos de tempos disponíveis. Na segunda etapa, as disciplinas são atribuídas às salas. No intuito de evitar futuras inconsistências devido as decisões tomadas no estágio um, o modelo do estágio dois é parcialmente incorporado no mode-

lo do estágio um, explorando o peso mínimo e o problema de emparelhamento máximo no grafo bipartido.

No trabalho (KRISTIANSEN; SØRENSEN; STIDSEN, 2015) é proposto um modelo mais genérico, capaz de resolver instâncias do dataset XHSTT. Nesta abordagem, o modelo é resolvido em duas etapas. Pela definição do objetivo do XHSTT, as hard constraints sempre têm prioridade sobre as soft constraints. Levando isso em consideração, na etapa 1, um modelo é construído contendo apenas as hard constraints. Este modelo é dado como entrada para o solucionador, que é executado até que um limite de tempo determinado seja alcançado, ou até que o modelo seja resolvido até a otimalidade. Caso o limite de tempo seja atingido, todas as variáveis são fixadas ao seu valor final (ou seja, o valor que elas assumem na melhor solução encontrada). Se uma solução viável é encontrada, ocorre a etapa 2, da qual todas as soft constraints são adicionadas e o processo de solução é iniciado no seu estado anterior, refinando a solução encontrada na etapa 1. Com a finalidade de manter a prioridade da qualidade das restrições mais importantes é adicionada uma restrição que garante que o melhor resultado seja mantido. Por fim foi comparado aos resultados da ITC2011, International Timetabling Competition, que no ano de 2011 teve como tema os problemas relacionados ao High School Timetabling. A abordagem foi capaz de encontrar soluções ótimas para duas instâncias e provar a otimalidade de quatro soluções conhecidas.

No trabalho (AL-YAKOOB; SHERALI, 2015) é tratada mais especificamente o Class-Teacher timetabling problem, pensando uma solução para geração de horários no ensino médio para sistema educacional público do Kuwait. É proposto uma abordagem em dois estágios para o modelo MIP criado e um método alternativo utilizando a técnica de geração de colunas (CG). Na primeira etapa, são determinados os horários semanais para as aulas, e na segunda etapa os professores são alocados as turmas. Para o método alternativo, eles apresentaram um outro modelo MIP mais abrangente para selecionar combinações válidas de horários semanais para cada professor empregado. Devido ao número exponencial de possibilidades o CG foi projetado para resolver tendo um relaxação de programação linear, onde uma heurística de fixação sequencial de variáveis é criada para produzir uma solução viável de boa qualidade. Ambas as abordagens produziram soluções em tempos de CPU relativamente curtos, mas o método alternativo se demonstrou mais eficiente.

O trabalho (DORNELES; ARAÚJO; BURIOL, 2014) também é focado em resolver o Class-Teacher Timetabling Problem, sendo proposto um modelo MIP e um método de solução denominado fix-and-optimize, feito uma decomposição em três categorias, onde quando uma variável é fixada as restantes vão sendo otimizadas, combinado com busca Variable neighborhood, sendo capaz de resolver pequenas instâncias. Posteriormente em (DORNELES; ARAÚJO; BURIOL, 2017) é proposto um modelo um mais complexo baseado em Multi-commodity flow para problemas de programação de horários do ensino médio brasileiro. Cada commodity representa um professor e os ar-

cos representam transições de períodos de tempo em um grafo de rede. Os princípios de decomposição de Dantzig-Wolfe são aplicados para obter uma forma alternativa, e em seguida, uma abordagem de CG é usada para resolver a relaxação linear. O experimento computacional mostrou que o desempenho de sua abordagem foi bem mais rápido do que as abordagens anteriores (DORNELES; ARAÚJO; BURIOL, 2014). Além disso, cinco limites inferiores de 12 instâncias foram melhorados.

No trabalho, Fonseca (FONSECA *et al.*, 2017) analisou a abordagem de Kristiansen (KRISTIANSEN; SØRENSEN; STIDSEN, 2015) e propôs diversas mudanças, reformulando o modelo de IP existente para obter melhores resultados ao resolver o conjunto de dados do ITC 2011. A partir da formulação original, Fonseca melhorou algumas desigualdades e criou uma nova formulação baseada em uma rede de fluxo, com várias rotinas de pré-processamento para remover restrições e variáveis desnecessárias. Há uma parte tratada como o problema de Multi-commodity flow, adaptando a solução proposto por Dorneles (DORNELES; ARAÚJO; BURIOL, 2017), para eliminar várias restrições não essenciais e reduzir o tamanho das restrições. Além disso também são realizados diferentes metodologias de cortes e o uso de relaxação linear. Esta solução obteve os melhores resultados para as instâncias propostas no ITC 2011.

No trabalho de Tassopoulos (TASSOPOULOS; ILIOPOULOU; BELIGIANNIS, 2020) foi proposto um modelo de MIP para resolver problemas de horários do ensino médio na Grécia. O modelo foi implementado usando Gurobi e CPLEX. Duas metodologias foram empregadas na formulação. O primeiro utilizou um modelo “monolítico” que incluía todas as restrições hard e soft. O segundo decompôs o problema em seis subproblemas. Os resultados computacionais mostraram que o segundo método foi eficaz na produção de soluções ótimas enquanto o primeiro método não produziu resultados satisfatórios.

3.2 COMPARATIVO

Todos os trabalhos buscam soluções em Course timetabling, como tratado por Laporte e Carter (CARTER; LAPORTE, 1997), os modelos criados, dessa forma, são bem variados e focam em enfrentar um ou mais dos 5 subproblemas, ou ainda são decompostos em casos ainda mais específicos. Embora a maioria das variáveis e restrições sejam parecidas, é possível identificar algumas distinções nas restrições e variáveis de decisões, ocasionados pelo fato de cada instituição ou grupo de instituições exigirem ou desejarem a otimização de certos requisitos muito específicos devido ao seu funcionamento, e também questões organizacionais e culturais quando comparado a nível global. Assim, a literatura sobre o tema é muito vasta e não há um modelo “bala de prata” que possa ser aplicado em todos os casos trazendo ótimos resultados.

Contudo a existência de datasets de instâncias reais e bem estruturadas para

um grupo de instituições com características semelhantes como o Lectio, utilizado na Dinamarca, permite um padrão mais evidente entre os modelos tornando mais versátil e genérico, podendo ser facilmente incorporado à várias instituições, e tendo sua solução validada e testada com maior garantia, devido ao maior conhecimento prévio de limites inferiores/superiores e a otimalidade das diferentes instâncias.

No que se refere ao estado da arte nas abordagens para solucionar os modelos LP, IP, MIP vemos uma convergência no uso de métodos de cortes ou podas, decomposição, e relaxação linear, e as melhores soluções utilizaram também a combinação com algoritmos de grafo de fluxo e CG.

Pensando em ferramentas funcionais, atualmente é possível encontrar alternativas menos especialistas que provavelmente não encontrarão as melhores soluções nem otimizaram certos critérios muito específicos, por serem abrangentes e genéricas, contudo são capazes de se adaptar a diferentes instituições e tratar o caso geral de diferentes subproblemas, alguns exemplos de plataformas open-source são ([FET, 2021](#)) e ([OPTAPLANNER, 2021](#)). Em regra é necessário uma boa usabilidade, estabilidade e um suporte maior para tratamento de critérios específicos de otimização por uma escola ao longo do ano, por isso existem muitas empresas que realizam este tipo de serviço, no Brasil podemos citar ([URANIA, 2021](#)), ([POWERCUBUS, 2021](#)), ([GRIDCLASS, 2021](#)), ([CRONOS, 2021](#)).

4 DEFINIÇÃO DO MODELO

Neste capítulo será proposto um modelo matemático focado na minimização dos dias em que o professor leciona durante a semana e as janelas entre horários sequentes.

4.1 OBJETIVO

O objetivo essencial do problema é encontrar horários para as turmas e disciplinas previamente escolhidas pelos professores. Resultando na combinação possível dos horários das disciplinas alocados para cada turma e os horários alocados para cada professor, resumidamente a atribuição professor \times disciplina e turma \times horário.

As coordenações das escolas já propõem uma solução para o problema da atribuição de disciplinas e turmas associadas aos professores. Ou seja, o conjunto de dados de entrada já tem para cada professor as disciplinas e as turmas que deverão ser lecionadas, sendo portanto necessário encontrar os horários em que serão lecionados para cada turma.

O modelo a ser trabalhado é muito similar as características do subproblema de Class-Teacher Timetabling, citado no capítulo de Fundamentação Teórica.

Os dados fundamentais para poder resolver o problema são:

- Turmas;
- Professores;
- Lista de turmas e disciplinas escolhidas pelos professores;
- Lista de horários disponíveis por professor;
- Lista de horários disponíveis para alocar disciplinas para cada turma.

4.1.1 Aspectos considerados no modelo

- Eliminar o maior número possível de horários vagos (janelas) entre os três horários em sequência dos docentes.
- Alocar as aulas de cada docente no menor número de dias possível.
- O resultado deve respeitar todas as restrições.
- O número total de aulas de uma turma deve ser múltiplo do número total de dias da semana, para todas as turmas, ou seja, se a turma 100 tem aulas de segunda a sexta (total de cinco dias na semana), é necessário que o total de aulas lecionadas seja múltiplo de cinco se, por exemplo, for necessário lecionar

trinta aulas semanais, significa que no turno do dia que a turma tem aula terão 6 horários disponíveis (slots) para alocação, se for 25 aulas semanais serão 5 horários disponíveis (slots). Esta regra deve ser respeitada, porque o modelo não tem um resultado adequado para os casos em que um turno de um dia seja maior ou menor do que outro dia, por exemplo a turma 100 ter 5 slots disponíveis de segunda a quinta feira, mas na sexta ser necessário ter 6 slots.

4.2 MODELO PROPOSTO

4.2.1 Conjunto de Dados

Os conjuntos de dados são as entidades envolvidas no processo de construção da grade horária:

1. H é um conjunto de horários.
2. T é um conjunto de turmas.
3. P é um conjunto com todos os professores.
4. D é um conjunto com todas disciplinas.

4.2.2 Parâmetros

Valores fixos que demonstram o relacionamento entre os conjuntos de dados.

1. C_{dpt} carga horária da disciplina d lecionada pelo professor p para turma t .
2. M_p quantidade de aulas semanais que o professor p deve lecionar.
3. D_t é um subconjunto de D contendo todas as disciplinas lecionadas para turma t .
4. H_t é um subconjunto de H contendo todos os horários possíveis para turma t .
5. P_t é um subconjunto de T contendo todos os professores que lecionam para turma t .
6. D_p é um subconjunto de D contendo todas as disciplinas lecionadas pelo professor p .
7. H_p é um subconjunto de H contendo todos os horários possíveis para o professor p .
8. T_p é um subconjunto de T contendo todas as turmas que o professor p leciona.
9. $\epsilon = 0.0001$
10. $M = 10 + \epsilon$

11. α = penalidade que indica a importância em alocar os professores no menor número de dias possível.
12. β = penalidade que indica a importância em ter o menor número de janelas.

4.2.3 Variáveis de decisão

As variáveis de decisão são as incógnitas a serem determinadas pela solução do modelo.

1.

$$X_{tdph} = \begin{cases} 1 & , \text{ se a turma } t \text{ tem aula da disciplina } d \text{ lecionada pelo} \\ & \text{ professor } p \text{ no horário } h \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

2.

$$Seg_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \\ & \text{ na segunda-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

3.

$$Ter_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \\ & \text{ na terça-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

4.

$$Qua_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \\ & \text{ na quarta-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (7)$$

5.

$$Qui_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \\ & \text{ na quinta-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (8)$$

6.

$$Sex_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \\ & \text{ na sexta-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (9)$$

7.

$$Jsegm_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na segunda-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (10)$$

8.

$$Jsegt_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na segunda-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (11)$$

9.

$$Jterm_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na terça-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (12)$$

10.

$$Jtert_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na terça-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (13)$$

11.

$$Jquam_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na quarta-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (14)$$

12.

$$Jquat_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na quarta-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (15)$$

13.

$$Jquim_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na quinta-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (16)$$

14.

$$Jquit_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na quinta-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (17)$$

15.

$$Jsexm_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na sexta-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (18)$$

16.

$$Jsext_{p,h} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2} \\ & \text{slots para } p \text{ na sexta-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (19)$$

4.2.4 Restrições Hard

São as restrições que as variáveis de decisão devem respeitar ao terem seus valores atribuídos.

1. RH1: Para cada turma, cada horário em um dia da semana é ocupado por no máximo uma disciplina nesta turma.

$$\sum_{d \in D_t} \sum_{p \in P_t} X_{pdht} \leq 1, \forall h \in H_t \text{ e } \forall t \in T \quad (20)$$

Em um exemplo hipotético, para a turma 100 no primeiro horário da segunda-feira percorremos todas disciplinas que deverão ser lecionadas e todos os professores que podem lecionar, a soma das atribuições de X_{pdht} deve ser ≤ 1 , pois para a turma 100 no primeiro horário da segunda-feira deve ser lecionado por qualquer professor p qualquer disciplina d no máximo uma aula. Assim deve-se fazer para todos os demais horários disponíveis da turma 100 e para todas as outras turmas.

2. RH2: Cada professor pode lecionar no máximo uma disciplina em um mesmo horário que ele está disponível.

$$\sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdht} \leq 1, \forall p \in P \text{ e } \forall h \in H_p \quad (21)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João no primeiro horário da segunda-feira percorremos todas disciplinas que deverão ser lecionadas e todas as turmas que ele deve lecionar, a soma das atribuições de X_{pdht} deve ser ≤ 1 , pois para o professor João no primeiro horário da segunda-feira deve ser lecionado para qualquer turma p e qualquer disciplina d no máximo uma aula. Assim deve-se fazer para todos os demais horários disponíveis e outros professores.

3. RH3: Um professor deve lecionar uma determinada quantidade de aulas semanais.

$$\sum_{h \in H_p} \sum_{d \in D_p} \sum_{t \in T_p} X_{pdht} = M_p, \forall p \in P \quad (22)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João, percorremos todos os horários disponíveis, todas disciplinas que deverão ser lecionadas e todas as turmas que ele deve lecionar, a soma das atribuições de X_{pdht} deve ser igual a quantidade de aulas pré-estabelecidas, pois para o professor João durante a semana nos horários que ele tem disponibilidade devem ser lecionadas para todas as turmas e disciplinas pré-estabelecidas para ele sua carga horária semanal. Assim deve-se fazer para todos os demais professores.

4. RH4: Uma turma t deve ter alocado exatamente o número de aulas previsto para a disciplina d pelo professor p .

$$\sum_{h \in H_t} X_{pdht} = C_{dpt}, \forall t \in T, \forall d \in D_t, p \in P_t \cap P_d \quad (23)$$

Em um exemplo hipotético, para a turma 100 e disciplina Matemática lecionada pelo professor João, percorremos todos os horários disponíveis, e a soma das atribuições de X_{pdht} deve ser = a quantidade de aulas pré-estabelecidas, pois para a turma 100 durante a semana nos horários que ela tem disponibilidade deve ser lecionado a disciplina Matemática pelo João a sua carga horária semanal. Assim deve-se fazer para todos as demais disciplinas, professores e turmas.

5. RH5: Cada disciplina de uma turma t é lecionada no máximo uma vez por dia.

$$\sum_{p \in P_t} \sum_{h \in H_t: h = \text{dia da semana}} X_{pdht} \leq 1, \forall t \in T, \forall d \in D_t \text{ e } \forall h \in H_t \cap \text{dia da semana} \quad (24)$$

Em um exemplo hipotético, para a turma 100, disciplina Matemática na segunda-feira, percorremos todos os professores que lecionam Matemática para a turma 100, e todos os horários disponíveis para turma 100 na segunda-feira, a soma das atribuições de X_{pdht} deve ser ≤ 1 , pois para a turma 100 em qualquer horário da segunda-feira deve ser lecionada por qualquer professor p Matemática no máximo uma aula. Assim deve-se fazer para todos os demais dias da semana, disciplinas e turmas.

6. Para conseguir verificar se um professor leciona em um dia da semana é necessário verificar se $x > 0$ se sim $b = 1$ se não $b = 0$, para todos os professores e todos os horários a cada dia da semana. Assim tem-se as seguintes restrições : $\forall p \in P \text{ e } \forall h \in H_p \cap \text{dia da semana}$

$$x \geq \epsilon - M \times (1 - b) \quad (25)$$

$$x \leq \epsilon + M \times b \quad (26)$$

Devido a natureza das duas restrições e b ser uma variável de decisão binária se $x > 0$ obrigatoriamente $b = 1$, no nosso exemplo se x é maior que 0 significa que o professor João leciona ao menos um dia na segunda-feira, portanto leciona na segunda. Se x é menor que a 0 significa que o professor João leciona 0 aulas, portanto não leciona na segunda e b será igual a 0.

Sendo:

$$x = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} \sum_{h \in H_p: h = \text{diadasemana}} X_{pdht} \quad (27)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João na segunda-feira, percorremos todos as disciplinas que ele leciona e todas as suas turmas, e todos os horários disponíveis na segunda-feira, a soma das atribuições de X_{pdht} será igual ao número de aulas que ele lecionará na segunda.

$$b = \text{Seg}_p \text{ se segunda ou} \quad (28)$$

$$\text{Ter}_p \text{ se terça ou} \quad (29)$$

$$\text{Qua}_p \text{ se quarta...} \quad (30)$$

7. Para conseguir verificar se um professor tem janela a cada três horários sequentes em um dia da semana e turno é necessário verificar se $x > 0$ se sim $b = 1$ se não $b = 0$, para todos os professores e até o penúltimo o horário de cada dia da semana e turno. Assim tem-se as seguintes restrições : $\forall p \in P$ e $\forall h \in H_p$ e de h até $h - 2 \in \text{dia da semana com } h \in \text{turno}$:

$$x \geq \epsilon - M \times (1 - b) \quad (31)$$

$$x \leq \epsilon + M \times b \quad (32)$$

Sendo:

$$x = (1 - ((1 - h1) + h2 + (1 - h3))) \quad (33)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João na segunda-feira no turno da manhã tendo 6 slots iremos ter 2^* (número de slots no dia e turno-2) restrições nesse dia e turno, e percorremos os horários deste turno e dia fixado

até o número de $h-2$ (penúltimo), pois temos que calcular x quatro vezes, tendo $(h1,h2,h3),(h2,h3,h4),(h3,h4,h5),(h4,h5,h6)$, averiguando se o valor obtido é maior que zero, ou seja tem janela, ou menor que zero, não tem janela.

$$h1 = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdht} \quad (34)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João na segunda-feira no turno da manhã no primeiro horário, percorremos todas disciplinas que deverão ser lecionadas e todas as turmas, a soma das atribuições de X_{pdht} será 1 ou zero, devido a restrição RH2. Ou seja, se ele leciona ou não nesse horário específico.

$$h2 = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdh+1t} \quad (35)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João na segunda-feira no turno da manhã no segundo horário percorremos todas disciplinas que deverão ser lecionadas e todas as turmas, a soma das atribuições de X_{pdht} será 1 ou zero, devido a restrição RH2. Ou seja, se ele leciona ou não nesse horário específico.

$$h3 = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdh+2t} \quad (36)$$

Em um exemplo hipotético, para o professor João na segunda-feira no turno da manhã no terceiro horário percorremos todas disciplinas que deverão ser lecionadas e todas as turmas, a soma das atribuições de X_{pdht} será 1 ou zero, devido a restrição RH2. Ou seja, se ele leciona ou não nesse horário específico.

$$b = J_{segm_{p,h}} \text{ se segunda de manha} \quad (37)$$

$$\text{ou } J_{segt_{p,h}} \text{ se segunda de tarde} \quad (38)$$

$$\text{ou } J_{term_{p,h}} \text{ se terca de manha...} \quad (39)$$

4.2.5 Função de avaliação

A função de avaliação define a qualidade da solução obtida, em função dos valores das variáveis de decisão. Como a função objetivo é minimizante, a redução do seu valor representa uma otimização da grade horária. A expressão da função de avaliação deste modelo, quer reduzir o custo da grade horária, levando em conta os

aspectos das janelas identificadas e dias em que os professores lecionam, e é dada por:

$$\text{Minimizar } X \quad (40)$$

Onde:

$$X = \alpha \times Tdp + \beta \times Jm + \beta \times Jt \quad (41)$$

O somatório resulta no total de dias em que os professores lecionam.

$$Tdp = \sum_{p \in P} (Seg_p + Ter_p + Qua_p + Qui_p + Sex_p) \quad (42)$$

O somatório resulta no total de janelas entre horarios sequentes na manhã.

$$Jm = ($$

$$\sum_{h \in H: h=segunda \text{ e } h=manha}^{h-2} JSegm_{p,h}, \forall p \in P+$$

$$\sum_{h \in H: h=terca \text{ e } h=manha}^{h-2} JTerm_{p,h}, \forall p \in P+$$

$$\sum_{h \in H: h=quarta \text{ e } h=manha}^{h-2} JQuam_{p,h}, \forall p \in P+ \quad (43)$$

$$\sum_{h \in H: h=quinta \text{ e } h=manha}^{h-2} JQuim_{p,h}, \forall p \in P+$$

$$\sum_{h \in H: h=sexta \text{ e } h=manha}^{h-2} JSexm_{p,h}, \forall p \in P$$

$$)$$

O somatório resulta no total de janelas entre horarios sequentes na tarde.

$$Jt = ($$

$$\sum_{h \in H: h=segunda \text{ e } h=tarde}^{h-2} JSegt_{p,h}, \forall p \in P+$$

$$\sum_{h \in H: h=terca \text{ e } h=tarde}^{h-2} JTert_{p,h}, \forall p \in P+$$

$$\sum_{h \in H: h=quarta \text{ e } h=tarde}^{h-2} JQuat_{p,h}, \forall p \in P+ \quad (44)$$

$$\sum_{h \in H: h=quinta \text{ e } h=tarde}^{h-2} JQuit_{p,h}, \forall p \in P+$$

$$\sum_{h \in H: h=sexta \text{ e } h=tarde}^{h-2} JSext_{p,h}, \forall p \in P$$

$$)$$

5 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

5.1 IMPLEMENTAÇÃO

O modelo apresentado foi implementado em Python 3, o código completo pode ser visto melhor em <https://github.com/lucaswodtke/OtimizacaoGradeHoraria> onde está hospedado. Para resolver o problema de otimização foi utilizado o solver Gurobi Optimizer, por disponibilizar uma licença acadêmica. Além disso é uma ferramenta que permite através de suas bibliotecas definir modelos complexos em Python e buscar a melhor solução utilizando os métodos suportados, de maneira mais otimizada. Dentre os tipos de problemas estão problemas LP, MIP, IP. Um dos algoritmos úteis suportados é o Branch-and-Bound e Simplex, utilizado muitas das vezes para solucionar problemas LP, além disso o Gurobi utiliza técnicas como Paralelismo, Presolve, Cutting Planes e Heurísticas combinadas.([GUROBI, 2021](#))

Para avaliarmos nosso modelo, naturalmente precisamos de instâncias de turmas, disciplinas e professores. Para isso foi disponibilizado para este trabalho uma tabela com estes dados da escola EEB PE ANCHIETA. Antes de extraí-los para a criação da instância do problema, foi necessário analisar a coerência e verificar se não existiam dados faltantes. Nesta etapa, foram identificadas algumas incoerências que não permitiram gerar todas as grades horárias da escola.

Dentre elas foram encontradas três categorias de inconsistências. A primeira, professores substitutos não tinham a identificação das disciplinas que lecionam para as suas turmas. Outro problema encontrado foi o fato do professor substituto ter sempre a carga horária de vinte aulas para todas as turmas que ele leciona, um número muito elevado levando em conta que, por exemplo, na turma 90, para a disciplina de Matemática a carga horária é de quatro aulas semanais.

A segunda inconsistência encontrada foi o fato de turmas pertencentes a mesma série terem carga horárias diferentes, por exemplo, a turma 10 tem o total de carga horária de quarenta e duas aulas semanais, a turma 11 duas, a turma 12 vinte e duas. Isso indica que a carga horária da turma 10 que tem professor substituto tem um número mais elevado de aulas, e a turma 11 tem disciplinas que não são estão lecionadas por um professor (dados faltantes).

Por fim, o último tipo de incoerência encontrada é fato do total da carga horária não ser múltipla de 5, que é o total dos dias de aulas que terão aulas lecionadas (segunda a sexta). Isso significa que se a carga horária da turma 12 é vinte duas aulas semanais, será necessário a criação de cinco slots diários para ser possível alocar as vinte duas aulas durante a semana. Isso, todavia, significa que durante a semana terão três slots que nenhuma aula será lecionada, se por exemplo, o resultado da resolução do modelo deixar esses três slots vazios nos primeiros horários da sexta-feira, significa que a primeira aula neste dia começara mais tarde do que nos outros. Entretanto não

é adequado, pois as turmas devem ter o início de sua primeira aula igual em todos os demais dias.

Após analisar a tabela com todas as turmas, professores e disciplinas, foi possível gerar grade horária para todas as turmas e professores do ensino médio. No total são vinte e dois professores, dez turmas e 120 disciplinas x turmas escolhidas pelos professores. Cada turma tem uma carga horária de aula semanal de 25 aulas. Sendo 5 dessas turmas no turno da manhã e 5 a tarde. Cada turno terá 5 slots e o dia 10 slots, essa instância real será denominada instância 1.

Para testar o modelo em diversas situações criamos três instâncias hipotéticas modificando dados da tabela, a segunda instância (instância 2) é apenas o ensino médio no turno da manhã contando com cinco turmas, dezoito professores e 60 combinações disciplinas x turmas escolhidas pelos professores e carga horária de 30 aulas semanais, ou seja cada dia terá 6 slots. A terceira instância (instância 3) apenas o ensino médio no turno da tarde também conta com cinco turmas, dezoito professores e 60 disciplinas x turmas escolhidas pelos professores e carga horária de 30 aulas semanais. Por fim, a quarta instância (instância 4) todas as turmas e professores do ensino médio. No total são vinte e dois professores e dez turmas e 120 disciplinas x turmas escolhidas pelos professores. Cada turma tem um carga horária de aula semanal de 30 aulas. Sendo 5 dessas turmas no turno da manhã e 5 a tarde. Cada turno terá 6 slots e o dia 12 slots.

Os nomes dos professores foram substituídos por siglas P1, P2, P3..., e assim, com essas quatro instâncias coerentes, cada uma com sua tabela de dados, foram extraídos automaticamente através de um algoritmo, os dados pertinentes para a criação de listas com os objetos horários, turmas, professores e disciplinas, sendo possível tê-los indexados para acessar os seus parâmetros, mencionados no capítulo quatro. Com isso, também é possível criar as restrições e variáveis de decisão corretamente, e com a solução obtida exibir as grades horárias dos professores e das turmas de maneira mais inteligível no terminal.

Uma vez com o modelo resolvido, a fim de analisar as janelas, para cada professor, em cada turno e dia é calculado o número de janelas no dia, turno e total da semana, também o valor total de janelas obtidas para todos os professores. O pseudo-código para o cálculo de janelas em um dia e turno se encontra na figura 10

Figura 10 – Pseudo código para calcular Janelas

```

h ← lista com horários em turno do dia (1 se tem aula lecionada senão 0);
janelas ← 0;
pular ← 1;
para y = 0 até y = tamanho de h faça
  read current;
  se pular > 0 então
    | pular ← pular - 1;
  fim
  se pular = 0 então
    | se h[y] == 1 então
      | contadorJanelas ← 0;
      | para x = y + 1 até x = tamanho de h faça
        | se x == tamanho de h and h[x] == 0 então
          | contadorJanelas ← 0;
          | sair do laço de repetição;
        | fim
        | se h[x] == 0 então
          | contadorJanelas ← contadorJanelas + 1;
        | fim
        | se x! = y and h[x] == 1 então
          | sair do laço de repetição;
        | fim
      | fim
      | se contadorJanelas > 0 então
        | pular ← pular + contadorJanelas;
        | janelas ← janelas + contadorJanelas;
        | contadorJanelas ← 0;
      | fim
    | fim
  fim
retorna janelas;

```

Algoritmo 1: Calcular janelas em um turno do dia

Fonte: Autor

Uma maneira mais intuitiva de entender o algoritmo é imaginar duas fitas de horários iguais com as posições sendo preenchidas por 1 se tem aula e 0 se não. A primeira fita tem seu primeiro valor verificado denominado *x*, se o valor de *x* for 0, passamos para a próxima posição até o valor de *x* ser 1, quando isso ocorrer percorremos a segunda fita a partir da próxima posição que a primeira fita está, este valor da segunda fita será denominado *y*, se *y* for 0 contamos uma janela local e um

passo e avançamos até a próxima posição da segunda fita se o valor de y for 1 o número global de janelas terá adicionado o número de janelas locais, e a local será zerada, e avançamos a primeira fita pelo valor dos passos contados e posteriormente zeramos os passos, e assim repetimos o processo até chegar ao limite de uma das fitas. Caso o valor de y for zero continuamos contando mais janelas locais e contando os passos percorrendo a segunda fita até encontrar o próximo valor 1, assim adicionamos ao global as janelas locais contadas e andamos as posições já conferidas na primeira fita, se por acaso chegarmos na última posição da segunda fita e o valor for zero significa que será somado zero janelas ao número de janelas global e as janelas locais contadas serão descartadas, se for 1 somamos ao valor global as janelas contadas.

5.2 ANÁLISE SOBRE RESULTADOS OBTIDOS

A resolução das quatro instâncias foram executados em um Notebook Asus X555UB com CPU Intel(R) Core(TM) i7-6500u com frequência de 2.50GHz e 8GB de memória ram. Em relação ao software foi utilizado Python versão 3.8.8 e Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win64) na configuração padrão. Detalhes sobre a resolução podem ser vistos na imagem 11.

Figura 11 – Resultados

	Variáveis	Restrições	Gap	Nodos explorados	Tempo de Execução
Instância 1	110470	3432	0		17.03 segundos
Instância 2	27450	1968	0		15.54 segundos
Instância 3	27450	1968	0		14.76 segundos
Instância 4	132630	4102	0	738	92.78 segundos

	Iterações de Simplex	GUB cover	Inf proof	Zero half	RLT
Instância 1	29694			20	11
Instância 2	39678			6	9
Instância 3	26917			8	14
Instância 4	414264	30	1	23	10

	Relax-and-lift	Gomory	Cover	Clique	Projected implied bound
Instância 1		3			
Instância 2		2			
Instância 3					
Instância 4	1	21	16	12	3

	MIR	Flow Cover
Instância 1	4	1
Instância 2	1	
Instância 3	1	
Instância 4	8	34

Fonte: Autor

Para todas as instâncias foi possível encontrar a solução ótima. O gap é dado em porcentagem pelo gurobi e representa $(p - d)/p$, onde p é o limite encontrado do primal e d o limite encontrado do dual. Com os resultados obtidos é possível perceber que nas

instâncias 2 e 3 que são menores a solução ótima é encontrada rapidamente, sendo necessário explorar apenas 1 nodo no método branch-and-bound e poucas técnicas de planos de corte. A instância 1, a real, contém um número bem maior de restrições e variáveis, conseqüentemente para obter a solução ótima, foi necessário um tempo um pouco maior, e usar mais técnicas de planos de corte. Por fim a instância 4, a maior de todas foi necessário o uso de diversas técnicas de planos de cortes e um tempo bem maior que as demais. Em um grande conjunto de dados, levando em consideração o fato de ser humanamente muito trabalhoso gerar diversas grades horárias sem o auxílio de métodos matemáticos, o fato de ter uma solução ótima é extremamente satisfatório em um tempo de execução curto, para um modelo complexo.

Em relação a análise de janelas e dias alocados temos o seguinte resultado apresentado na imagem 12.

Figura 12 – Análise sobre janelas e dias alocados

Professores	Total de janelas	Janelas observando h1,h2,h3	Total de dias alocados	Total de slots no dia
Instância 1	30	0	49	10
Instância 2	48	0	50	6
Instância 3	37	0	49	6
Instância 4	104	0	65	12

Fonte: Autor

Como obtemos uma solução ótima obviamente temos o número mínimo de dias alocados e janelas observando h1,h2,h3, contudo o número de janelas consecutivas não é minimizado ocasionando um número elevado do total de janelas. Outro aspecto interessante é que como não existe um balanceamento entre a redução de janelas e dias alocados para os professores, ocorre casos em que um professor pode ter muitas janelas e muitos dias alocados (prejudicado) enquanto outro professor nenhuma janela e o menor quantidade de dias alocados, pois é minimizado o custo total de janelas e dias globalmente. O número elevado de janelas na instância 4 provavelmente se deve ao fato das cargas horárias semanais dos professores terem sido elevadas artificialmente demasiadamente, fazendo com que sejam necessários lecionar mais aulas em turnos diferentes e conseqüentemente em mais dias devido a restrição RH5 (impossibilita que uma disciplina seja lecionada mais de uma vez para uma mesma turma no mesmo dia), favorecendo a probabilidade de aparecer mais janelas. Por exemplo, o professor P1 na instância real tem 18 aulas semanais, enquanto na instância 4 tem 28 aulas semanais para a mesma quantidade de turmas. Com turnos com menos slots a probabilidade de ter janelas consecutivas diminuí, e a minimização de janelas observando h1,h2,h3 tem um impacto maior sobre o total, por isso percebemos que mesmo a instância 1 sendo maior que a 2 e 3, tem um número menor de janelas.

Para exemplificar a saída do código completo, temos para o professor P11 e turma 300 da instância 1 as seguintes grades horárias na imagens 13 e 14. E para

instância 4 professor P1 e turma 203 imagens 16 e 15. Para poder visualizar mais detalhes sobre o código e saídas é possível acessar todas as instâncias, tabelas e arquivos .LP em <https://github.com/lucaswodtke/OtimizacaoGradeHoraria> ou observar na seção do anexo A a resolução da instância 1.

Figura 13 – Grade Horária turma 300 instância 1

Turma: 300				
Dia da semana: 2	Slot: 1	Disciplina: QUÍMICA	Professor: P11	
Dia da semana: 2	Slot: 2	Disciplina: HISTÓRIA	Professor: P7	
Dia da semana: 2	Slot: 3	Disciplina: MATEMÁTICA	Professor: P3	
Dia da semana: 2	Slot: 4	Disciplina: LITERATURA	Professor: P2	
Dia da semana: 2	Slot: 5	Disciplina: GEOGRAFIA	Professor: P9	
Dia da semana: 3	Slot: 1	Disciplina: BIOLOGIA	Professor: P6	
Dia da semana: 3	Slot: 2	Disciplina: MATEMÁTICA	Professor: P3	
Dia da semana: 3	Slot: 3	Disciplina: FILOSOFIA	Professor: P10	
Dia da semana: 3	Slot: 4	Disciplina: INGLÊS	Professor: P12	
Dia da semana: 3	Slot: 5	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Professor: P5	
Dia da semana: 4	Slot: 1	Disciplina: FÍSICA	Professor: P8	
Dia da semana: 4	Slot: 2	Disciplina: QUÍMICA	Professor: P11	
Dia da semana: 4	Slot: 3	Disciplina: ARTE	Professor: P4	
Dia da semana: 4	Slot: 4	Disciplina: FILOSOFIA	Professor: P10	
Dia da semana: 4	Slot: 5	Disciplina: HISTÓRIA	Professor: P7	
Dia da semana: 5	Slot: 1	Disciplina: LITERATURA	Professor: P2	
Dia da semana: 5	Slot: 2	Disciplina: INGLÊS	Professor: P12	
Dia da semana: 5	Slot: 3	Disciplina: MATEMÁTICA	Professor: P3	
Dia da semana: 5	Slot: 4	Disciplina: SOCIOLOGIA	Professor: P1	
Dia da semana: 5	Slot: 5	Disciplina: ARTE	Professor: P4	
Dia da semana: 6	Slot: 1	Disciplina: GEOGRAFIA	Professor: P9	
Dia da semana: 6	Slot: 2	Disciplina: LITERATURA	Professor: P2	
Dia da semana: 6	Slot: 3	Disciplina: FÍSICA	Professor: P8	
Dia da semana: 6	Slot: 4	Disciplina: BIOLOGIA	Professor: P6	
Dia da semana: 6	Slot: 5	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Professor: P5	
Carga horária: 25				

Fonte: Autor

Figura 14 – Grade Horária professor P11 instância 1

Prof: P11						
Dia da semana:	2	Slot:	1	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 300
Dia da semana:	2	Slot:	2	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 100
Dia da semana:	2	Slot:	3	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 201
Dia da semana:	2	Slot:	4	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 101
Dia da semana:	2	Slot:	5	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 200
Dia da semana:	2	Slot:	6	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 203
Dia da semana:	2	Slot:	7	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 202
Dia da semana:	2	Slot:	8	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 103
Dia da semana:	2	Slot:	9	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 102
Dia da semana:	2	Slot:	10	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 302
Dia da semana:	4	Slot:	1	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 201
Dia da semana:	4	Slot:	2	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 300
Dia da semana:	4	Slot:	3	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 200
Dia da semana:	4	Slot:	4	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 101
Dia da semana:	4	Slot:	5	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 100
Dia da semana:	4	Slot:	6	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 103
Dia da semana:	4	Slot:	7	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 203
Dia da semana:	4	Slot:	8	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 102
Dia da semana:	4	Slot:	9	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 202
Dia da semana:	4	Slot:	10	Disciplina:	QUÍMICA	Turma: 302
Carga horária: 20						

Fonte: Autor

Figura 15 – Grade Horária turma 203 instância 4

Turma: 203				
Dia da semana:	2	Slot:	7	Disciplina: QUÍMICA Professor: P11
Dia da semana:	2	Slot:	8	Disciplina: MATEMÁTICA Professor: P14
Dia da semana:	2	Slot:	9	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	2	Slot:	10	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor: P1
Dia da semana:	2	Slot:	11	Disciplina: ARTE Professor: P4
Dia da semana:	2	Slot:	12	Disciplina: GEOGRAFIA Professor: P9
Dia da semana:	3	Slot:	7	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor: P17
Dia da semana:	3	Slot:	8	Disciplina: INGLÊS Professor: P13
Dia da semana:	3	Slot:	9	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	3	Slot:	10	Disciplina: FÍSICA Professor: P8
Dia da semana:	3	Slot:	11	Disciplina: MATEMÁTICA Professor: P14
Dia da semana:	3	Slot:	12	Disciplina: HISTÓRIA Professor: P19
Dia da semana:	4	Slot:	7	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor: P1
Dia da semana:	4	Slot:	8	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	4	Slot:	9	Disciplina: GEOGRAFIA Professor: P9
Dia da semana:	4	Slot:	10	Disciplina: FILOSOFIA Professor: P10
Dia da semana:	4	Slot:	11	Disciplina: QUÍMICA Professor: P11
Dia da semana:	4	Slot:	12	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor: P17
Dia da semana:	5	Slot:	7	Disciplina: BIOLOGIA Professor: P16
Dia da semana:	5	Slot:	8	Disciplina: HISTÓRIA Professor: P19
Dia da semana:	5	Slot:	9	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor: P1
Dia da semana:	5	Slot:	10	Disciplina: ARTE Professor: P4
Dia da semana:	5	Slot:	11	Disciplina: MATEMÁTICA Professor: P14
Dia da semana:	5	Slot:	12	Disciplina: INGLÊS Professor: P13
Dia da semana:	6	Slot:	7	Disciplina: INGLÊS Professor: P13
Dia da semana:	6	Slot:	8	Disciplina: FÍSICA Professor: P8
Dia da semana:	6	Slot:	9	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	6	Slot:	10	Disciplina: FILOSOFIA Professor: P10
Dia da semana:	6	Slot:	11	Disciplina: BIOLOGIA Professor: P16
Dia da semana:	6	Slot:	12	Disciplina: HISTÓRIA Professor: P19
Carga horária: 30				

Fonte: Autor

Figura 16 – Grade Horária professor P1 instância 4

Prof: P1							
Dia da semana:	2	Slot:	1	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	201
Dia da semana:	2	Slot:	2	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	300
Dia da semana:	2	Slot:	3	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	101
Dia da semana:	2	Slot:	4	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	100
Dia da semana:	2	Slot:	5	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	200
Dia da semana:	2	Slot:	9	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	103
Dia da semana:	2	Slot:	10	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	203
Dia da semana:	2	Slot:	11	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	302
Dia da semana:	2	Slot:	12	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	202
Dia da semana:	4	Slot:	2	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	201
Dia da semana:	4	Slot:	3	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	101
Dia da semana:	4	Slot:	4	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	300
Dia da semana:	4	Slot:	5	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	100
Dia da semana:	4	Slot:	6	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	200
Dia da semana:	4	Slot:	7	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	203
Dia da semana:	4	Slot:	10	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	202
Dia da semana:	4	Slot:	11	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	103
Dia da semana:	4	Slot:	12	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	102
Dia da semana:	5	Slot:	3	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	101
Dia da semana:	5	Slot:	4	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	100
Dia da semana:	5	Slot:	5	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	200
Dia da semana:	5	Slot:	6	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	201
Dia da semana:	5	Slot:	7	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	103
Dia da semana:	5	Slot:	8	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	102
Dia da semana:	5	Slot:	9	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	203
Dia da semana:	5	Slot:	10	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	302
Dia da semana:	5	Slot:	11	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	202
Dia da semana:	6	Slot:	11	Disciplina:	SOCIOLOGIA	Turma:	102
Carga horária: 28							

Fonte: Autor

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho, foi proposto um modelo para alocação de horários para professores x disciplinas e turmas. Com o objetivo de minimizar o total de dias em que os professores devem lecionar e as janelas observando os horários h1, h2, h3 (sequentes), desenvolvendo uma formulação do modelo como um problema de programação linear inteira. Por fim, foram obtidos resultados sobre o problema usando turmas, professores e disciplinas do ensino médio em quatro instâncias diferentes. Os resultados ilustram a dificuldade em lidar com a complexidade do problema, além do esforço que existe na verificação da integridade dos conjuntos de dados baseadas em dados reais e bem como elaborar uma extração automatizada. O trabalho realizou as etapas 1, 2, 3 e 4 da pesquisa operacional, com os resultados encontrados percebemos que ainda é necessário realizar ajustes ao modelo, refazendo este processo cíclico levando novos fatores em consideração. Embaixo se encontra uma lista com algumas possibilidades de objetivos para progredir e também tornar o modelo ainda mais completo a partir deste trabalho e futuramente torná-lo viável para implementar nas escolas, seguindo para última etapa da pesquisa operacional:

Para etapas 1, 2, 3 e 4:

- Minimizar também o número de janelas consecutivas.
- Restringir as disciplinas lecionadas que pertencem ao mesmo grupo.
- Permitir forçar a criação de formatação das aulas como, por exemplo: geminadas, separadas, uma aula por dia, com dias de intervalo, etc...
- Resolver a incoerência causada pelos professores substitutos.
- Ser possível suportar horários variáveis para um professor lecionando para turmas com diferentes números de slots e duração de aula. Em um exemplo hipotético, um professor leciona para turmas do ensino fundamental anos iniciais de manhã, que contém 8 slots por dia, com duração de 35 minutos. Este mesmo professor leciona para turmas do ensino médio manhã, que contém 6 slots por dia com duração de 45 minutos cada. Reduzir as janelas deste professor e também conseguir alocar o maior número de aulas por dia e gerar sua grade horária respeitando todas as restrições.
- Pensar na possibilidade de permitir limitar o número de aulas lecionadas por um professor em um dia.
- Antes de tentar criar a instância através dos dados da tabela, ter um código que verifica a integridade e coerência dos dados e tendo como saída um relatório indicando os problemas encontrados.

- Pensar na possibilidade de permitir suavizar o espaçamento entre as aulas ministradas durante a semana para não tornar a jornada de trabalho muito cansativa para o professor.
- Realizar a validação do modelo com dados de várias escolas.
- Analisar a possibilidade de melhorar o desempenho ao decompor a otimização em partes criando um novo modelo de Multi-commodity flow como proposto por Fonseca ([FONSECA et al., 2017](#)).

Para etapa 5:

- Ao invés de exibir as grades horárias no terminal, ter como saída um arquivo compactado com todas as tabelas de grades horárias geradas em formato .ods ou .xls.
- Verificar a possibilidade de utilizar open source softwares para resolver o modelo, evitando assim a necessidade de comprar licenças.
- Criação de uma plataforma web interativa permitindo realizar a busca por soluções de diferentes conjuntos de dados apenas inserindo as tabelas, com maior usabilidade para o usuário.

REFERÊNCIAS

BURKE, Edmund K; PETROVIC, Sanja; QU, Rong. Case-based heuristic selection for timetabling problems. **Journal of Scheduling**, Springer, v. 9, n. 2, p. 115–132, 2006. Citado na p. 15.

CARTER, Michael W; LAPORTE, Gilbert. Recent developments in practical course timetabling. *In*: SPRINGER. INTERNATIONAL conference on the practice and theory of automated timetabling. [S.l.: s.n.], 1997. P. 3–19. Citado nas pp. 10, 15, 27.

CEE/SC. **Currículo Base da Educação Infantil e do Ensino Fundamental do Território Catarinense**. [S.l.], 2019. Disponível em:

<<http://uaw.com.br/pagflip/pdf.php?pag=portifolio&cod=35>>. Acesso em: 10 jan. 2022. Citado na p. 18.

CEE/SC. **Currículo Base do Ensino Médio do Território Catarinense - Caderno 1**. [S.l.], 2020. Disponível em:

<<http://www.cee.sc.gov.br/index.php/downloads/documentos-diversos/curriculo-base-do-territorio-catarinense/2069-curriculo-base-do-territorio-catarinense-do-ensino-medio-caderno-1/file>>. Acesso em: 10 jan. 2022. Citado na p. 21.

CESCHIA, Sara; DI GASPERO, Luca; SCHAERF, Andrea. Educational Timetabling: Problems, Benchmarks, and State-of-the-Art Results. **arXiv preprint arXiv:2201.07525**, 2022. Citado na p. 25.

CRONOS. **Cronos**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.cronostimetable.com/>>. Acesso em: 10 dez. 2021. Citado na p. 28.

DORNELES, Árton P; ARAÚJO, Olinto CB de; BURIOL, Luciana S. A column generation approach to high school timetabling modeled as a multicommodity flow problem. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 256, n. 3, p. 685–695, 2017. Citado nas pp. 26, 27.

DORNELES, Árton P; ARAÚJO, Olinto CB de; BURIOL, Luciana S. A fix-and-optimize heuristic for the high school timetabling problem. **Computers & Operations Research**, Elsevier, v. 52, p. 29–38, 2014. Citado nas pp. 26, 27.

FET. **FET**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://lalescu.ro/liviu/fet/>>. Acesso em: 10 dez. 2021. Citado na p. 28.

FOMIN FEDOR V; KRATSCH, Dieter. **Exact exponential algorithms**. [S.l.]: Berlin, Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010. P. 202–204. Citado na p. 17.

FONSECA, George HG *et al.* Integer programming techniques for educational timetabling. **European Journal of Operational Research**, Elsevier, v. 262, n. 1, p. 28–39, 2017. Citado nas pp. 27, 48.

FREDERICK S. HILLIER, Gerald J. Lieberman. **Introduction to Operations Research**. 7th. [S.l.]: McGraw-Hill, 2001. Citado na p. 14.

GRIDCLASS. **GridClass**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://gridclass.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2021. Citado na p. 28.

GUROBI. **Gurobi Optimizer Reference Manual**. [S.l.]. Disponível em: <<https://www.gurobi.com/documentation/9.5/refman/index.html>>. Acesso em: 24 nov. 2021. Citado nas pp. 10, 38.

KRISTIANSEN, Simon; SØRENSEN, Matias; STIDSEN, Thomas R. Integer programming for the generalized high school timetabling problem. **Journal of Scheduling**, Springer, v. 18, n. 4, p. 377–392, 2015. Citado nas pp. 26, 27.

OPTAPLANNER. **OptaPlanner**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.optaplanner.org/>>. Acesso em: 10 dez. 2021. Citado na p. 28.

POWERCUBUS. **PowerCubus**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://powercubus.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2021. Citado na p. 28.

SINPRO. Pagamento de “janelas”, 2018. Disponível em: <<https://sinprofpolis.org.br/index.php/2018/11/26/pagamento-de-janelas/>>. Acesso em: 10 jan. 2022. Citado na p. 24.

SØRENSEN, Matias; DAHMS, Florian HW. A two-stage decomposition of high school timetabling applied to cases in Denmark. **Computers & Operations Research**, Elsevier, v. 43, p. 36–49, 2014. Citado na p. 25.

SØRENSEN, Matias; STIDSEN, Thomas Riis. **Comparing solution approaches for a complete model of high school timetabling**. [S.l.], 2013. Citado na p. 25.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa operacional: uma visão geral**. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2008. Citado nas pp. 10, 13.

TAN, Joo Siang *et al.* A survey of the state-of-the-art of optimisation methodologies in school timetabling problems. **Expert Systems with Applications**, Elsevier, v. 165, p. 113943, 2021. Citado na p. 25.

TASSOPOULOS, Ioannis X; ILIOPOULOU, Christina A; BELIGIANNIS, Grigorios N. Solving the Greek school timetabling problem by a mixed integer programming model. **Journal of the Operational Research Society**, Taylor & Francis, v. 71, n. 1, p. 117–132, 2020. Citado na p. 27.

URANIA. **Urânia**. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.programaurania.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2021. Citado na p. 28.

VAŠEK, Chvátal. **Linear programming**. [S.l.]: W. H. Freeman, 1983. Citado na p. 14.

AL-YAKOOB, Salem M; SHERALI, Hanif D. Mathematical models and algorithms for a high school timetabling problem. **Computers & Operations Research**, Elsevier, v. 61, p. 56–68, 2015. Citado na p. 26.

Apêndices

APÊNDICE A – SBC PAPER

Otimização na gerência acadêmica utilizando técnicas de programação linear e inteira

Lucas Henrique Gonçalves Wodtke¹, Álvaro Junio Pereira Franco¹

¹Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Caixa Postal 540 – 88040-900 – Florianópolis – SC – Brasil

lucas.wodtke@grad.ufsc.br, alvaro.junio@ufsc.br

Abstract. *The goal of this work is to build a model to optimize the allocation of teachers in the construction of a school timetable. The resolution focuses on the use of mathematical programming tools. A model was developed and implemented considering the specific case of a public school, as well as an equivalent integer linear programming formulation to be solved with optimization tools, generating timetables for the high school classes in the morning and afternoon and for the teachers. Finally, aspects to be improved in future works were shown to evolve the model.*

Resumo. *Este trabalho tem por objetivo construir um modelo para otimização da alocação de professores na construção de uma grade horária escolar. A resolução tem como foco o uso de ferramentas de programação matemática. Um modelo foi desenvolvido e implementado pensando no caso específico de uma escola pública, assim como uma formulação de programação linear inteira equivalente a ser resolvida com ferramentas de otimização, gerando grades horárias para as turmas de ensino médio de manhã e tarde e para os professores. Por fim, foram exibidos aspectos a serem melhorados em futuros trabalhos para evoluir o modelo.*

1. Introdução

Na área de gerência acadêmica se encontram as mais diversas atividades, dentre elas está o processo de atribuição de aulas e professores, tornando possível o acesso de todos alunos as disciplinas necessárias para a conclusão do período letivo. Atendendo, conjuntamente as necessidades da instituição de ensino, professores e alunos da melhor forma possível.

A tarefa de gerência das disciplinas, se demonstra ainda mais desafiadora ao tratar de grandes instituições, aos quais devem atender uma demanda maior de professores e alunos, tornando o ajuste manual, satisfazendo as solicitações e empregando o mínimo de recursos possível, muito trabalhosa. Além disso, o fato de adaptações necessárias, ocasionadas pela rotatividade de docentes, alunos e modificações na estrutura física exige uma manutenção frequente, implicando em uma necessidade de obter uma solução boa em um tempo razoável sem um esforço grande.

Um dos problemas enfrentados na gerência é o problema do horário, conhecido na literatura como the timetabling problem, relacionado com a atribuição professor \times disciplina \times turma \times horário, e é um caso especial de problema de agendamento, que é

reconhecidamente NP-difícil [Carter and Laporte 1997]. Havendo uma lista de professores com preferências de disciplinas, é necessário realizar a atribuição de disciplinas e professores as turmas maximizando uma função, além de associar horários atendendo as restrições impostas.

A definição do problema e sua construção, busca trazer aspectos específicos, diferentes dos demais encontrados na literatura, para então, encontrar soluções boas para dificuldades encontradas em escolas do estado de Santa Catarina. Para este trabalho se define um modelo próprio e a sua resolução para algumas instâncias, utilizando técnicas e métodos de programação Linear e Inteira e a ferramenta Gurobi Optimizer [GUROBI], seguindo as fases de um estudo de Pesquisa Operacional [Taha 2008].

2. Modelo

2.1. Objetivo

O objetivo essencial do problema é encontrar horários para as turmas e disciplinas previamente escolhidas pelos professores. Resultando na combinação possível dos horários das disciplinas alocados para cada turma e os horários alocados para cada professor, resumidamente a atribuição professor \times disciplina e turma \times horário.

As coordenações das escolas já propõem uma solução para o problema da atribuição de disciplinas e turmas associadas aos professores. Ou seja, o conjunto de dados de entrada já tem para cada professor as disciplinas e as turmas que deverão ser lecionadas, sendo portanto necessário encontrar os horários em que serão lecionados para cada turma.

O modelo a ser trabalhado é muito similar as características do subproblema de Class-Teacher Timetabling, citado no capítulo de Fundamentação Teórica.

Os dados fundamentais para poder resolver o problema são:

- Turmas;
- Professores;
- Lista de turmas e disciplinas escolhidas pelos professores;
- Lista de horários disponíveis por professor;
- Lista de horários disponíveis para alocar disciplinas para cada turma.

2.2. Aspectos considerados ao modelo

- Eliminar o maior número possível de horários vagos (janelas) entre três horários em sequência dos docentes.
- Alocar as aulas de cada docente no menor número de dias possível.
- O resultado deve respeitar todas as restrições.
- Cada turno é composto por 6 slots de aula por dia (segunda-feira a sexta-feira) com o mesmo horário de início.

2.3. Conjunto de Dados

Os conjuntos de dados são as entidades envolvidas no processo de construção da grade horária:

1. H é um conjunto de horários.
2. T é um conjunto de turmas.
3. P é um conjunto com todos os professores.
4. D é um conjunto com todas disciplinas.

2.4. Parâmetros

Valores fixos que demonstram o relacionamento entre os conjuntos de dados.

1. C_{dpt} carga horária da disciplina d lecionada pelo professor p para turma t .
2. M_p quantidade de aulas semanais que o professor p deve lecionar.
3. D_t é um subconjunto de D contendo todas as disciplinas lecionadas para turma t .
4. H_t é um subconjunto de H contendo todos os horários possíveis para turma t
5. P_t é um subconjunto de T contendo todos os professores que lecionam para turma t
6. D_p é um subconjunto de D contendo todas as disciplinas lecionadas pelo professor p .
7. H_p é um subconjunto de H contendo todos os horários possíveis para o professor p .
8. T_p é um subconjunto de T contendo todas as turmas que o professor p leciona.
9. $\epsilon = 0.0001$
10. $M = 10 + \epsilon$
11. α = penalidade que indica a importância em alocar os professores no menor número de dias possível.
12. β = penalidade que indica a importância em ter o menor número de janelas.

2.5. Variáveis de decisão

As variáveis de decisão são as incógnitas a serem determinadas pela solução do modelo.

1.

$$X_{tdph} = \begin{cases} 1 & , \text{ se a turma } t \text{ tem aula da disciplina } d \text{ lecionada pelo} \\ & \text{professor } p \text{ no horário } h \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

2.

$$Seg_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \text{ na} \\ & \text{segunda-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (2)$$

3.

$$Ter_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \text{ na} \\ & \text{terça-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (3)$$

4.

$$Qua_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \text{ na} \\ & \text{quarta-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

5.

$$Qui_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \text{ na} \\ & \text{quinta-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (5)$$

6.

$$Sex_p = \begin{cases} 1 & , \text{ se o número de aulas lecionadas pelo professor } p \text{ na} \\ & \text{sexta-feira é maior que zero} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (6)$$

7.

$$J_{segm_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na segunda-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (7)$$

8.

$$J_{segt_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na segunda-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (8)$$

9.

$$J_{term_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na terça-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (9)$$

10.

$$J_{tert_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na terça-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (10)$$

11.

$$J_{quam_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na quarta-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (11)$$

12.

$$J_{quat_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na quarta-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (12)$$

13.

$$J_{quim_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na quinta-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (13)$$

14.

$$J_{quit_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na quinta-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (14)$$

15.

$$J_{sexm_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na sexta-feira no turno da manhã} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (15)$$

16.

$$J_{sext_{p,h}} = \begin{cases} 1 & , \text{ se ocorre janela observando } h \text{ e os próximos 2 slots} \\ & \text{ para } p \text{ na sexta-feira no turno da tarde} \\ 0 & , \text{ caso contrário} \end{cases} \quad (16)$$

2.6. Restrições Hard

São as restrições que as variáveis de decisão devem respeitar ao terem seus valores atribuídos.

1. RH1: Para cada turma , cada horário em um dia da semana é ocupado por no máximo uma disciplina nesta turma.

$$\sum_{d \in D_t} \sum_{p \in P_t} X_{pdht} \leq 1, \forall h \in H_t \text{ e } \forall t \in T \quad (17)$$

2. RH2: Cada professor pode lecionar no máximo uma disciplina em um mesmo horário que ele está disponível.

$$\sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdht} \leq 1, \forall p \in P \text{ e } \forall h \in H_p \quad (18)$$

3. RH3: Um professor deve lecionar uma determinada quantidade de aulas semanais.

$$\sum_{h \in H_p} \sum_{d \in D_p} \sum_{t \in T_p} X_{pdht} \leq M_p, \forall p \in P \quad (19)$$

4. RH4: Uma turma t deve ter alocado exatamente o número de aulas previsto para a disciplina d pelo professor p.

$$\sum_{h \in H_t} X_{pdht} = C_{dpt}, \forall t \in T, \forall d \in D_t, p \in P_t \cap p \in P_d \quad (20)$$

5. RH5: Cada disciplina de uma turma t é lecionada no máximo uma vez por dia.

$$\sum_{p \in P_t} \sum_{h \in H_t: h = \text{diada semana}} X_{pdht} \leq 1, \forall t \in T, \forall d \in D_t \text{ e } \forall h \in H_t \text{ e } h \in \text{dia da semana} \quad (21)$$

6. Para conseguir verificar se um professor leciona em um dia da semana é necessário verificar se $x > 0$ se sim $b = 1$ se não $b = 0$, para todos os professores e todos os horários a cada dia da semana. Assim tem-se as seguintes restrições : $\forall p \in P$ e $\forall h \in H_p$ e $h \in \text{dia da semana}$

$$x \geq \epsilon - M \times (1 - b) \quad (22)$$

$$x \leq \epsilon + M \times b \quad (23)$$

Sendo:

$$x = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} \sum_{h \in H_p: h = \text{diada semana}} X_{pdht} \quad (24)$$

$$b = \text{Seg}_p \text{ se segunda ou } \text{Ter}_p \text{ se terça ou } \text{Qua}_p \text{ se quarta...} \quad (25)$$

7. Para conseguir verificar se um professor tem janela a cada três horários sequentes em um dia da semana e turno é necessário verificar se $x > 0$ se sim $b = 1$ se não $b = 0$, para todos os professores e até o penúltimo o horário de cada dia da semana e turno. Assim tem-se as seguintes restrições : $\forall p \in P$ e $\forall h \in H_p$ e de h até $h - 2 \in dia da semana$ com $h \in turno$:

$$x \geq \epsilon - M \times (1 - b) \quad (26)$$

$$x \leq \epsilon + M \times b \quad (27)$$

Sendo:

$$x = (1 - ((1 - h1) + h2 + (1 - h3))) \quad (28)$$

$$h1 = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdht} \quad (29)$$

$$h2 = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdh+1t} \quad (30)$$

$$h3 = \sum_{t \in T_p} \sum_{d \in D_p} X_{pdh+2t} \quad (31)$$

$$b = Jseg_{p,h} \text{ se segunda de manha} \\ \text{ou } Jsegt_{p,h} \text{ se segunda de tarde} \\ \text{ou } Jterm_{p,h} \text{ se terca de manha...} \quad (32)$$

2.7. Função de avaliação

A função de avaliação define a qualidade da solução obtida, em função dos valores das variáveis de decisão. Como a função objetivo é minimizante, a redução do seu valor representa uma otimização da grade horária. A expressão da função de avaliação deste modelo, quer reduzir o custo da grade horária, levando em conta os aspectos das janelas identificadas e dias em que os professores lecionam, e é dada por:

$$\text{Minimizar } X \quad (33)$$

Onde:

$$X = \alpha \times D + \beta \times Jm + \beta \times Jt \quad (34)$$

O somatório resulta no total de dias em que os professores lecionam.

$$D = \sum_{p \in P} Seg_p + Ter_p + Qua_p + Qui_p + Sex_p \quad (35)$$

O somatório resulta no total de janelas entre horarios sequentes na manhã.

$$\begin{aligned}
 Jm = (& \\
 & \sum_{h \in H: h=segunda \text{ e } h=manha}^{h-2} JSegm_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=terca \text{ e } h=manha}^{h-2} JTerm_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=quarta \text{ e } h=manha}^{h-2} JQuam_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=quinta \text{ e } h=manha}^{h-2} JQuim_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=sexta \text{ e } h=manha}^{h-2} JSexm_{p,h}, \forall p \in P \\
 &) \tag{36}
 \end{aligned}$$

O somatório resulta no total de janelas entre horarios sequentes na tarde.

$$\begin{aligned}
 Jt = (& \\
 & \sum_{h \in H: h=segunda \text{ e } h=tarde}^{h-2} JSegt_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=terca \text{ e } h=tarde}^{h-2} JTert_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=quarta \text{ e } h=tarde}^{h-2} JQuat_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=quinta \text{ e } h=tarde}^{h-2} JQuit_{p,h}, \forall p \in P+ \\
 & \sum_{h \in H: h=sexta \text{ e } h=tarde}^{h-2} JSext_{p,h}, \forall p \in P \\
 &) \tag{37}
 \end{aligned}$$

3. Implementação

O modelo apresentado foi implementado em Python 3, o código completo pode ser visto melhor em <https://github.com/lucaswodtke/OtimizacaoGradeHoraria> onde está hospedado. Para resolver o problema de otimização foi utilizado o solver Gurobi Optimizer, por disponibilizar uma licença acadêmica. Além disso é uma ferramenta que permite através de suas bibliotecas definir modelos complexos em Python e buscar a melhor solução utilizando os métodos suportados, de maneira mais otimizada. Dentre os tipos de problemas estão problemas LP,

MIP, IP. Um dos algoritmos úteis suportados é o Branch-and-Bound e Simplex, utilizado muitas das vezes para solucionar problemas IP, além disso o Gurobi utiliza técnicas como Paralelismo, Presolve, Cutting Planes e Heurísticas combinadas.[GUROBI]

Para avaliarmos nosso modelo, naturalmente precisamos de instâncias de turmas, disciplinas e professores. Para isso foi disponibilizado para este trabalho uma tabela com estes dados da escola EEB PE ANCHIETA. Antes de extraí-los para a criação da instância do problema, foi necessário analisar a coerência e verificar se não existiam dados faltantes. Nesta etapa, foram identificadas algumas incoerências que não permitiram gerar todas as grades horárias da escola.

Dentre elas foram encontradas três categorias de inconsistências. A primeira, professores substitutos não tinham a identificação das disciplinas que lecionam para as suas turmas. Outro problema encontrado foi o fato do professor substituto ter sempre a carga horária de vinte aulas para as todas as turmas que ele leciona, um número muito elevado levando em conta que, por exemplo, na turma 90, para a disciplina de Matemática a carga horária é de quatro aulas semanais.

O segundo problema encontrado foi o fato de turmas pertencentes a mesma série terem carga horárias diferentes, por exemplo, a turma 10 tem o total de carga horária de quarenta e duas aulas semanais, a turma 11 duas, a turma 12 vinte e duas. Isso indica que a carga horária da turma 10 que tem professor substituto tem um número mais elevado de aulas, e a turma 11 tem disciplinas que não são estão lecionadas por um professor (dados faltantes).

Por fim, o último tipo de incoerência encontrada é fato do total da carga horária não ser múltipla de 5, que é o total dos dias de aulas que terão aulas lecionadas (segunda a sexta). Isso significa que se a carga horária da turma 12 é vinte duas aulas semanais, será necessário a criação de cinco slots diários para ser possível alocar as vinte duas aulas durante a semana. Isso, todavia, significa que durante a semana terão três slots que nenhuma aula será lecionada, se por exemplo, o resultado da resolução do modelo deixar esses três slots vazios nos primeiros horários da sexta-feira, significa que a primeira aula neste dia começara mais tarde do que nos outros. Entretanto, não é adequado, pois as turmas devem ter o início de sua primeira aula igual em todos os demais dias.

Após analisar a tabela com todas as turmas, professores e disciplinas, foi possível gerar grade horária para todas as turmas e professores do ensino médio. No total são vinte e dois professores, dez turmas e 120 disciplinas x turmas escolhidas pelos professores. Cada turma tem uma carga horária de aula semanal de 25 aulas. Sendo 5 dessas turmas no turno da manhã e 5 a tarde. Cada turno terá 5 slots e o dia 10 slots, essa instância real será denominada instância 1.

Para testar o modelo em diversas situações criamos três instâncias hipotéticas modificando dados da tabela, a segunda instância (instância 2) é apenas o ensino médio no turno da manhã contando com cinco turmas, dezoito professores e 60 combinações disciplinas x turmas escolhidas pelos professores e carga horária de 30 aulas semanais, ou seja cada dia terá 6 slots. A terceira instância (instância 3) apenas o ensino médio no turno da tarde também conta com cinco turmas, dezoito professores e 60 disciplinas x turmas escolhidas pelos professores e carga horária de 30 aulas semanais. Por fim, a quarta instância (instância 4) todas as turmas e professores do ensino médio. No total são vinte

e dois professores e dez turmas e 120 disciplinas x turmas escolhidas pelos professores. Cada turma tem um carga horária de aula semanal de 30 aulas. Sendo 5 dessas turmas no turno da manhã e 5 a tarde. Cada turno terá 6 slots e o dia 12 slots.

Os nomes dos professores foram substituídos por siglas P1, P2, P3..., e assim, com essas quatro instâncias coerentes, cada uma com sua tabela de dados, foram extraídos automaticamente através de um algoritmo, os dados pertinentes para a criação de listas com os objetos horários, turmas, professores e disciplinas, sendo possível tê-los indexados para acessar os seus parâmetros, mencionados no capítulo quatro. Com isso, também é possível criar as restrições e variáveis de decisão corretamente, e com a solução obtida exibir as grades horárias dos professores e das turmas de maneira mais inteligível no terminal.

Uma vez com o modelo resolvido, a fim de analisar as janelas, para cada professor, em cada turno e dia é calculado o número de janelas no dia, turno e total da semana, também o valor total de janelas obtidas para todos os professores. O pseudo-código para o cálculo de janelas em um dia e turno se encontra abaixo 1

```

h ← lista com horários em turno do dia (1 se tem aula lecionada senão 0);
janelas ← 0;
pular ← 1;
para y = 0 até y = tamanho de h faça
  read current;
  se pular > 0 então
    | pular ← pular - 1;
  fim
  se pular = 0 então
    | se h[y] == 1 então
      | contadorJanelas ← 0;
      | para x = y + 1 até x = tamanho de h faça
        | se x == tamanho de h and h[x] == 0 então
          | | contadorJanelas ← 0;
          | | sair do laço de repetição;
        | fim
        | se h[x] == 0 então
          | | contadorJanelas ← contadorJanelas + 1;
        | fim
        | se x! = y and h[x] == 1 então
          | | sair do laço de repetição;
        | fim
      | fim
      | se contadorJanelas > 0 então
        | | pular ← pular + contadorJanelas;
        | | janelas ← janelas + contadorJanelas;
        | | contadorJanelas ← 0;
      | fim
    | fim
  fim
retorna janelas;

```

Algoritmo 1: Calcular janelas em um turno do dia

Uma maneira mais intuitiva de entender o algoritmo é imaginar duas fitas de horários iguais com as posições sendo preenchidas por 1 se tem aula e 0 se não. A primeira fita tem seu primeiro valor verificado denominado *x*, se o valor de *x* for 0, passamos para a próxima posição até o valor de *x* ser 1, quando isso ocorrer percorremos a segunda fita a partir da próxima posição que a primeira fita está, este valor da segunda fita será denominado *y*, se *y* for 0 contamos uma janela local e um passo e avançamos até a próxima posição da segunda fita se o valor de *y* for 1 o número global de janelas terá adicionado o número de janelas locais, e a local será zerada, e avançamos a primeira fita pelo valor dos passos contados e posteriormente zeramos os passos, e assim repetimos o processo até chegar ao limite de uma das fitas. Caso o valor de *y* for zero continuamos contando mais janelas locais e contando os passos percorrendo a segunda fita até encontrar o próximo valor 1, assim adicionamos ao global as janelas locais contadas e andamos as posições já conferidas na primeira fita, se por acaso chegarmos na última posição da segunda fita

e o valor for zero significa que será somado zero janelas ao número de janelas global e as janelas locais contadas serão descartadas, se for 1 somamos ao valor global as janelas contadas.

4. Análise sobre resultados obtidos

A resolução das quatro instâncias foram executados em um Notebook Asus X555UB com CPU Intel(R) Core(TM) i7-6500u com frequência de 2.50GHz e 8GB de memória ram. Em relação ao software foi utilizado Python versão 3.8.8 e Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win64). Detalhes sobre a resolução podem ser vistos na imagem 1.

	Variáveis	Restrições	Gap	Nodos explorados	Tempo de Execução	Iterações de Simplex	Gomory	Cover	Clique	Projected implied bound	MIR	Flow Cover	GUB cover	Inf proof	Zero half	RLT	Relax-and-lift
Instância 1	110470	3432	0		7.03 segundos	29654	3					4				20	11
Instância 2	27450	1968	0		1.5.54 segundos	39678	2					1				6	9
Instância 3	27450	1968	0		1.4.76 segundos	26917						1				8	14
Instância 4	132630	4102	0	738	92.78 segundos	414264	21	16	12	3	8	34	30	1	23	10	1

Técnicas de planos de corte:	Gomory	Cover	Clique	Projected implied bound	MIR	Flow Cover	GUB cover	Inf proof	Zero half	RLT	Relax-and-lift

Figura 1. Resultados

Para todas as instâncias foi possível encontrar a solução ótima. O gap é dado em porcentagem pelo gurobi e representa $(p - d)/p$, onde p é o limite encontrado do primal e d o limite encontrado do dual. Com os resultados obtidos é possível perceber que nas instâncias 2 e 3 que são menores a solução ótima é encontrada rapidamente, sendo necessário explorar apenas 1 nodo no método branch-and-bound e poucas técnicas de planos de corte. A instância 1, a real, contém um número bem maior de restrições e variáveis, conseqüentemente para obter a solução ótima, foi necessário um tempo um pouco maior, e usar mais técnicas de planos de corte. Por fim a instância 4, a maior de todas foi necessário o uso de diversas técnicas de planos de cortes e um tempo bem maior que as demais. Em um grande conjunto de dados, levando em consideração o fato de ser humanamente muito trabalhoso gerar diversas grades horárias sem o auxílio de métodos matemáticos, o fato de ter uma solução ótima é extremamente satisfatório em um tempo de execução curto, para um modelo complexo.

Em relação a análise de janelas e dias alocados temos o seguinte resultado apresentado na imagem 2.

Professores	Total de janelas	Janelas observando h1,h2,h3	Total de dias alocados	Total de slots no dia
Instância 1	30	0	49	10
Instância 2	48	0	50	6
Instância 3	37	0	49	6
Instância 4	104	0	65	12

Figura 2. Análise sobre janelas e dias alocados

Como obtemos uma solução ótima obviamente temos o número mínimo de dias alocados e janelas observando h1,h2,h3, contudo o número de janelas consecutivas não é minimizado ocasionando um número elevado do total de janelas. Outro aspecto interessante é que como não existe um balanceamento entre a redução de janelas e dias alocados para os professores, ocorre casos em que um professor pode ter muitas janelas e muitos dias alocados (prejudicado) enquanto outro professor nenhuma janela e o menor quantidade de dias alocados, pois é minimizado o custo total de janelas e dias globalmente. O número elevado de janelas na instância 4 provavelmente se deve ao fato das

cargas horárias semanais dos professores terem sido elevadas artificialmente demasiadamente, fazendo com que sejam necessários lecionar mais aulas em turnos diferentes e consequentemente em mais dias devido a restrição RH5 (impossibilita que uma disciplina seja lecionada mais de uma vez para uma mesma turma no mesmo dia), favorecendo a probabilidade de aparecer mais janelas. Por exemplo, o professor P1 na instância real tem 18 aulas semanais, enquanto na instância 4 tem 28 aulas semanais para a mesma quantidade de turmas. Com turnos com menos slots a probabilidade de ter janelas consecutivas diminuí, e a minimização de janelas observando h1,h2,h3 tem um impacto maior sobre o total, por isso percebemos que mesmo a instância 1 sendo maior que a 2 e 3, tem um número menor de janelas.

Para exemplificar a saída do código completo, temos para o professor P11 e turma 300 da instância 1 as seguintes grades horárias na imagens 3 e 4. E para instância 4 professor P1 e turma 203 imagens 6 e 5. Para poder visualizar mais detalhes sobre o código e saídas é possível acessar todas as instâncias, tabelas e arquivos .LP em <https://github.com/lucaswodtke/OtimizacaoGradeHoraria>.

```

-----
| Turma: 300 |
-----
|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina:      SOCIOLOGIA | Professor:  P1 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina:      QUÍMICA | Professor:  P11 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina:      HISTÓRIA | Professor:  P7 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina:      MATEMÁTICA | Professor:  P3 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina:      LITERATURA | Professor:  P2 |
-----
|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina:      INGLÊS | Professor:  P12 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina:      LITERATURA | Professor:  P2 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina:      MATEMÁTICA | Professor:  P3 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina:      FÍSICA | Professor:  P8 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina:      BIOLOGIA | Professor:  P6 |
-----
|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina:      EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  P5 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina:      ARTE | Professor:  P4 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina:      GEOGRAFIA | Professor:  P9 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina:      EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  P5 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina:      FILOSOFIA | Professor:  P10 |
-----
|Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina:      LITERATURA | Professor:  P2 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina:      FILOSOFIA | Professor:  P10 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina:      BIOLOGIA | Professor:  P6 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina:      INGLÊS | Professor:  P12 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina:      FÍSICA | Professor:  P8 |
-----
|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina:      GEOGRAFIA | Professor:  P9 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina:      QUÍMICA | Professor:  P11 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina:      ARTE | Professor:  P4 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina:      MATEMÁTICA | Professor:  P3 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina:      HISTÓRIA | Professor:  P7 |
-----
|Carga horária: 25 |

```

Figura 3. Grade Horária turma 300 instância 1

```
-----  
---  
| Prof: P11 |  
-----  
---  
|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 101 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 300 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 100 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 201 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 200 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 202 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 203 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 103 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 102 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 302 |  
-----  
---  
|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 200 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 300 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 101 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 201 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 100 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 302 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 102 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 103 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 203 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 202 |  
  
| Carga horária: 20 |  
-----
```

Figura 4. Grade Horária professor P11 instância 1

Turma: 203				
Dia da semana:	2	Slot:	7	Disciplina: QUÍMICA Professor: P11
Dia da semana:	2	Slot:	8	Disciplina: MATEMÁTICA Professor: P14
Dia da semana:	2	Slot:	9	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	2	Slot:	10	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor: P1
Dia da semana:	2	Slot:	11	Disciplina: ARTE Professor: P4
Dia da semana:	2	Slot:	12	Disciplina: GEOGRAFIA Professor: P9
Dia da semana:	3	Slot:	7	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor: P17
Dia da semana:	3	Slot:	8	Disciplina: INGLÊS Professor: P13
Dia da semana:	3	Slot:	9	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	3	Slot:	10	Disciplina: FÍSICA Professor: P8
Dia da semana:	3	Slot:	11	Disciplina: MATEMÁTICA Professor: P14
Dia da semana:	3	Slot:	12	Disciplina: HISTÓRIA Professor: P19
Dia da semana:	4	Slot:	7	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor: P1
Dia da semana:	4	Slot:	8	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	4	Slot:	9	Disciplina: GEOGRAFIA Professor: P9
Dia da semana:	4	Slot:	10	Disciplina: FILOSOFIA Professor: P10
Dia da semana:	4	Slot:	11	Disciplina: QUÍMICA Professor: P11
Dia da semana:	4	Slot:	12	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor: P17
Dia da semana:	5	Slot:	7	Disciplina: BIOLOGIA Professor: P16
Dia da semana:	5	Slot:	8	Disciplina: HISTÓRIA Professor: P19
Dia da semana:	5	Slot:	9	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor: P1
Dia da semana:	5	Slot:	10	Disciplina: ARTE Professor: P4
Dia da semana:	5	Slot:	11	Disciplina: MATEMÁTICA Professor: P14
Dia da semana:	5	Slot:	12	Disciplina: INGLÊS Professor: P13
Dia da semana:	6	Slot:	7	Disciplina: INGLÊS Professor: P13
Dia da semana:	6	Slot:	8	Disciplina: FÍSICA Professor: P8
Dia da semana:	6	Slot:	9	Disciplina: LITERATURA Professor: P2
Dia da semana:	6	Slot:	10	Disciplina: FILOSOFIA Professor: P10
Dia da semana:	6	Slot:	11	Disciplina: BIOLOGIA Professor: P16
Dia da semana:	6	Slot:	12	Disciplina: HISTÓRIA Professor: P19
Carga horária: 30				

Figura 5. Grade Horária turma 203 instância 4

Prof: P1					
Dia da semana: 2 Slot: 1 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 201					
Dia da semana: 2 Slot: 2 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 300					
Dia da semana: 2 Slot: 3 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 101					
Dia da semana: 2 Slot: 4 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 100					
Dia da semana: 2 Slot: 5 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 200					
Dia da semana: 2 Slot: 9 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 103					
Dia da semana: 2 Slot: 10 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 203					
Dia da semana: 2 Slot: 11 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 302					
Dia da semana: 2 Slot: 12 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 202					

Dia da semana: 4 Slot: 2 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 201					
Dia da semana: 4 Slot: 3 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 101					
Dia da semana: 4 Slot: 4 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 300					
Dia da semana: 4 Slot: 5 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 100					
Dia da semana: 4 Slot: 6 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 200					
Dia da semana: 4 Slot: 7 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 203					
Dia da semana: 4 Slot: 10 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 202					
Dia da semana: 4 Slot: 11 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 103					
Dia da semana: 4 Slot: 12 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 102					

Dia da semana: 5 Slot: 3 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 101					
Dia da semana: 5 Slot: 4 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 100					
Dia da semana: 5 Slot: 5 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 200					
Dia da semana: 5 Slot: 6 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 201					
Dia da semana: 5 Slot: 7 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 103					
Dia da semana: 5 Slot: 8 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 102					
Dia da semana: 5 Slot: 9 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 203					
Dia da semana: 5 Slot: 10 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 302					
Dia da semana: 5 Slot: 11 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 202					

Dia da semana: 6 Slot: 11 Disciplina: SOCIOLOGIA Turma: 102					
Carga horária: 28					

Figura 6. Grade Horária professor P1 instância 4

5. Conclusão e trabalhos futuros

Neste trabalho, foi proposto um modelo para alocação de horários para professores x disciplinas e turmas. Com o objetivo de minimizar o total de dias em que os professores devem lecionar e as janelas observando os horários h1, h2, h3 (sequentes), desenvolvendo uma formulação do modelo como um problema de programação linear inteira. Por fim, foram obtidos resultados sobre o problema usando turmas, professores e disciplinas do ensino médio em quatro instâncias diferentes. Os resultados ilustram a dificuldade em lidar com a complexidade do problema, além do esforço que existe na verificação da integridade dos conjuntos de dados baseadas em dados reais e bem como elaborar uma extração automatizada. O trabalho realizou as etapas 1, 2, 3 e 4 da pesquisa operacional, com os resultados encontrados percebemos que ainda é necessário realizar ajustes ao modelo, refazendo este processo cíclico levando novos fatores em consideração. Embaixo se encontra uma lista com algumas possibilidades de objetivos para progredir e também tornar o modelo ainda mais completo a partir deste trabalho e futuramente torná-lo viável para implementar nas escolas, seguindo para última etapa da pesquisa operacional:

Para etapas 1, 2, 3 e 4:

- Minimizar também o número de janelas consecutivas.
- Restringir as disciplinas lecionadas que pertencem ao mesmo grupo.
- Permitir forçar a criação de formatação das aulas como, por exemplo: geminadas, separadas, uma aula por dia, com dias de intervalo, etc...
- Resolver a incoerência causada pelos professores substitutos.
- Ser possível suportar horários variáveis para um professor lecionando para turmas com diferentes números de slots e duração de aula. Em um exemplo hipotético, um professor leciona para turmas do ensino fundamental anos iniciais de manhã, que contém 8 slots por dia, com duração de 35 minutos. Este mesmo professor leciona para turmas do ensino médio manhã, que contém 6 slots por dia com duração de 45 minutos cada. Reduzir as janelas deste professor e também conseguir alocar o maior número de aulas por dia e gerar sua grade horária respeitando todas as restrições.
- Pensar na possibilidade de permitir limitar o número de aulas lecionadas por um professor em um dia.
- Antes de tentar criar a instância através dos dados da tabela, ter um código que verifica a integridade e coerência dos dados e tendo como saída um relatório indicando os problemas encontrados.
- Pensar na possibilidade de permitir suavizar o espaçamento entre as aulas ministradas durante a semana para não tornar a jornada de trabalho muito cansativa para o professor.
- Realizar a validação do modelo com dados de várias escolas.
- Analisar a possibilidade de melhorar o desempenho ao decompor a otimização em partes criando um novo modelo de Multi-commodity flow como proposto por Fonseca [Fonseca et al. 2017].

Para etapa 5:

- Ao invés de exibir as grades horárias no terminal, ter como saída um arquivo compactado com todas as tabelas de grades horárias geradas em formato .ods ou .xls.
- Verificar a possibilidade de utilizar open source softwares para resolver o modelo, evitando assim a necessidade de comprar licenças.
- Criação de uma plataforma web interativa permitindo realizar a busca por soluções de diferentes conjuntos de dados apenas inserindo as tabelas, com maior usabilidade para o usuário.

Referências

- Carter, M. W. and Laporte, G. (1997). Recent developments in practical course timetabling. In *international conference on the practice and theory of automated timetabling*, pages 3–19. Springer.
- Fonseca, G. H., Santos, H. G., Carrano, E. G., and Stidsen, T. J. (2017). Integer programming techniques for educational timetabling. *European Journal of Operational Research*, 262(1):28–39.
- GUROBI. *Gurobi Optimizer Reference Manual*.
- Taha, H. A. (2008). *Pesquisa operacional: uma visão geral*. Pearson Prentice Hall.

Anexos

ANEXO A – CÓDIGO PARA RESOLUÇÃO DO MODELO PARA A INSTÂNCIA 1

O código desenvolvido está disponível no endereço <https://github.com/lucaswodtke/OtimizacaoGradeHoraria>. Um arquivo README está incluso no projeto contendo as informações para compilação e execução do programa.

Ensino_Medio_Full_V3_grad_5

June 24, 2022

```
[1]: import gurobipy as gp
import pandas as pd
import numpy as np
import ezodf

def read_ods(filename, sheet_no=0, header=0):
    tab = ezodf.opendoc(filename=filename).sheets[sheet_no]
    return pd.DataFrame({col[header].value:[x.value for x in col[header+1:]]
                        for col in tab.columns()})

#leitura da tabela
df = read_ods(filename='ensino_medio_full_semCPF_semNome_grad.ods')
```

```
[2]: class Disciplina():
    def
    ↪ __init__(self, codigo, area_ensino, quantidade_aulas_semanais, numero_turma, inicio_aula, fim_aula,
    ↪
        self.codigo=codigo
        self.area_ensino=area_ensino
        self.quantidade_aulas_semanais=quantidade_aulas_semanais
        self.numero_turma=numero_turma
        self.inicio_aula=inicio_aula
        self.fim_aula=fim_aula
        self.professor=professor
        self.numero_maximo_diario=numero_maximo_diario
        self.numero_maximo_sequencia=numero_maximo_sequencia
        self.index=index

    def nome(self):
        switcher = {
            1344: "2º PROFESSOR - 20",
            628: "ARTE",
            612: "CIÊNCIAS",
            611: "RELIGIÃO",
            536: "FILOSOFIA",
            513: "QUÍMICA",
            475: "FÍSICA",
            437: "SOCIOLOGIA",
```

```
401: "LITERATURA",
319: "INGLÊS",
307: "EDUCAÇÃO FÍSICA",
304: "HISTÓRIA",
302: "GEOGRAFIA",
301: "MATEMÁTICA",
255: "BIOLOGIA",
202: "PORTUGUES",
1: "LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS"
}

# get() method of dictionary data type returns
# value of passed argument if it is present
# in dictionary otherwise second argument will
# be assigned as default value of passed argument
return switcher.get(self.codigo, "code not found")

def nome_area_ensino(self):
    switcher = {
        1: "ENS.FUND.ANOS INICIAIS",
        2: "ENS.FUND.ANOS FINAIS",
        3: "ENSINO MÉDIO",
    }

    # get() method of dictionary data type returns
    # value of passed argument if it is present
    # in dictionary otherwise second argument will
    # be assigned as default value of passed argument
    return switcher.get(self.area_ensino, "code not found")

def get_codigo(self):
    return self.codigo

def get_area_ensino(self):
    return self.area_ensino

def get_quantidade_aulas_semanais(self):
    return self.quantidade_aulas_semanais

def get_numero_turma(self):
    return self.numero_turma

def get_inicio_aula(self):
    return self.inicio_aula

def get_fim_aula(self):
    return self.fim_aula
```

```
def get_professor(self):
    return self.professor

def get_numero_maximo_diario(self):
    return self.numero_maximo_diario

def get_numero_maximo_sequenciar(self):
    return self.numero_maximo_sequencia

def get_index(self):
    return self.index

def get_horarios(self):
    horarios=[]
    if (self.inicio_aula == "07:45" and self.fim_aula=="11:45"):
        for x in range (2,7):
            for y in range (1,6):
                horarios.append([x,y])
    if (self.inicio_aula == "13:30" and self.fim_aula=="17:30"):
        horarios=[]
        for x in range (2,7):
            for y in range (6,11):
                horarios.append([x,y])
    return horarios
```

```
[3]: class Turma():
    def __init__(self,codigo,area_ensino,serie,index):
        self.codigo=codigo
        self.area_ensino=area_ensino
        self.serie=serie
        self.index=index

    def nome_area_ensino(self):
        switcher = {
            1: "ENS.FUND.ANOS INICIAIS",
            2: "ENS.FUND.ANOS FINAIS",
            3: "ENSINO MÉDIO",
        }

        # get() method of dictionary data type returns
        # value of passed argument if it is present
        # in dictionary otherwise second argument will
        # be assigned as default value of passed argument
        return switcher.get(self.area_ensino, "code not found")
```

```
def get_codigo(self):  
    return self.codigo  
  
def get_area_ensino(self):  
    return self.area_ensino  
  
def get_serie(self):  
    return self.serie  
  
def get_index(self):  
    return self.index
```

```
[4]: class Professor():  
    def __init__(self,codigo,nome,disciplinas,index):  
        self.codigo=codigo  
        self.nome=nome  
        self.disciplinas=disciplinas  
        self.index=index  
  
    def get_codigo(self):  
        return self.codigo  
  
    def get_nome(self):  
        return self.nome  
  
    def get_carga_horaria(self):  
        carga_horaria=0  
        for x in range(len(self.disciplinas)):  
            indice = self.disciplinas[x]  
            disciplina=objs[indice]  
            carga_horaria_temp = disciplina.get_quantidade_aulas_semanais()  
            carga_horaria = carga_horaria + carga_horaria_temp  
        return carga_horaria  
  
    def get_disciplinas(self):  
        return self.disciplinas  
  
    def get_index(self):  
        return self.index  
  
    def get_horarios(self):  
        horarios=[]  
  
        for x in range(len(self.disciplinas)):  
            indice = self.disciplinas[x]  
            disciplina=objs[indice]
```

```

        if (disciplina.get_inicio_aula() == "07:45" and disciplina.
←get_fim_aula()=="11:45"):
            for x in range (2,7):
                for y in range (1,6):
                    horarios.append([x,y])
        if (disciplina.get_inicio_aula() == "13:30" and disciplina.
←get_fim_aula()=="17:30"):
            for x in range (2,7):
                for y in range (6,11):
                    horarios.append([x,y])

temp_list = []
for i in horarios :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)
horarios = temp_list

return horarios

```

```

[5]: class Grupo():
    def __init__(self,codigo,nome,maximo,disciplinas,index):
        self.codigo=codigo
        self.nome=nome
        self.maximo=maximo
        self.disciplinas=disciplinas
        self.index=index

    def get_codigo(self):
        return self.codigo

    def get_nome(self):
        return self.nome

    def get_maximo(self):
        return self.maximo

    def get_disciplinas(self):
        return self.disciplinas

    def get_index(self):
        return self.index

```

```

[6]: class Horario():
    def __init__(self,codigo,dia_semana,inicio,turno,index):
        self.codigo=codigo
        self.dia_semana=dia_semana
        self.inicio=inicio

```

```
self.turno=turno
self.index=index

def get_codigo(self):
    return self.codigo

def get_dia_semana(self):
    return self.dia_semana

def get_inicio(self):
    return self.inicio

def get_turno(self):
    return self.turno

def get_index(self):
    return self.index
```

[7]: *#retorna uma lista com objetos disciplinas que sao lecionadas para a turma*

```
def disciplinas_turma(turma, disciplinas):
    retorno=[]
    for x in range(len(disciplinas)):
        disciplina=disciplinas[x]
        if (disciplina.get_numero_turma() == turma.get_codigo()):
            retorno.append(disciplina)

    return retorno
```

[8]: *#listar todas as turmas(objetos) de um professor*

```
def listar_turmas_professor(professor, objs_turmas, objs):
    retorno = []
    disciplinas_professor=professor.get_disciplinas()
    for x in range(len(disciplinas_professor)):
        indice=disciplinas_professor[x]
        disciplina=objs[indice]
        for y in range(len(objs_turmas)):
            turma=objs_turmas[y]
            if (disciplina.get_numero_turma() == turma.get_codigo()):
                retorno.append(turma)

    temp_list = []
    for i in retorno :
        if i not in temp_list:
            temp_list.append(i)

    retorno = temp_list
```

```
return retorno
```

```
[9]: #listar todos os horarios(objetos) de um professor
def listar_horarios_professor(professor,objs_horarios):#listar todas os
↳horarios(objetos) de um professor
    retorno = []
    dupla=professor.get_horarios()
    for x in range(len(objs_horarios)):
        horario=objs_horarios[x]
        for y in range(len(dupla)):
            dupla_codigo=dupla[y][1]
            dupla_dia=dupla[y][0]
            if(horario.get_codigo()==dupla_codigo and dupla_dia == horario.
↳get_dia_semana()):
                retorno.append(horario)

    temp_list = []
    for i in retorno :
        if i not in temp_list:
            temp_list.append(i)

    retorno = temp_list

    return retorno
```

```
[10]: #listar todos os professores(objetos) de uma turma
def listar_professores_turma(turma,professores,objs):
    retorno=[]
    for x in range(len(professores)):
        professor=professores[x]
        disciplinas_professor=professor.get_disciplinas()
        for y in range(len(disciplinas_professor)):
            indice=disciplinas_professor[y]
            disciplina=objs[indice]
            if (disciplina.get_numero_turma() == turma.get_codigo()):
                retorno.append(professor)

    return retorno
```

```
[11]: #listar todos os horarios de uma turma
def listar_horarios_turma(turma,professores,objs):
    retorno=[]
    for x in range(len(professores)):
        professor=professores[x]
        disciplinas_professor=professor.get_disciplinas()
        for y in range(len(disciplinas_professor)):
            horarios=[]
            indice=disciplinas_professor[y]
```

```

        disciplina=objs[indice]
        if (disciplina.get_numero_turma() == turma.get_codigo()):
            horarios_disciplina=disciplina.get_horarios()
            for z in range(len(horarios_disciplina)):
                retorno.append(horarios_disciplina[z])

temp_list = []

for i in retorno :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

retorno = temp_list
return retorno

```

[12]: *#dado uma dupla dia e slot retorna o objeto correspondente a este horario*

```

def get_obj_horario(lista,objs_horarios):
    retorno=[]
    for y in range(len(lista)):
        for x in range(len(objs_horarios)):
            horario=objs_horarios[x]
            if(lista[y]==[horario.get_dia_semana(),horario.get_codigo()]):
                retorno.append(horario)
    return retorno

```

[13]: *#retorna lista de indices das disciplinas*

```

def listar_disciplinas(objs):
    retorno=[]
    for x in range(len(objs)):
        disciplina=objs[x]
        retorno.append(disciplina.get_index())
    return retorno

```

[14]: *#retorna lista de indices dos professores*

```

def listar_professores(objs):
    retorno=[]
    for x in range(len(objs)):
        professor=objs[x]
        retorno.append(professor.get_index())
    return retorno

```

[15]: *#retorna lista de indices dos horarios*

```

def listar_horarios(objs):
    retorno=[]
    for x in range(len(objs)):
        horario=objs[x]
        retorno.append(horario.get_index())
    return retorno

```

```
[16]: #retorna lista de indices das turmas
def listar_turmas(objs):
    retorno=[]
    for x in range(len(objs)):
        turma=objs[x]
        retorno.append(turma.get_index())
    return retorno

[17]: #retorna lista de indices das disciplinas,horarios e professores de um objeto
      ↪turma
def gerar_lista_indices_turma(turma,objs,objs_professores,objs_horarios):

    disciplinas = listar_disciplinas(objs)
    professores = listar_professores(objs_professores)
    horarios = listar_horarios(objs_horarios)
    listaIndiceDisciplina= []
    listaIndiceProfessor=[]
    listaIndiceHorario=[]

    indiceTurma= turma.get_index() #turma
    disciplinas_da_turma=disciplinas_turma(turma,objs)
    professor_da_turma=listar_professores_turma(turma,objs_professores,objs)
    temp_horarios_da_turma=listar_horarios_turma(turma,objs_professores,objs)
    horarios_da_turma=get_obj_horario(temp_horarios_da_turma,objs_horarios)
    for y in range(len(disciplinas_da_turma)):
        disciplina=disciplinas_da_turma[y]
        indiceDisciplina=disciplina.get_index()
        listaIndiceDisciplina.append(indiceDisciplina)
        for z in range(len(professor_da_turma)):
            professor=professor_da_turma[z]
            indiceProfessor=professor.get_index()
            listaIndiceProfessor.append(indiceProfessor)
            for w in range(len(horarios_da_turma)):
                horario=horarios_da_turma[w]
                indiceHorario=horario.get_index()
                listaIndiceHorario.append(indiceHorario)

    temp_list = []
    for i in listaIndiceDisciplina :
        if i not in temp_list:
            temp_list.append(i)

    listaIndiceDisciplina = temp_list

    temp_list = []
    for i in listaIndiceProfessor :
        if i not in temp_list:
```

```

        temp_list.append(i)

listaIndiceProfessor = temp_list

temp_list = []
for i in listaIndiceHorario :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

listaIndiceHorario = temp_list

return (listaIndiceDisciplina,listaIndiceProfessor,listaIndiceHorario)

```

```

[18]: #retorna lista de indices das disciplinas,horarios e turmas de um objeto
      ↪ professor
def gerar_lista_indices_professor(professor,objs,objs_turmas,objs_horarios):
    turmas = listar_turmas(objs_turmas)
    disciplinas = listar_disciplinas(objs)
    horarios = listar_horarios(objs_horarios)
    listaIndiceDisciplina= professor.get_disciplinas()
    listaIndiceTurma=[]
    listaIndiceHorario=[]

    indiceProfessor= professor.get_index() #professor

    turmas_professor=listar_turmas_professor(professor,objs_turmas,objs)
    horarios_do_professor=listar_horarios_professor(professor,objs_horarios)

    for z in range(len(turmas_professor)):
        turma=turmas_professor[z]
        indiceTurma=turma.get_index()
        listaIndiceTurma.append(indiceTurma)
    for w in range(len(horarios_do_professor)):
        horario=horarios_do_professor[w]
        indiceHorario=horario.get_index()
        listaIndiceHorario.append(indiceHorario)

    temp_list = []
    for i in listaIndiceDisciplina :
        if i not in temp_list:
            temp_list.append(i)

    listaIndiceDisciplina = temp_list

    temp_list = []

```

```

for i in listaIndiceTurma :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

listaIndiceTurma = temp_list

temp_list = []
for i in listaIndiceHorario :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

listaIndiceHorario = temp_list

return (listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario)

```

```

[19]: #criacao dos objetos disciplinas com os dados da tabela
lista_disciplinas = []
for i in df.index:
    lista_disciplinas.append([df['Código da disc. '][i],df['Código da área de_
↳ensino'][i],df['Qtd de aulas na semana'][i],df['Número da_
↳turma'][i],df['Início das aulas'][i],df['Fim das aulas'][i],df['Nome'][i]])

temp_list = []

for i in lista_disciplinas :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

lista_disciplinas = temp_list

index=-1
objs = list()
for x in range(len(lista_disciplinas)):
    codigo = lista_disciplinas[x][0]
    area_ensino = lista_disciplinas[x][1]
    quantidade_aulas_semanais = lista_disciplinas[x][2]
    numero_turma = lista_disciplinas[x][3]
    inicio_aula = lista_disciplinas[x][4]
    fim_aula= lista_disciplinas[x][5]
    professor= lista_disciplinas[x][6]
    numero_maximo_diario= 3
    numero_maximo_sequencia= 3
    index=x
    objs.
↳append(Disciplina(codigo,area_ensino,quantidade_aulas_semanais,numero_turma,inicio_aula,fim

```

```
[20]: #criacao dos objetos turmas com os dados da tabela
lista_turmas = []
for i in df.index:
    lista_turmas.append([df['Número da turma'][i],df['Código da área de_
↳ensino'][i],df['Etapa (séries)'][i]])

temp_list = []

for i in lista_turmas :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

lista_turmas = temp_list

index=-1
objs_turmas = list()
for x in range(len(lista_turmas)):
    codigo = lista_turmas[x][0]
    area_ensino = lista_turmas[x][1]
    serie = lista_turmas[x][2]
    index=x
    objs_turmas.append(Turma(codigo,area_ensino,serie,index))

[21]: #criacao dos objetos professores com os dados da tabela
lista_professor = []
for i in df.index:
    lista_professor.append([df['Identificador do prof. '][i],df['Nome'][i]])

temp_list = []

for i in lista_professor :
    if i not in temp_list:
        temp_list.append(i)

lista_professor = temp_list

index=-1
objs_professores = list()
for x in range(len(lista_professor)):
    lista_disciplinas=[]
    codigo = lista_professor[x][0]
    nome = lista_professor[x][1]
    for y in range(len(objs)):
        disciplina=objs[y]
        if(nome==disciplina.get_professor()):
            lista_disciplinas.append(disciplina.get_index())
    index=x
```

```
objs_professores.append(Professor(codigo,nome,lista_disciplinas,index))
```

```
[22]: #criacao dos objetos grupos de disciplinas,nao utilizado nesta versao do
↳modelo, pois nao foram adicionados restricoes relacionadas aos grupos
lista_0=["LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA","LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS","LÍNGUA
↳PORTUGUESA","LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS","EDUCAÇÃO FÍSICA","ARTE"]
lista_1=["MATEMÁTICA"]
lista_2=["BIOLOGIA","QUÍMICA","FÍSICA","CIÊNCIAS"]
lista_3=["GEOGRAFIA","HISTÓRIA","SOCIOLOGIA","FILOSOFIA","ENSINO RELIGIOSO"]
grupo_0=[0,"Linguagens e suas Tecnologias",4,lista_0,0]
grupo_1=[1,"Matemática e suas Tecnologias",4,lista_1,1]
grupo_2=[2,"Ciências da Natureza e suas Tecnologias",4,lista_2,2]
grupo_3=[3,"Ciências Humanas e Sociais Aplicadas",4,lista_3,3]
lista_grupo = [grupo_0,grupo_1,grupo_2,grupo_3]

index=-1
objs_grupos = list()
for x in range(len(lista_grupo)):
    grupo_temp = lista_grupo[x]
    for y in range(len(grupo_temp)):
        codigo=grupo_temp[0]
        nome=grupo_temp[1]
        maximo=grupo_temp[2]
        disciplinas=grupo_temp[3]
        index=grupo_temp[4]
    objs_grupos.append(Grupo(codigo,nome,maximo,disciplinas,index))
```

```
[23]: #criacao dos objetos horarios com os dados da tabela
index=-1
objs_horarios = list()
for x in range (2,7):
    dia_semana=x
    for y in range (1,11):
        index=index+1
        codigo=y
        if(y>=1 and y<6):
            turno="Matutino"
            if(y==1):
                inicio="07:45"
            if(y==2):
                inicio="08:20"
            if(y==3):
                inicio="09:10"
            if(y==4):
                inicio="10:10"
            if(y==5):
                inicio="11:10"
```

```

        objs_horarios.append(Horario(codigo,dia_semana,inicio,turno,index))
    if(y>=6 and y<11):
        turno="Vespertino"
        if(y==6):
            inicio="13:30"
        if(y==7):
            inicio="14:15"
        if(y==8):
            inicio="15:25"
        if(y==9):
            inicio="16:00"
        if(y==10):
            inicio="16:50"
        objs_horarios.append(Horario(codigo,dia_semana,inicio,turno,index))
    if(y>=11):
        turno="Noturno"
        inicio="18:30"
        objs_horarios.append(Horario(codigo,dia_semana,inicio,turno,index))

```

```

[24]: #Inicializacao do modelo
model = gp.Model("Problema Horario")

```

Academic license - for non-commercial use only - expires 2022-07-28

Using license file C:\Users\Asus\gurobi.lic

```

[25]: #Variaveis de decisao

#conjunto de indices1:geracao de indices para as possibilidades de alocao para
↳ cada turma os indices de disciplina,professor e horario
turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)
variaveis= []

for x in range(len(turmas)):
    indiceTurma=0
    turma = objs_turmas[x]
    indiceTurma= turma.get_index() #turma
    disciplinas_da_turma=disciplinas_turma(turma,objs)
    professor_da_turma=listar_professores_turma(turma,objs_professores,objs)
    temp_horarios_da_turma=listar_horarios_turma(turma,objs_professores,objs)
    horarios_da_turma=get_obj_horario(temp_horarios_da_turma,objs_horarios)
    for y in range(len(disciplinas_da_turma)):
        disciplina=disciplinas_da_turma[y]
        indiceDisciplina=disciplina.get_index()
        for z in range(len(professor_da_turma)):

```

```

        professor=professor_da_turma[z]
        indiceProfessor=professor.get_index()
        for w in range(0,50):
            horario=objs_horarios[w]
            indiceHorario=horario.get_index()
            variaveis.
        ↪append((indiceTurma,indiceDisciplina,indiceProfessor,indiceHorario))

```

```

[26]: #conjunto de indices2:geracao de indices para as possibilidades de alocao para
        ↪cada professor os indices de disciplina,turma e horario
turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)

variaveis_rh2=[]
for z in range(len(professores)):
    p=0
    professor = objs_professores[z]
    ↪
    ↪listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro:
        p=professor.get_index()
        for h in range(0,50):
            for t in listaIndiceTurma:
                for d in listaIndiceDisciplina:
                    variaveis_rh2.append((t,d,p,h))
for w in variaveis_rh2:
    variaveis.append(w)

#realizando interseccao de conjunto de indices1 e conjunto de indices2
set_variaveis=set(variaveis)
variaveis=list(set_variaveis)

```

```

[27]: #instanciando as variaveis relacionadas a alocao de horarios ao modelo
x = model.addVars(variaveis,vtype=gp.GRB.BINARY)

#conjunto de indices3:relacionados a janelas e dias de trabalho

#janelas
segunda_tarde=[]
terca_tarde=[]
quarta_tarde=[]
quinta_tarde=[]
sexta_tarde=[]

segunda_manha=[]
terca_manha=[]

```

```
quarta_manha=[]
quinta_manha=[]
sexta_manha=[]

#dias
segunda=[]
terca=[]
quarta=[]
quinta=[]
sexta=[]

for i in range(len(professores)):
    #dias
    segunda.append(i)
    terca.append(i)
    quarta.append(i)
    quinta.append(i)
    sexta.append(i)

    #janelas
    for h in range(5,8):
        segunda_tarde.append((i,h))
    for h in range(15,18):
        terca_tarde.append((i,h))
    for h in range(25,28):
        quarta_tarde.append((i,h))
    for h in range(35,38):
        quinta_tarde.append((i,h))
    for h in range(45,48):
        sexta_tarde.append((i,h))

    #janelas
    for h in range(0,3):
        segunda_manha.append((i,h))
    for h in range(10,13):
        terca_manha.append((i,h))
    for h in range(20,23):
        quarta_manha.append((i,h))
    for h in range(30,33):
        quinta_manha.append((i,h))
    for h in range(40,43):
        sexta_manha.append((i,h))
```

```

#instanciando as variaveis relacionadas a janelas e dias da semana em que o
↳ professor leciona
#janela
janela_segunda_tarde = model.addVars(segunda_tarde, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_terca_tarde = model.addVars(terca_tarde, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_quarta_tarde = model.addVars(quarta_tarde, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_quinta_tarde = model.addVars(quinta_tarde, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_sexta_tarde = model.addVars(sexta_tarde, vtype=gp.GRB.BINARY)

janela_segunda_manha = model.addVars(segunda_manha, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_terca_manha = model.addVars(terca_manha, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_quarta_manha = model.addVars(quarta_manha, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_quinta_manha = model.addVars(quinta_manha, vtype=gp.GRB.BINARY)
janela_sexta_manha = model.addVars(sexta_manha, vtype=gp.GRB.BINARY)

#dia
dia_segunda=model.addVars(segunda, vtype=gp.GRB.BINARY)
dia_terca=model.addVars(terca, vtype=gp.GRB.BINARY)
dia_quarta=model.addVars(quarta, vtype=gp.GRB.BINARY)
dia_quinta=model.addVars(quinta, vtype=gp.GRB.BINARY)
dia_sexta=model.addVars(sexta, vtype=gp.GRB.BINARY)

```

```

[28]: #conjunto de restricoes necessarias para identificar se um professor leciona em
↳ um dia na semana
for z in range(len(professores)):
    p=0
    professor = objs_professores[z]
    ↳
    ↳ listaIndiceDisciplina, listaIndiceTurma, listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro
    p=professor.get_index()

    # Constants
    eps = 0.0001
    M = 10 + eps # smallest possible given bounds on x and y
    #seg
    # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (0,10)) >= 0 + eps - M * (1 -
↳ dia_segunda[p]), name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_seg1")
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (0,10)) <= 0 + M * dia_segunda[p],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_seg2")

    #terca
    # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0

```

```

    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (10,20)) >= 0 + eps - M * (1 -
↳ dia_terca[p]), name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_ter1")
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (10,20)) <= 0 + M * dia_terca[p],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_ter2")

    #quarta
    # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (20,30)) >= 0 + eps - M * (1 -
↳ dia_quarta[p]), name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_qua1")
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (20,30)) <= 0 + M * dia_quarta[p],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_qua2")

    #quinta
    # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (30,40)) >= 0 + eps - M * (1 -
↳ dia_quinta[p]), name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_qui1")
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (30,40)) <= 0 + M * dia_quinta[p],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_qui2")

    #sexta
    # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (40,50)) >= 0 + eps - M * (1 -
↳ dia_sexta[p]), name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_sex1")
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina for h in range (40,50)) <= 0 + M * dia_sexta[p],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"bigM_sex2")

```

```

[29]: #conjunto de restricoes necessarias para janelas de um professor
for z in range(len(professores)):
    p=0
    professor = objs_professores[z]
    ↳
    ↳ listaIndiceDisciplina, listaIndiceTurma, listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(prof
    p=professor.get_index()
    # Constants
    eps = 0.0001
    M = 10 + eps # smallest possible given bounds on x and y

```

```

#tarde

#segunda
for h in range(5,8):
    # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0
    model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_segunda_tarde[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_seg1")
    model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_segunda_tarde[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_seg2")

#terca
for h in range(15,18):
    model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_terca_tarde[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_ter1")
    model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_terca_tarde[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_ter2")

#quarta
for h in range(25,28):
    model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_quarta_tarde[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qua1")

```

```

        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_quarta_tarde[p,h],
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qua2")

    #quinta
    for h in range(35,38):
        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_quinta_tarde[p,h]),
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qui1")
        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_quinta_tarde[p,h],
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qui2")

    #sexta
    for h in range(45,48):
        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_sexta_tarde[p,h]),
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_sex1")
        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_sexta_tarde[p,h],
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_sex2")

    #manha

    #segunda
    for h in range(0,3):
        # Model if x>y then b = 1, otherwise b = 0

```

```

        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_segunda_manha[p,h]),
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_seg1")
        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_segunda_manha[p,h],
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_seg2")
        #terca
        for h in range(10,13):
            model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_terca_manha[p,h]),
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_ter1")
            model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_terca_manha[p,h],
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_ter2")

        #quarta
        for h in range(20,23):
            model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_quarta_manha[p,h]),
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qua1")
            model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↪listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↪for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↪quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↪listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_quarta_manha[p,h],
↪name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qua2")

        #quinta
        for h in range(30,33):

```

```

        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_quinta_manha[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qui1")
        model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_quinta_manha[p,h],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_qui2")

        #sexta
        for h in range(40,43):
            model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) >= 0 + eps - M * (1 - janela_sexta_manha[p,h]),
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_sex1")
            model.addConstr((1 - ((1 - gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in
↳ listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina)) + gp.quicksum(x[t,d,p,h+1]
↳ for t in listaIndiceTurma for d in listaIndiceDisciplina) + (1 - gp.
↳ quicksum(x[t,d,p,h+2] for t in listaIndiceTurma for d in
↳ listaIndiceDisciplina)))) <= 0 + M * janela_sexta_manha[p,h],
↳ name="RestricaoObjetivo_ProfessorIndex_"+str(p)+"HorarioIndex_"+str(h)+"bigM_sex2")

```

[30]: *#RH1:Para cada turma,cada horário em uma dia da semana é ocupado por no máximo*
↳ uma disciplina nesta turma

```

turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)

for z in range(len(turmas)):
    t=0
    turma = objs_turmas[z]
    ↳
    ↳ listaIndiceDisciplina,listaIndiceProfessor,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_turma(tur
    t=turma.get_index()
    for h in listaIndiceHorario:
        model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for d in listaIndiceDisciplina
↳ for p in listaIndiceProfessor)<=
↳ 1,"RH1_TurmaIndex_"+str(t)+"_HorarioIndex_"+str(h))

```

- ```
[31]: #RH2:Cada professor pode lecionar no máximo uma disciplina em um mesmo horário,
 ↪ que ele está disponível.
turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)

for z in range(len(professores)):
 p=0
 professor = objs_professores[z]
 ↪
 ↪listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro:
 p=professor.get_index()
 for h in listaIndiceHorario:
 model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d ↪
 ↪in listaIndiceDisciplina)<=↪
 ↪1,"RH2_ProfessorIndex_"+str(p)+"__HorarioIndex_"+str(h))
```
- ```
[32]: #RH3: Um professor não pode ultrapassar uma determinada quantidade máxima de ↪
      ↪ aulas semanais.
turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)

for z in range(len(professores)):
    p=0
    professor = objs_professores[z]
    ↪
    ↪listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro:
    p=professor.get_index()
    aulas=professor.get_carga_horaria()
    model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for t in listaIndiceTurma for d in ↪
    ↪listaIndiceDisciplina for h in ↪
    ↪listaIndiceHorario)==aulas,"RH3_ProfessorIndex_"+str(p))
```
- ```
[33]: #RH4: Uma turma t deve ter alocado exatamente o número de aulas previsto para a ↪
 ↪ disciplina d lecionado pelo professor p,
 ↪ conforme sua grade curricular.
turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)

for z in range(len(turmas)):
 t=0
```

```

turma = objs_turmas[z]
↳
↳listaIndiceDisciplina,listaIndiceProfessor,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_turma(tur
t=turma.get_index()
for d in listaIndiceDisciplina:
 p=0
 disciplina=objs[d]
 professor_nome=disciplina.get_professor()
 for prof in listaIndiceProfessor:
 temp_professor=objs_professores[prof]
 temp_nome=temp_professor.get_nome()
 if(professor_nome==temp_nome):
 p=prof
 break
 aulas=disciplina.get_quantidade_aulas_semanais()
 model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for h in listaIndiceHorario)==↳
↳aulas,"RH4_TurmaIndex_"+str(t)+"__DisciplinaIndex_"+str(d)+"__ProfessorIndex_"+str(p))

```

```

[34]: #RH5:Cada disciplina de uma turma é dada no maximo 1 vez por dia da semana
turmas = listar_turmas(objs_turmas)
disciplinas = listar_disciplinas(objs)
professores = listar_professores(objs_professores)
horarios = listar_horarios(objs_horarios)
diadasemana=[(0,1,2,3,4,5,6,7,8,9),(10,11,12,13,14,15,16,17,18,19),(20,21,22,23,24,25,26,27,28

for z in range(len(turmas)):
 t=0
 turma = objs_turmas[z]
 ↳
 ↳listaIndiceDisciplina,listaIndiceProfessor,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_turma(tur
t=turma.get_index()
for dia in range(len(diadasemana)):
 indices_do_dia=diadasemana[dia]
 myList=indices_do_dia
 for indice in indices_do_dia:
 if(indice not in listaIndiceHorario):
 valueToBeRemoved = indice
 myList = [value for value in myList if value !=↳
↳valueToBeRemoved]
 for d in listaIndiceDisciplina:
 model.addConstr(gp.quicksum(x[t,d,p,h] for p in↳
↳listaIndiceProfessor for h in myList)<=↳
↳1,"RH6_TurmaIndex_"+str(t)+"__DisciplinaIndex_"+str(d)+"__DiaDaSemanaIndex_"+str(dia))

```

```

[35]: #funcao objetivo combinando

```

```

model.setObjective(gp.quicksum(janela_segunda_tarde[p,h] for p in
 →range(len(professores)) for h in range(5,8))+gp.
 →quicksum(janela_terca_tarde[p,h] for p in range(len(professores)) for h in
 →range(15,18))+gp.quicksum(janela_quarta_tarde[p,h] for p in
 →range(len(professores)) for h in range(25,28))+gp.
 →quicksum(janela_quinta_tarde[p,h] for p in range(len(professores)) for h in
 →range(35,38))+gp.quicksum(janela_sexta_tarde[p,h] for p in
 →range(len(professores)) for h in range(45,48))+gp.
 →quicksum(janela_segunda_manha[p,h] for p in range(len(professores)) for h in
 →range(0,3))+gp.quicksum(janela_terca_manha[p,h] for p in
 →range(len(professores)) for h in range(10,13))+gp.
 →quicksum(janela_quarta_manha[p,h] for p in range(len(professores)) for h in
 →range(20,23))+gp.quicksum(janela_quinta_manha[p,h] for p in
 →range(len(professores)) for h in range(30,33))+gp.
 →quicksum(janela_sexta_manha[p,h] for p in range(len(professores)) for h in
 →range(40,43))+6*gp.quicksum(dia_segunda[p] + dia_terca[p] + dia_quarta[p] +
 →dia_quinta[p] + dia_sexta[p] for p in range(len(professores))),sense = gp.
 →GRB.MINIMIZE)

```

```

[36]: model.Params.WorkLimit = 10*60
 model.optimize()

```

```

No parameters matching 'WorkLimit' found
Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win64)
Thread count: 2 physical cores, 4 logical processors, using up to 4 threads
Optimize a model with 3432 rows, 110470 columns and 404760 nonzeros
Model fingerprint: 0x5a934abc
Variable types: 0 continuous, 110470 integer (110470 binary)
Coefficient statistics:
 Matrix range [1e+00, 1e+01]
 Objective range [1e+00, 6e+00]
 Bounds range [1e+00, 1e+00]
 RHS range [1e+00, 2e+01]
Presolve removed 367 rows and 106575 columns
Presolve time: 0.46s
Presolved: 3065 rows, 3895 columns, 30175 nonzeros
Variable types: 0 continuous, 3895 integer (3745 binary)

Root relaxation: objective 2.940000e+02, 5260 iterations, 0.89 seconds
Total elapsed time = 5.24s

```

| Nodes |        | Current Node |           |        | Objective Bounds |           |           | Work    |      |    |
|-------|--------|--------------|-----------|--------|------------------|-----------|-----------|---------|------|----|
| Expl  | Unexpl | Obj          | Depth     | IntInf | Incumbent        | BestBd    | Gap       | It/Node | Time |    |
|       | 0      | 0            | 294.00000 | 0      | 68               | -         | 294.00000 | -       | -    | 5s |
| H     | 0      | 0            |           |        | 343.0000000      | 294.00000 | 14.3%     | -       | 5s   |    |
| H     | 0      | 0            |           |        | 299.0000000      | 294.00000 | 1.67%     | -       | 5s   |    |
|       | 0      | 0            | 294.00000 | 0      | 95               | 299.00000 | 294.00000 | 1.67%   | -    | 6s |

```

H 0 0 295.0000000 294.00000 0.34% - 6s
 0 0 294.00000 0 113 295.00000 294.00000 0.34% - 6s
H 0 0 294.0000000 294.00000 0.00% - 7s
 0 0 294.00000 0 10 294.00000 294.00000 0.00% - 7s

```

Cutting planes:

```

Gomory: 3
MIR: 4
Flow cover: 1
Zero half: 20
RLT: 11

```

Explored 1 nodes (29694 simplex iterations) in 7.03 seconds

Thread count was 4 (of 4 available processors)

Solution count 4: 294 295 299 343

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 2.940000000000e+02, best bound 2.940000000000e+02, gap 0.0000%

```

[37]: #printar grade horaria professor
for z in range(len(professores)):
 p=0
 atual=0
 anterior=0
 professor = objs_professores[z]
 ↪listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro
 p=professor.get_index()
 contador=0
 print(" ")
 ↪print("-----")
 print("| Prof: ",professor.get_nome(),"|")
 for h in listaIndiceHorario:
 horario=objs_horarios[h]
 atual=horario.get_dia_semana()
 for t in listaIndiceTurma:
 turma=objs_turmas[t]
 for d in listaIndiceDisciplina:
 disciplina=objs[d]
 if (round(x[t,d,p,h].X)==1):
 contador=contador+1
 if(atual!=anterior):
 ↪
 ↪print("-----")
 anterior=horario.get_dia_semana()

```

```

 print("|%15s %1d | %6s %2d | %12s %16s | %6s %4s |" %("Dia_
↪da semana: ",horario.get_dia_semana(),"Slot: ",horario.
↪get_codigo(),"Disciplina: ",disciplina.nome(),"Turma: ",round(turma.
↪get_codigo()))
 #print("/ Dia da Semana: ",horario.
↪get_dia_semana(),"\N{DEGREE SIGN}","/ Slot: ",horario.get_codigo(),"/
↪Disciplina: ",disciplina.nome(),"/ Turma: ",round(turma.get_codigo()),"/
↪Aula: ",round(x[t,d,p,h].X),"/")
 print(" ")
 print("| Carga horária: ",contador,"|")
 print(" ")

```

-----  
 ---  
 | Prof: P1 |  
 -----  
 ---

|                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------|
| Dia da semana: 3   Slot: 2   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 100  |
| Dia da semana: 3   Slot: 3   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 201  |
| Dia da semana: 3   Slot: 4   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 101  |
| Dia da semana: 3   Slot: 5   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 200  |
| Dia da semana: 3   Slot: 6   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 302  |
| Dia da semana: 3   Slot: 7   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 103  |
| Dia da semana: 3   Slot: 8   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 102  |
| Dia da semana: 3   Slot: 9   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 203  |
| Dia da semana: 3   Slot: 10   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 202 |

-----  
 ---

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| Dia da semana: 5   Slot: 1   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 201 |
| Dia da semana: 5   Slot: 2   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 200 |
| Dia da semana: 5   Slot: 3   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 100 |
| Dia da semana: 5   Slot: 4   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 300 |
| Dia da semana: 5   Slot: 5   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 101 |
| Dia da semana: 5   Slot: 6   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 102 |
| Dia da semana: 5   Slot: 7   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 103 |
| Dia da semana: 5   Slot: 8   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 202 |
| Dia da semana: 5   Slot: 9   Disciplina: SOCIOLOGIA   Turma: 203 |

| Carga horária: 18 |  
 -----  
 ---

| Prof: P2 |  
 -----  
 ---

|                |   |       |    |             |            |        |     |  |
|----------------|---|-------|----|-------------|------------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 1  | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 100 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 4  | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 5  | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 101 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 7  | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 103 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 8  | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 302 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 9  | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 203 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 10 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 102 |  |

---

|                |   |       |   |             |            |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|------------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 1 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 2 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 100 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 3 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 101 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 6 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 203 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 7 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 102 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 8 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 103 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 9 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 302 |  |

---

|                |   |       |   |             |            |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|------------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 2 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 3 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 100 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 4 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 101 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 6 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 203 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 7 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 102 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 8 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 103 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 9 | Disciplina: | LITERATURA | Turma: | 302 |  |

| Carga horária: 21 |

---

| Prof: P3 |

---

|                |   |       |   |             |            |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|------------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 3 | Disciplina: | MATEMÁTICA | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 2 | Slot: | 6 | Disciplina: | MATEMÁTICA | Turma: | 302 |  |

---

|                |   |       |    |             |            |        |     |  |
|----------------|---|-------|----|-------------|------------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 3 | Slot: | 2  | Disciplina: | MATEMÁTICA | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 3 | Slot: | 10 | Disciplina: | MATEMÁTICA | Turma: | 302 |  |

---

|                |   |       |   |             |            |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|------------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 3 | Disciplina: | MATEMÁTICA | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 8 | Disciplina: | MATEMÁTICA | Turma: | 302 |  |

| Carga horária: 6 |

-----  
---  
| Prof: P4 |  
-----

---  
|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: ARTE | Turma: 101 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: ARTE | Turma: 100 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: ARTE | Turma: 300 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: ARTE | Turma: 102 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: ARTE | Turma: 202 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: ARTE | Turma: 203 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: ARTE | Turma: 302 |  
-----

---  
|Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: ARTE | Turma: 100 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: ARTE | Turma: 201 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: ARTE | Turma: 200 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: ARTE | Turma: 101 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: ARTE | Turma: 300 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: ARTE | Turma: 102 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: ARTE | Turma: 302 |  
-----

| Carga horária: 14 |  
-----

---  
| Prof: P5 |  
-----

---  
|Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 300 |  
-----  
---  
|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 300 |  
-----

| Carga horária: 2 |  
-----

---  
| Prof: P6 |  
-----

---  
|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 300 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 101 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 100 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 103 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 302 |  
-----

|Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 102 |

---

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 103 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 302 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 102 |

| Carga horária: 12 |

---

| Prof: P7 |

---

|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 201 |

---

|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: HISTÓRIA | Turma: 300 |

| Carga horária: 10 |

---

| Prof: P8 |

---

|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 302 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 102 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 103 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 203 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 202 |

---

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 201 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 101 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 300 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 100 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 200 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 302 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 103 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 202 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 102 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: FÍSICA | Turma: 203 |

| Carga horária: 20 |

---

| Prof: P9 |

---

|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 200 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 201 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 101 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 100 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 300 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 202 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 102 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 203 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 302 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 103 |

---

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 300 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 201 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 101 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 200 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 100 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 102 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 203 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 302 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 202 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: GEOGRAFIA | Turma: 103 |

| Carga horária: 20 |

-----  
 ---  
 | Prof: P10 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 103 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 102 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 302 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 202 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 203 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 202 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 302 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: FILOSOFIA | Turma: 203 |  
 -----

| Carga horária: 16 |  
 -----

---  
 | Prof: P11 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 203 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 202 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 103 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 102 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 302 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 300 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: QUÍMICA | Turma: 101 |  
 -----

|                |   |       |    |             |         |        |     |  |
|----------------|---|-------|----|-------------|---------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 4 | Slot: | 5  | Disciplina: | QUÍMICA | Turma: | 100 |  |
| Dia da semana: | 4 | Slot: | 6  | Disciplina: | QUÍMICA | Turma: | 103 |  |
| Dia da semana: | 4 | Slot: | 7  | Disciplina: | QUÍMICA | Turma: | 203 |  |
| Dia da semana: | 4 | Slot: | 8  | Disciplina: | QUÍMICA | Turma: | 102 |  |
| Dia da semana: | 4 | Slot: | 9  | Disciplina: | QUÍMICA | Turma: | 202 |  |
| Dia da semana: | 4 | Slot: | 10 | Disciplina: | QUÍMICA | Turma: | 302 |  |

| Carga horária: 20 |

-----  
 ---  
 | Prof: P12 |

|                |   |       |   |             |        |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|--------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 3 | Slot: | 1 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 101 |  |
| Dia da semana: | 3 | Slot: | 4 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 3 | Slot: | 5 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 100 |  |

|                |   |       |   |             |        |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|--------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 1 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 101 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 2 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 300 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 5 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 100 |  |

| Carga horária: 6 |

-----  
 ---  
 | Prof: P13 |

|                |   |       |    |             |        |        |     |  |
|----------------|---|-------|----|-------------|--------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 4  | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 200 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 5  | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 201 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 7  | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 202 |  |
| Dia da semana: | 5 | Slot: | 10 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 203 |  |

|                |   |       |   |             |        |        |     |  |
|----------------|---|-------|---|-------------|--------|--------|-----|--|
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 3 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 200 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 4 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 201 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 7 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 202 |  |
| Dia da semana: | 6 | Slot: | 8 | Disciplina: | INGLÊS | Turma: | 203 |  |

| Carga horária: 8 |

| Prof: P14 |

-----  
 ---  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 103 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 203 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 102 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 202 |

-----  
 ---  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 203 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 202 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 102 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 103 |

-----  
 ---  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 203 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 103 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 202 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 102 |

| Carga horária: 18 |

-----  
 ---  
 | Prof: P15 |

-----  
 ---  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 202 |

-----  
 ---  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 202 |

-----  
 ---  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: LITERATURA | Turma: 202 |

| Carga horária: 9 |

-----  
 ---  
 | Prof: P16 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 203 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 202 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 202 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: BIOLOGIA | Turma: 203 |

| Carga horária: 8 |

-----  
 ---  
 | Prof: P17 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 102 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 302 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 203 |  
 -----

---  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 200 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 101 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 201 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 100 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 302 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 7 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 203 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 8 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 102 |

| Carga horária: 14 |  
 -----

```

Prof: P18

|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 101 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 100 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 100 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 101 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 101 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Turma: 100 |

| Carga horária: 6 |

```

```


Prof: P19

Dia da semana: 2	Slot: 6	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 102
Dia da semana: 2	Slot: 7	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 302
Dia da semana: 2	Slot: 8	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 202
Dia da semana: 2	Slot: 9	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 103
Dia da semana: 2	Slot: 10	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 203

Dia da semana: 5	Slot: 6	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 103
Dia da semana: 5	Slot: 7	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 302
Dia da semana: 5	Slot: 8	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 203
Dia da semana: 5	Slot: 9	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 202
Dia da semana: 5	Slot: 10	Disciplina: HISTÓRIA	Turma: 102

| Carga horária: 10 |

```

```


Prof: P20

Dia da semana: 4	Slot: 8	Disciplina: INGLÊS	Turma: 302
Dia da semana: 4	Slot: 9	Disciplina: INGLÊS	Turma: 103
Dia da semana: 4	Slot: 10	Disciplina: INGLÊS	Turma: 102

```

```

Dia da semana: 6	Slot: 8	Disciplina: INGLÊS	Turma: 102
Dia da semana: 6	Slot: 9	Disciplina: INGLÊS	Turma: 103
Dia da semana: 6	Slot: 10	Disciplina: INGLÊS	Turma: 302

```

```
| Carga horária: 6 |
```

```


Prof: P21

```

```

|Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 202 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 103 |

```

```

|Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 103 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Turma: 202 |

```

```
| Carga horária: 4 |
```

```


Prof: P22

```

```

|Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: ARTE | Turma: 103 |

```

```

|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: ARTE | Turma: 103 |

```

```
| Carga horária: 2 |
```

```
[38]: #printar grade horaria turma
for z in range(len(turmas)):
 atual=0
 anterior=0
 t=0
 turma = objs_turmas[z]
 ↪ listaIndiceDisciplina,listaIndiceProfessor,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_turma(tur
 t=turma.get_index()
 contador=0
 print(" ")
```

```

┌
→print("-----"
print("| Turma: ",round(turma.get_codigo()),"|")
for h in listaIndiceHorario:
 horario=objs_horarios[h]
 atual=horario.get_dia_semana()
 if(atual!=anterior):
┌
→print("-----"
 for d in listaIndiceDisciplina:
 disciplina=objs[d]
 for p in listaIndiceProfessor:
 professor = objs_professores[p]
 if (round(x[t,d,p,h].X)==1):
 contador=contador+1
 anterior=horario.get_dia_semana()
 print("%15s %1d | %6s %2d | %12s %16s | %12s %3s |" %("Dia_
→da semana: ",horario.get_dia_semana(),"Slot: ",horario.
→get_codigo(),"Disciplina: ",disciplina.nome(),"Professor: ",professor.
→get_nome()))
 #print("| Dia da Semana: ",horario.
→get_dia_semana(),"\N{DEGREE SIGN}","| Slot: ",horario.get_codigo(),"|_
→Disciplina: ",disciplina.nome(),"| Professor: ",professor.get_nome(),"| Aula:
→ ",round(x[t,d,p,h].X),"|")
┌
→print("-----"
print(" ")
print("|Carga horária: ",contador,"|")
print(" ")

```

```


Turma: 300

|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:
P11 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:
P7 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:
P3 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:
P9

```

```

|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:
P6 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:
P3 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:
P10 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: INGLÊS | Professor:
P12 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:
P5

|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: FÍSICA | Professor:
P8 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:
P11 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: ARTE | Professor:
P4 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:
P10 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:
P7

|Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: INGLÊS | Professor:
P12 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:
P3 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:
P1 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: ARTE | Professor:
P4

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:
P9 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: FÍSICA | Professor:
P8 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:
P6 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:
P5

```

---

|Carga horária: 25 |

-----  
---

| Turma: 201 |

-----  
---|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 ||Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 ||Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 ||Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 ||Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P7 |-----  
---|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 ||Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 ||Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 ||Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P16 ||Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |-----  
---|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 ||Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P7 ||Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 ||Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 ||Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |-----  
---|Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |

|Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P13 |

-----  
---

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P16 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P13 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 |

-----  
---

|Carga horária: 25 |

-----  
---

| Turma: 200 |

-----  
---

|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P7 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

-----  
---

|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:

P16 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
 P14 |  
 |Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
 P1 |

-----

---  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
 P7 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
 P8 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
 P11 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
 P14 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
 P10 |

-----

---  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
 P17 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
 P1 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: ARTE | Professor:  
 P4 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
 P13 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
 P15 |

-----

---  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
 P15 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
 P16 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
 P13 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
 P9 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
 P8 |

-----

|Carga horária: 25 |

-----

```

Turma: 101

|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:
P7 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:
P18 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:
P9 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:
P11 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2

|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: INGLÊS | Professor:
P12 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:
P6 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:
P17 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:
P1 |
|Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:
P18

|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: ARTE | Professor:
P4 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:
P10 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:
P7 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:
P11 |
|Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: FÍSICA | Professor:
P8

|Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: INGLÊS | Professor:
P12 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:
P17 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: ARTE | Professor:
P4 |

```

|Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |

-----  
---

|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P18 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |

-----  
---

|Carga horária: 25 |

-----  
---

| Turma: 100 |

-----  
---

|Dia da semana: 2 | Slot: 1 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 2 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 3 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P7 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 4 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 5 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P18 |

-----  
---

|Dia da semana: 3 | Slot: 1 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P18 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 2 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 3 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 4 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 5 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P12 |

-----

---  
|Dia da semana: 4 | Slot: 1 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 2 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 3 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 4 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P7 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 5 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |  
-----  
---  
|Dia da semana: 5 | Slot: 1 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 2 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 3 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 4 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 5 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P12 |  
-----  
---  
|Dia da semana: 6 | Slot: 1 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 2 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P18 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 3 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 4 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 5 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
-----  
---  
|Carga horária: 25 |  
-----  
---  
| Turma: 302 |  
-----  
---  
|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P3 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P19 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

-----  
---

|Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P3 |

-----  
---

|Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P20 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

-----  
---

|Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 7 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P19 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P3 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |

-----  
---

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P20 |

-----  
---

|Carga horária: 25 |

-----  
---

| Turma: 203 |

-----  
---  
|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P19 |

-----  
---  
|Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P16 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |

-----  
---  
|Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: ARTE | Professor:

P4 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
 P8 |  
 |Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
 P10 |

-----  
 ---

|Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
 P2 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 7 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
 P17 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 8 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
 P19 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
 P1 |  
 |Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
 P13 |

-----  
 ---

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
 P2 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
 P9 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
 P13 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
 P16 |  
 |Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
 P8 |

-----  
 ---

|Carga horária: 25 |

-----  
 ---

| Turma: 202 |

-----  
 ---

|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
 P9 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
 P11 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
 P19 |  
 |Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
 P14 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 |

---

|Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P21 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P16 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |

---

|Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |

---

|Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 |

|Dia da semana: 5 | Slot: 7 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P13 |

|Dia da semana: 5 | Slot: 8 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |

|Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P19 |

|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P21 |

---

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P16 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P13 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |

|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P15 |

-----  
---

|Carga horária: 25 |

-----  
---

| Turma: 103 |

-----  
---

|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P19 |

|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |

-----  
---

|Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P21 |

|Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |

-----  
---

|Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P20 |

|Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P22 |

-----

```

|Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:
P19 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 7 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:
P1 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 8 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:
P21 |
|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: ARTE | Professor:
P22

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:
P6 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: FÍSICA | Professor:
P8 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: INGLÊS | Professor:
P20 |
|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:
P9

|Carga horária: 25 |

Turma: 102

|Dia da semana: 2 | Slot: 6 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:
P19 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 7 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:
P9 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 8 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:
P14 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 9 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:
P11 |
|Dia da semana: 2 | Slot: 10 | Disciplina: LITERATURA | Professor:
P2

|Dia da semana: 3 | Slot: 6 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:
P17 |

```

|Dia da semana: 3 | Slot: 7 | Disciplina: FILOSOFIA | Professor:  
P10 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 8 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 9 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |  
|Dia da semana: 3 | Slot: 10 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |

-----  
---

|Dia da semana: 4 | Slot: 6 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 7 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 8 | Disciplina: QUÍMICA | Professor:  
P11 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 9 | Disciplina: MATEMÁTICA | Professor:  
P14 |  
|Dia da semana: 4 | Slot: 10 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P20 |

-----  
---

|Dia da semana: 5 | Slot: 6 | Disciplina: SOCIOLOGIA | Professor:  
P1 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 7 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 8 | Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA | Professor:  
P17 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 9 | Disciplina: ARTE | Professor:  
P4 |  
|Dia da semana: 5 | Slot: 10 | Disciplina: HISTÓRIA | Professor:  
P19 |

-----  
---

|Dia da semana: 6 | Slot: 6 | Disciplina: GEOGRAFIA | Professor:  
P9 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 7 | Disciplina: LITERATURA | Professor:  
P2 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 8 | Disciplina: INGLÊS | Professor:  
P20 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 9 | Disciplina: FÍSICA | Professor:  
P8 |  
|Dia da semana: 6 | Slot: 10 | Disciplina: BIOLOGIA | Professor:  
P6 |

-----  
---

|Carga horária: 25 |

```
[39]: #printar slots
print(" ")
print("-----Manha-----")
print(" ")
print("-----Segunda-----")
for h in range (0,5):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horario.get_codigo(),"| Início: ",horario.
 ↪get_inicio(),"|")
print(" ")
print("-----Terca-----")
for h in range (10,15):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horario.get_codigo(),"| Início: ",horario.
 ↪get_inicio(),"|")
print(" ")
print("-----Quarta-----")
for h in range (20,25):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horario.get_codigo(),"| Início: ",horario.
 ↪get_inicio(),"|")
print(" ")
print("-----Quinta-----")
for h in range (30,35):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horario.get_codigo(),"| Início: ",horario.
 ↪get_inicio(),"|")
print(" ")
print("-----Sexta-----")
for h in range (40,45):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horario.get_codigo(),"| Início: ",horario.
 ↪get_inicio(),"|")
print(" ")
print("-----Tarde-----")
print(" ")
print("-----Segunda-----")
for h in range (5,10):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horario.get_codigo(),"| Início: ",horario.
 ↪get_inicio(),"|")
print(" ")
print("-----Terca-----")
for h in range (15,20):
 horario=objs_horarios[h]
```

```

 print("| SLOT:",horariox.get_codigo(),"| Início: ",horariox.
 ↪get_início(),"|")
print(" ")
print("-----Quarta-----")
for h in range (25,30):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horariox.get_codigo(),"| Início: ",horariox.
 ↪get_início(),"|")
print(" ")
print("-----Quinta-----")
for h in range (35,40):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horariox.get_codigo(),"| Início: ",horariox.
 ↪get_início(),"|")
print(" ")
print("-----Sexta-----")
for h in range (45,50):
 horario=objs_horarios[h]
 print("| SLOT:",horariox.get_codigo(),"| Início: ",horariox.
 ↪get_início(),"|")

```

-----Manha-----

-----Segunda-----

```

SLOT: 1	Início: 07:45
SLOT: 2	Início: 08:20
SLOT: 3	Início: 09:10
SLOT: 4	Início: 10:10
SLOT: 5	Início: 11:10

```

-----Terça-----

```

SLOT: 1	Início: 07:45
SLOT: 2	Início: 08:20
SLOT: 3	Início: 09:10
SLOT: 4	Início: 10:10
SLOT: 5	Início: 11:10

```

-----Quarta-----

```

SLOT: 1	Início: 07:45
SLOT: 2	Início: 08:20
SLOT: 3	Início: 09:10
SLOT: 4	Início: 10:10
SLOT: 5	Início: 11:10

```

-----Quinta-----

```

| SLOT: 1 | Início: 07:45 |

```

| SLOT: 2 | Início: 08:20 |  
| SLOT: 3 | Início: 09:10 |  
| SLOT: 4 | Início: 10:10 |  
| SLOT: 5 | Início: 11:10 |

-----Sexta-----

| SLOT: 1 | Início: 07:45 |  
| SLOT: 2 | Início: 08:20 |  
| SLOT: 3 | Início: 09:10 |  
| SLOT: 4 | Início: 10:10 |  
| SLOT: 5 | Início: 11:10 |

-----Tarde-----

-----Segunda-----

| SLOT: 6 | Início: 13:30 |  
| SLOT: 7 | Início: 14:15 |  
| SLOT: 8 | Início: 15:25 |  
| SLOT: 9 | Início: 16:00 |  
| SLOT: 10 | Início: 16:50 |

-----Terça-----

| SLOT: 6 | Início: 13:30 |  
| SLOT: 7 | Início: 14:15 |  
| SLOT: 8 | Início: 15:25 |  
| SLOT: 9 | Início: 16:00 |  
| SLOT: 10 | Início: 16:50 |

-----Quarta-----

| SLOT: 6 | Início: 13:30 |  
| SLOT: 7 | Início: 14:15 |  
| SLOT: 8 | Início: 15:25 |  
| SLOT: 9 | Início: 16:00 |  
| SLOT: 10 | Início: 16:50 |

-----Quinta-----

| SLOT: 6 | Início: 13:30 |  
| SLOT: 7 | Início: 14:15 |  
| SLOT: 8 | Início: 15:25 |  
| SLOT: 9 | Início: 16:00 |  
| SLOT: 10 | Início: 16:50 |

-----Sexta-----

| SLOT: 6 | Início: 13:30 |  
| SLOT: 7 | Início: 14:15 |  
| SLOT: 8 | Início: 15:25 |  
| SLOT: 9 | Início: 16:00 |  
| SLOT: 10 | Início: 16:50 |

```
[40]: print("-----Análise de resultados Tarde -----")
print("")
total=0
janela_semanal_total=0
print("|-----Siglas-----|")
print("|h1 corresponde a um slot de horario |")
print("|h2 corresponde ao slot sequente de h1 |")
print("|h3 corresponde ao slot sequente de h2 |")
print("|j corresponde se existe janela |")
print("|p corresponde a penalidade atribuido a sequencia de h1,h2,h3 |")
print("|-----|")
print("|penalidade aplicada nesta execucao,se foi adicionada na funcao|
↳objetivo|")
print("")
for z in range(len(professores)):
 p=0
 professor = objs_professores[z]
 ↳
 ↳listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro
 p=professor.get_index()
 janela_segunda=0
 janela_terca=0
 janela_quarta=0
 janela_quinta=0
 janela_sexta=0
 janela_semanal=0
 janela_semanal_real=0
 print("-----")
 print("Professor:",professor.get_nome())

 print("-----Segunda-----")
 print("h1","h2","h3","j"," p")
 for h in range (5,8):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
 janela_segunda=janela_segunda+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen= a*(1-b)*c
 print(a, "", b, "", c, "", j, " ", pen)
```

```

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,5].X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,6].X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,7].X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,8].X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,9].X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_segunda=0
contador_janelas_segunda=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_segunda=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_segunda=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_segunda=contador_janelas_segunda+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_segunda>0):
 pular=contador_janelas_segunda+1
 ↪ janelas_existentes_segunda=janelas_existentes_segunda+contador_janelas_segunda
 print(" ")
 print("janelas analisando h1,h2,h3 na segunda =",janela_segunda)
 print(" ")
 print("janelas existentes na segunda =",janelas_existentes_segunda)

 print("-----Terca-----")
 print("h1","h2","h3","j"," p")
 for h in range (15,18):
 a=0
 b=0

```

```

c=0
j=0
pen=0
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h] .X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1] .X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2] .X)
janela_terca=janela_terca+(a*(1-b)*c)
j=a*(1-b)*c
pen=a*(1-b)*c
print(a, "", b, "", c, "", j, " ", pen)

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,15] .X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,16] .X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,17] .X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,18] .X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,19] .X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_terca=0
contador_janelas_terca=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_terca=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_terca=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_terca=contador_janelas_terca+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_terca>0):

```

```

 pular=contador_janelas_terca+1
 ↪janelas_existentes_terca=janelas_existentes_terca+contador_janelas_terca
 print(" ")
 print("janelas analisando h1,h2,h3 na terça =",janela_terca)
 print(" ")
 print("janelas existentes na terça=",janelas_existentes_terca)

 print("-----Quarta-----")
 print("h1","h2","h3","j"," p")
 for h in range (25,28):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h] .X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1] .X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2] .X)
 janela_quarta=janela_quarta+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen=a*(1-b)*c
 print(a, "", b, "", c, "", j, " ", pen)

 slot1=0
 slot2=0
 slot3=0
 slot4=0
 slot5=0
 lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,25] .X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,26] .X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,27] .X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,28] .X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,29] .X)
 lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
 janelas_existentes_quarta=0
 contador_janelas_quarta=0
 pular=0
 for b in range(0,4):

```

```

if(pular>0):
 pular=pular-1
if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_quarta=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_quarta=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_quarta=contador_janelas_quarta+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_quarta>0):
 pular=contador_janelas_quarta+1
 ↵
↪janelas_existentes_quarta=janelas_existentes_quarta+contador_janelas_quarta
print(" ")
print("janelas analisando h1,h2,h3 na quarta =",janela_quarta)
print(" ")
print("janelas existentes na quarta=",janelas_existentes_quarta)

print("-----Quinta-----")
print("h1","h2","h3","j"," p")
for h in range (35,38):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
 janela_quinta=janela_quinta+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen=a*(1-b)*c
 print(a," ",b," ",c," ",j," ",pen)

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:

```

```

 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,35].X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,36].X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,37].X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,38].X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,39].X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_quinta=0
contador_janelas_quinta=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_quinta=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_quinta=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_quinta=contador_janelas_quinta+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_quinta>0):
 pular=contador_janelas_quinta+1
 □
↪janelas_existentes_quinta=janelas_existentes_quinta+contador_janelas_quinta
print(" ")
print("janelas analisando h1,h2,h3 na quinta =",janela_quinta)
print(" ")
print("janelas existentes na quinta=",janelas_existentes_quinta)

print("-----Sexta-----")
print("h1","h2","h3","j"," p")
for h in range (45,48):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
janela_sexta=janela_sexta+(a*(1-b)*c)

```

```

j=a*(1-b)*c
pen=a*(1-b)*c
print(a," ",b," ",c," ",j," ",pen)

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,45] .X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,46] .X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,47] .X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,48] .X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,49] .X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_sexta=0
contador_janelas_sexta=0
pular=0
for b in range(0,5):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_sexta=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==5 and lista[e]==0):
 contador_janelas_sexta=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_sexta=contador_janelas_sexta+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_sexta>0):
 pular=contador_janelas_sexta+1
 ↪ janelas_existentes_sexta=janelas_existentes_sexta+contador_janelas_sexta
 print(" ")
 print("janelas analisando h1,h2,h3 na sexta =",janela_sexta)
 print(" ")
 print("janelas existentes na sexta=",janelas_existentes_sexta)

 ↪ janela_semanal=janela_segunda+janela_terca+janela_quarta+janela_quinta+janela_sexta

```

```

↳
↳janela_semanal_real=janelas_existentes_segunda+janelas_existentes_terca+janelas_existentes_

print("-----Semana-----")
print("|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA|")
↳=",janela_semanal,"|")
print("|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA =",janela_semanal_real,"|")
total=janela_semanal+total
janela_semanal_total=janela_semanal_total+janela_semanal_real
print(" ")
print("-----FIM-----")
print("|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 TARDE=",total,"|")
print("|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NESSA SOLUCAO TURNO DA|")
↳TARDE=",janela_semanal_total,"|")
diasAlocados=gp.quicksum(dia_segunda[p].X + dia_terca[p].X + dia_quarta[p].X +
↳dia_quinta[p].X + dia_sexta[p].X for p in range(len(professores)))
print("|Dias alocados manha/tarde: ",diasAlocados,"|")

```

-----Análise de resultados Tarde -----

```

|-----Siglas-----|
|h1 corresponde a um slot de horario |
|h2 corresponde ao slot seguinte de h1 |
|h3 corresponde ao slot seguinte de h2 |
|j corresponde se existe janela |
p corresponde a penalidade atribuido a sequencia de h1,h2,h3
penalidade aplicada nesta execucao,se foi adicionada na funcao objetivo

```

-----  
Professor: P1

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |  
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

Professor: P2

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

```
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 1

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 1 |

Professor: P3

-----Segunda-----

```
h1 h2 h3 j p
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

```

-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

```

-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 1 0 0
0 1 0 0 0
1 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

```

-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

```

-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0

```

Professor: P4

```

-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terça-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terça = 0

janelas existentes na terça= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

Professor: P5

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |  
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

Professor: P6

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

h1 h2 h3 j p

0 0 1 0 0

0 1 1 0 0

1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

h1 h2 h3 j p

1 1 0 0 0

1 0 0 0 0

0 0 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 2

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 2 |

-----

Professor: P7

-----Segunda-----

h1 h2 h3 j p

```
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |
```

-----

Professor: P8

```
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |
```

-----  
 Professor: P9

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |
```

```

Professor: P10
```

```
-----Segunda-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

```
-----Terca-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

```
-----Quarta-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 2

```
-----Quinta-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

```
-----Sexta-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

```

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 2

Professor: P11
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0

Professor: P12
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P13

-----Segunda-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

h1 h2 h3 j p

0 1 0 0 0

1 0 0 0 0

0 0 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 2

-----Sexta-----

h1 h2 h3 j p

```

0 1 1 0 0
1 1 0 0 0
1 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 2

```

-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 4

```

Professor: P14

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

```

-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
Professor: P15
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

```

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P16

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 3

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 3 |

-----

Professor: P17

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

```

1 1 0 0 0
1 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

```

-----

Professor: P18

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

```

-----

Professor: P19

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |  
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

Professor: P20

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P21

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 2

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 1 0 0

0 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 2 |

-----

Professor: P22

-----Segunda-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

h1 h2 h3 j p

```

0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

```

-----FIM-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 TARDE= 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NESSA SOLUCAO TURNO DA TARDE= 14 |
|Dias alocados manha/tarde: <gurobi.LinExpr: 49.0> |

```

```

[41]: print("-----Análise de resultados MANHA -----")
print("")
total=0
janela_semanal_total=0
print("|-----Siglas-----|")
print("|h1 corresponde a um slot de horario |")
print("|h2 corresponde ao slot sequente de h1 |")
print("|h3 corresponde ao slot sequente de h2 |")
print("|j corresponde se existe janela |")
print("|p corresponde a penalidade atribuido a sequencia de h1,h2,h3 |")
print("|-----|")
print("|penalidade aplicada nesta execucao,se foi adicionada na funcao_|
↪objetivo|")

```

```

print("")
for z in range(len(professores)):
 p=0
 professor = objs_professores[z]
 ↵
 ↵ listaIndiceDisciplina,listaIndiceTurma,listaIndiceHorario=gerar_lista_indices_professor(pro:
 p=professor.get_index()
 janela_segunda=0
 janela_terca=0
 janela_quarta=0
 janela_quinta=0
 janela_sexta=0
 janela_semanal=0
 janela_semanal_real=0
 print("-----")
 print("Professor:", professor.get_nome())

 print("-----Segunda-----")
 print("h1", "h2", "h3", "j", " p")
 for h in range (0,3):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
 janela_segunda=janela_segunda+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen=a*(1-b)*c
 print(a, "", b, "", c, "", j, " ", pen)

 slot1=0
 slot2=0
 slot3=0
 slot4=0
 slot5=0
 lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,0].X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,1].X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,2].X)

```

```

 slot4=slot4+round(x[t,d,p,3].X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,4].X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_segunda=0
contador_janelas_segunda=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_segunda=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_segunda=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_segunda=contador_janelas_segunda+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_segunda>0):
 pular=contador_janelas_segunda+1
 □
⇨janelas_existentes_segunda=janelas_existentes_segunda+contador_janelas_segunda
print(" ")
print("janelas analisando h1,h2,h3 na segunda =",janela_segunda)
print(" ")
print("janelas existentes na segunda =",janelas_existentes_segunda)

print("-----Terca-----")
print("h1","h2","h3","j"," p")
for h in range (10,13):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
 janela_terca=janela_terca+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen=a*(1-b)*c
 print(a," ",b," ",c," ",j," ",pen)

```

```

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,10] .X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,11] .X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,12] .X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,13] .X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,14] .X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_terca=0
contador_janelas_terca=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_terca=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_terca=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_terca=contador_janelas_terca+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_terca>0):
 pular=contador_janelas_terca+1
 ↪ janelas_existentes_terca=janelas_existentes_terca+contador_janelas_terca
 print(" ")
 print("janelas analisando h1,h2,h3 na terca =",janela_terca)
 print(" ")
 print("janelas existentes na terca=",janelas_existentes_terca)

 print("-----Quarta-----")
 print("h1","h2","h3","j"," p")
 for h in range (20,23):
 a=0
 b=0

```

```

c=0
j=0
pen=0
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
janela_quarta=janela_quarta+(a*(1-b)*c)
j=a*(1-b)*c
pen=a*(1-b)*c
print(a, "", b, "", c, "", j, " ", pen)

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,20].X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,21].X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,22].X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,23].X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,24].X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_quarta=0
contador_janelas_quarta=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_quarta=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_quarta=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_quarta=contador_janelas_quarta+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break

```

```

 if(contador_janelas_quarta>0):
 pular=contador_janelas_quarta+1
 ↵
↪janelas_existentes_quarta=janelas_existentes_quarta+contador_janelas_quarta
 print(" ")
 print("janelas analisando h1,h2,h3 na quarta =",janela_quarta)
 print(" ")
 print("janelas existentes na quarta=",janelas_existentes_quarta)

 print("-----Quinta-----")
 print("h1","h2","h3","j"," p")
 for h in range (30,33):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h] .X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1] .X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2] .X)
 janela_quinta=janela_quinta+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen=a*(1-b)*c
 print(a, "", b, "", c, "", j, " ", pen)

 slot1=0
 slot2=0
 slot3=0
 slot4=0
 slot5=0
 lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 slot1=slot1+round(x[t,d,p,30] .X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,31] .X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,32] .X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,33] .X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,34] .X)
 lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
 janelas_existentes_quinta=0
 contador_janelas_quinta=0
 pular=0
 for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1

```

```

if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_quinta=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_quinta=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_quinta=contador_janelas_quinta+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_quinta>0):
 pular=contador_janelas_quinta+1
 ↵
↵janelas_existentes_quinta=janelas_existentes_quinta+contador_janelas_quinta
print(" ")
print("janelas analisando h1,h2,h3 na quinta =",janela_quinta)
print(" ")
print("janelas existentes na quinta=",janelas_existentes_quinta)

print("-----Sexta-----")
print("h1","h2","h3","j"," p")
for h in range (40,43):
 a=0
 b=0
 c=0
 j=0
 pen=0
 for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:
 a=a+round(x[t,d,p,h].X)
 b=b+round(x[t,d,p,h+1].X)
 c=c+round(x[t,d,p,h+2].X)
 janela_sexta=janela_sexta+(a*(1-b)*c)
 j=a*(1-b)*c
 pen=a*(1-b)*c
 print(a," ",b," ",c," ",j," ",pen)

slot1=0
slot2=0
slot3=0
slot4=0
slot5=0
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
for t in listaIndiceTurma:
 for d in listaIndiceDisciplina:

```

```

 slot1=slot1+round(x[t,d,p,40].X)
 slot2=slot2+round(x[t,d,p,41].X)
 slot3=slot3+round(x[t,d,p,42].X)
 slot4=slot4+round(x[t,d,p,43].X)
 slot5=slot5+round(x[t,d,p,44].X)
lista=[slot1,slot2,slot3,slot4,slot5]
janelas_existentes_sexta=0
contador_janelas_sexta=0
pular=0
for b in range(0,4):
 if(pular>0):
 pular=pular-1
 if(pular==0):
 if(lista[b]==1):
 contador_janelas_sexta=0
 for e in range(b+1,5):
 if(e==4 and lista[e]==0):
 contador_janelas_sexta=0
 break
 if(lista[e]==0):
 contador_janelas_sexta=contador_janelas_sexta+1
 if(e!=b and lista[e]==1):
 break
 if(contador_janelas_sexta>0):
 pular=contador_janelas_sexta+1
 □
↪ janelas_existentes_sexta=janelas_existentes_sexta+contador_janelas_sexta
 print(" ")
 print("janelas analisando h1,h2,h3 na sexta =",janela_sexta)
 print(" ")
 print("janelas existentes na sexta=",janelas_existentes_sexta)

 □
↪ janela_semanal=janela_segunda+janela_terca+janela_quarta+janela_quinta+janela_sexta
 □
↪ janela_semanal_real=janelas_existentes_segunda+janelas_existentes_terca+janelas_existentes_

 print("-----Semana-----")
 print("|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA_|")
↪ "=",janela_semanal,"|")
 print("|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA =",janela_semanal_real,"|")
 total=janela_semanal+total
 janela_semanal_total=janela_semanal_total+janela_semanal_real
print(" ")
print("-----FIM-----")
print("|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 =",total,"|")

```

```

print("|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NESSA SOLUCAO MANHA|
↪=",janela_semanal_total,"|")
diasAlocados=gp.quicksum(dia_segunda[p].X + dia_terca[p].X + dia_quarta[p].X +
↪dia_quinta[p].X + dia_sexta[p].X for p in range(len(professores)))
print("|Dias alocados manha/tarde: ",diasAlocados,"|")

```

-----Análise de resultados MANHA -----

```

|-----Siglas-----|
|h1 corresponde a um slot de horario |
|h2 corresponde ao slot seguinte de h1 |
|h3 corresponde ao slot seguinte de h2 |
|j corresponde se existe janela |
p corresponde a penalidade atribuido a sequencia de h1,h2,h3
penalidade aplicada nesta execucao,se foi adicionada na funcao objetivo

```

-----  
Professor: P1

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

```

-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
Professor: P2
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
1 0 0 0 0
0 0 1 0 0
0 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 2
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

```

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |  
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 2 |

-----

Professor: P3

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 1 0 0
0 1 0 0 0
1 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
Professor: P4
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0

```

```

1 1 0 0 0
1 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

```

Professor: P5

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

```

Professor: P6

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 0 0 0
1 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 2

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 2 |

-----

Professor: P7

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P8

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

h1 h2 h3 j p

1 1 1 0 0

1 1 1 0 0

1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

h1 h2 h3 j p

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

h1 h2 h3 j p

1 1 1 0 0

1 1 1 0 0

1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

Professor: P9

-----Segunda-----

h1 h2 h3 j p

1 1 1 0 0

1 1 1 0 0

1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

h1 h2 h3 j p

```

0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

```

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

```

Professor: P10

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

```

-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 0 0 0
1 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
Professor: P11
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0
1 1 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

```

janelas existentes na segunda = 0

-----Terça-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terça = 0

janelas existentes na terça= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P12

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 2

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 2

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |  
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 4 |

Professor: P13

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

```
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0
0 1 1 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 1 0 0
0 1 1 0 0
1 1 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P14

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
1 1 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0
0 1 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0
0 1 1 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----

Professor: P15

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 3

-----Semana-----

|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |

|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 3 |

-----  
 Professor: P16

-----Segunda-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 1  | 0 | 0 |
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |
| 1  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

```
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
```

Professor: P17

```
-----Segunda-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

```
-----Terca-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

```
-----Quarta-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

```
-----Quinta-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 1  | 0 | 0 |
| 1  | 1  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

```
-----Sexta-----
```

| h1 | h2 | h3 | j | p |
|----|----|----|---|---|
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |
| 0  | 0  | 0  | 0 | 0 |

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

```

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0

Professor: P18
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 1 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 2
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 1 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 3
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
1 1 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 5

Professor: P19
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0

```

```
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

```
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
```

Professor: P20

-----Segunda-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0

-----Sexta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0

```

-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0

```

Professor: P21

-----Segunda-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0

-----Terca-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0

-----Quarta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0

-----Quinta-----

```

h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

```

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0
Professor: P22
-----Segunda-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na segunda = 0

janelas existentes na segunda = 0
-----Terca-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na terca = 0

janelas existentes na terca= 0
-----Quarta-----
h1 h2 h3 j p
0 1 0 0 0
1 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na quarta = 0

janelas existentes na quarta= 0
-----Quinta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

```

```

janelas analisando h1,h2,h3 na quinta = 0

janelas existentes na quinta= 0
-----Sexta-----
h1 h2 h3 j p
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0

janelas analisando h1,h2,h3 na sexta = 0

janelas existentes na sexta= 0
-----Semana-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 NA SEMANA = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NA SEMANA = 0 |

-----FIM-----
|TOTAL DE JANELAS ANALISANDO H1,H2,H3 = 0 |
|TOTAL DE JANELAS EXISTENTES NESSA SOLUCAO MANHA = 16 |
|Dias alocados manha/tarde: <gurobi.LinExpr: 49.0> |

```

```
[42]: model.write("teste_full_V3_GRAD_5.lp")
 model.dispose()
```