



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Edmilson Domingues

**Planejamento de agenda escolar fazendo uso de técnicas de programação  
matemática e algoritmo genético**

Florianópolis

2023

Edmilson Domingues

**Planejamento de agenda escolar fazendo uso de técnicas de programação  
matemática e algoritmo genético**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Graduação em Sistemas de Informação do Campus Reitor João David Ferreira Lima da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Domingues, Edmilson

Planejamento de agenda escolar fazendo uso de técnicas de programação matemática e algoritmo genético / Edmilson Domingues ; orientador, Álvaro Junio Pereira Franco, 2023. 261 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Sistemas de Informação, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Sistemas de Informação. 2. Programação matemática. 3. School timetabling problem. 4. Pesquisa operacional. 5. Algoritmos genéticos. I. Franco, Álvaro Junio Pereira. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Sistemas de Informação. III. Título.

Edmilson Domingues

**Planejamento de agenda escolar fazendo uso de técnicas de programação matemática e algoritmo genético**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Sistemas de Informação.

Florianópolis, Santa Catarina - Brasil, 13 de dezembro de 2023.

---

Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr.

Coordenador do Curso de Sistemas de Informação

**Banca examinadora**

---

Prof. Álvaro Junio Pereira Franco, Dr.

Orientador

---

Prof. Elder Rizzon Santos, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Pedro Belin Castellucci, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Rafael de Santiago, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso à minha esposa,  
Rosângela Maria Monguilhott Domingues

## **AGRADECIMENTOS**

Sou grato à minha esposa, parceira de todas as minhas caminhadas e em particular deste projeto.

Sou grato a todas as gerações de estudiosos que ampliaram o conhecimento científico e tecnológico e o fizeram chegar até os nossos dias, possibilitando sua aplicação neste trabalho.

Sou grato à UFSC e em especial ao Departamento de Informática e Estatística por proporcionarem todas as condições físicas e humanas para que eu desenvolvesse este Trabalho de Conclusão de Curso.

Sou grato a todo o quadro funcional da UFSC por proverem as condições necessárias a este trabalho. Sou especialmente grato aos professores que ao longo do curso contribuíram com o seu conhecimento e dedicação para a minha formação, imprescindível para a realização deste trabalho.

Sou especialmente grato ao professor Dr. Álvaro Junio Pereira Franco que, quando da primeira conversa que tivemos sobre um tema para o TCC, ofereceu-me este, possibilitando o meu primeiro contato com a área de Pesquisa Operacional, com minha consequente inserção no Laboratório de Inteligência Artificial e Algoritmos e posterior conexão com este trabalho final, bem como pela sua dedicação em orientar-me nesta construção.

Sou grato à banca multidisciplinar constituída para avaliação do trabalho, seja pelo tempo dispendido em analisá-lo, seja pelas suas prestimosas contribuições dali advindas e que acabaram sendo incorporadas ao mesmo.

Sou grato ao Centro de Informática e Automação do Estado de Santa Catarina que apresentou a demanda real aqui trabalhada e que disponibilizou um volume de dados expressivo, o que contribuiu de forma determinante para os resultados alcançados.

Por fim, sou grato aos colegas Barbara Idaerla Santos Calderon e Filipe Ribeiro Rocha com os quais tive a oportunidade de falar sobre o trabalho e discutir pontos relevantes.

“Genius is one percent inspiration, ninety-nine percent perspiration.”

(Edison, 2000)

## RESUMO

Este trabalho está inserido no campo da Pesquisa Operacional e busca apresentar soluções para um problema de agenda escolar. A Pesquisa Operacional é um dos conteúdos curriculares da formação tecnológica dos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação. O problema da agenda escolar é um problema real e seus dados de entrada são originários de 129 unidades escolares que estão em operação no estado de Santa Catarina. Uma solução para o problema sugere uma alocação de horários para as disciplinas de uma turma. Algumas restrições devem ser atendidas como, por exemplo, um horário fixo não pode ser ocupado por duas disciplinas diferentes de uma mesma turma. Outras restrições são menos exigentes, mas devem ser atendidas da melhor forma possível como, por exemplo, as disciplinas com um professor comum devem ser ministradas de forma contígua, tanto quanto possível. Para encontrar uma solução, foram utilizadas duas abordagens - uma, fazendo uso de programação matemática e a outra, de um algoritmo genético. Os resultados encontrados tanto para uma abordagem quanto para a outra mostraram que é possível a sua aplicação na prática. Estes resultados são apresentados e analisados em detalhes no final deste trabalho.

**Palavras-chave:** algoritmo genético; inteligência artificial; pesquisa operacional; programação linear; programação matemática; *school timetabling problem*.

## ABSTRACT

This work is inserted into the field of Operational Research and seeks to present solutions to a school agenda problem. Operational Research is one of the curricular contents of the technological training of Bachelor's degrees in Information Systems. The school agenda problem is a real problem and its input data originates from 129 school units that are in operation in the state of Santa Catarina. One solution to the problem suggests allocating timetables to the subjects in a class. Some constraints must be met, for example, a fixed timetable cannot be occupied by two different subjects in the same class. Other constraints are less demanding, but must be met as best as possible, for example, subjects with a common teacher must be taught contiguously as much as possible. To find a solution, two approaches were used - one, using mathematical programming and the other, using a genetic algorithm. The results found for both one approach and the other showed that its application in practice is possible. These results are presented and analyzed in detail at the end of this work.

**Keywords:** genetic algorithm; artificial intelligence; operational research; linear programming; school timetabling problem.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Apresentação das colunas do dataset para instância inicial.....	37
Figura 2 - Apresentação da linha número 666 (registro 665) do dataset com as 129 instâncias.....	38
Figura 3 - Modelo conceitual dos componentes de uma unidade de ensino.....	40
Figura 4 - Representação da relação entre componentes para restrição 1.....	45
Figura 5 - Representação da relação entre componentes para restrição 3.....	46
Figura 6 - Representação da relação entre componentes para restrição 4.....	47
Figura 7 - Representação da relação entre componentes para restrição 7.....	48
Figura 8 - Diferentes grades escolares na mesma unidade escolar.....	48
Figura 9 - Representação da relação entre componentes para restrição 8.....	49
Figura 10 - Caracterização de uma janela (para dado professor).....	50
Figura 11 - Caracterização de janela e seu range após aplicar o método Big M.....	52
Figura 12 - Diagrama de blocos com principais elementos e operadores genéticos.....	57
Figura 13 - Resultado computacional da ferramenta Gurobi.....	63
Figura 14 - Alocação da Turma 11.....	65
Figura 15 - Alocação da Turma 17.....	65
Figura 16 - Alocação da Turma 40 e resultado final.....	66
Figura 17 - Uma instância com apresentação de resultado “infeasible”.....	68
Figura 18 - Resultado final (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.....	69
Figura 19 - Quantidade de turmas por unidade educacional - visão geral.....	70
Figura 20 - Tempo de processamento (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.....	70
Figura 21 - Janelas encontradas (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.....	71
Figura 22 - Apresentação de código para testes do evento externo.....	72
Figura 23 - Medidas de tempo do evento externo (duração e intervalo).....	73
Figura 24 - Modalidade 1 para instância hipotética.....	76
Figura 25 - Modalidade 2 para instância ID-3271.....	77
Figura 26 - Testes com escola ID-1457 para comparação das modalidades.....	78
Figura 27 - Apresentação do processamento para população de 100 e 50 indivíduos - ID 1805.....	81
Figura 28 - Apresentação do resultado de processamento para diferentes valores de elite - ID1805.....	82

Figura 29 - Avaliação do parâmetro pc para escola ID 3700.....	82
Figura 30 - Avaliação do parâmetro pc para escola ID 1805.....	83
Figura 31 - Avaliação do parâmetro pm para escola ID 1805.....	83
Figura 32 - Avaliação parâmetro pc para escola ID 1805 a partir de semente fixa para a população inicial.....	84
Figura 33 - Avaliação parâmetro pm para escola ID 1805 a partir de semente fixa para a população inicial.....	85
Figura 34 - Resultado do processamento (AG) por unidade educacional - visão geral. ....	86
Figura 35 - Tempo de processamento (AG) por unidade educacional - visão geral..	86
Figura 36 - Janelas encontradas (AG) por unidade educacional - visão geral.....	87
Figura 37 - Comparação PM versus AG para modalidade 1.....	88
Figura 38 - Comparação PM versus AG para modalidade 2.....	88

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado de busca na IEEE Xplore.....	28
Tabela 2 - Comparação entre os trabalhos relacionados.....	33
Tabela 3 - Grupos de disciplinas.....	46
Tabela 4 - Caracterização de janela com codificação binária.....	51
Tabela 5 - Resumo das variáveis e equações/inequações para a instância 1 (inicial).. .....	54
Tabela 6 - Resumo dos resultados da Parte 2 e Parte 3 para instância 1.....	67
Tabela 7 - Dados de duração e intervalo dos eventos e cálculo da sua participação.... .....	74

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Algoritmos Genéticos
AS	<i>Simulated Annealing</i>
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
MUT	Operador Genético de Mutação
NP	<i>Non-deterministic Polynomial Time</i>
PL	Programação Linear
PM	Programação Matemática
PMX	<i>Partially Mapped Crossover</i>
PO	Pesquisa Operacional
STP	<i>School Timetabling Problem</i>
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TS	<i>Tabu Search</i>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1. OBJETIVOS.....	17
<b>1.1.1. Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1.2. Objetivos Específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>2. CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>19</b>
2.1. PESQUISA OPERACIONAL.....	19
2.2. SCHOOL TIMETABLING PROBLEM (STP).....	20
<b>2.2.1. Conceitos e Terminologia do STP.....</b>	<b>20</b>
2.3. PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA.....	22
2.4. ALGORITMOS GENÉTICOS.....	23
<b>3. CAPÍTULO 2 - TRABALHOS RELACIONADOS.....</b>	<b>28</b>
3.1. CATEGORIA PESQUISA OPERACIONAL - SCHOOL TIMETABLING PROBLEM.....	29
3.2. CATEGORIA ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS.....	30
3.3. CATEGORIA PESQUISA OPERACIONAL E ALGORITMOS GENÉTICOS.....	31
3.4. TABELA COMPARATIVA.....	33
3.5. PONTOS EM ABERTO.....	34
<b>4. CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA.....</b>	<b>35</b>
4.1. DETALHAMENTO TÉCNICO DO PROBLEMA.....	35
4.2. DADOS DE ENTRADA.....	36
4.3. PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA.....	39
4.4. PARTE 1 - DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO PARA A PESQUISA OPERACIONAL.....	39
<b>4.4.1. Variáveis.....</b>	<b>42</b>
<b>4.4.2. Restrições.....</b>	<b>43</b>
<b>4.4.3. Função objetivo.....</b>	<b>52</b>
4.5. ESTRUTURA DE DADOS.....	53
4.6. PARTE 2 - SOLUÇÃO UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA.....	54
4.7. PARTE 3 - SOLUÇÃO UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO.....	55
4.8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS VISUAIS.....	59
4.9. EXPERIMENTOS E RESULTADOS.....	59
<b>4.9.1. Visão geral.....</b>	<b>59</b>

4.9.1.1. Objetivos.....	60
4.9.1.2. Metodologia.....	60
4.9.1.3. Dataset.....	62
4.9.1.4. Métricas.....	62
<b>4.9.2. Avaliação dos resultados.....</b>	<b>63</b>
4.9.2.1. Avaliação dos Resultados para instância inicial.....	63
4.9.2.2. Avaliação dos Resultados para 129 novas instâncias.....	67
<b>4.9.2.2.1. Avaliação dos resultados para as 129 novas instâncias - referente</b>	
<b>Parte 2.....</b>	<b>68</b>
<b>4.9.2.2.2. Avaliação e melhoria do tempo de resposta do Algoritmo Genético..</b>	<b>71</b>
<b>4.9.2.2.3. Avaliação e melhoria do tratamento da Função Objetivo para o AG..</b>	<b>75</b>
4.9.2.2.3.1. Modalidade 1.....	75
4.9.2.2.3.2. Modalidade 2.....	76
4.9.2.2.3.3. Resultado comparativo das modalidades 1 e 2.....	77
<b>4.9.2.2.4. Avaliação da parametrização do AG.....</b>	<b>80</b>
4.9.2.2.4.1. Descrição dos hiperparâmetros para o AG.....	80
4.9.2.2.4.2. Avaliação de hiperparâmetros.....	80
<b>4.9.2.2.5. Avaliação dos resultados para as 129 novas instâncias - referente</b>	
<b>Parte 3.....</b>	<b>85</b>
<b>5. CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>APÊNDICE A - RESULTADO VISUAL DA GRADE DE PROFESSORES.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE B - RESULTADO VISUAL DA GRADE DE TURMAS.....</b>	<b>156</b>
<b>APÊNDICE C - CÓDIGO FONTE DO PROGRAMA.....</b>	<b>214</b>
<b>APÊNDICE D - RESTRIÇÕES / VISÃO COMPUTACIONAL.....</b>	<b>215</b>
<b>APÊNDICE E - SBC PAPER.....</b>	<b>217</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por um tema que me permitisse aplicar, de forma prática, os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Sistemas de Informação, foi rapidamente concluída quando me deparei com o problema da agenda escolar. Foi a partir dele que tive a oportunidade de conhecer a área da Pesquisa Operacional (PO) e ter contato com outros tantos casos que me ajudaram a entender os caminhos que precisaria percorrer para propor soluções adequadas. Este trabalho aborda o tema *School Timetabling Problem*<sup>1</sup> (Lions, 1967), sua caracterização e propostas de solução (Pillay, 2014).

Dentre as muitas tarefas associadas ao gerenciamento escolar está uma que é realizada periodicamente, a da alocação de professores nas disciplinas / turmas no quadro de horários. Cada entidade de ensino é um prestador de serviços educacionais para a sociedade e está sujeito à demanda originária dos alunos, que dela dependem para continuar os seus estudos. Esta oferta está sujeita a uma série de restrições a serem consideradas na alocação de professores, tais como ministrar, em sua totalidade, as disciplinas integrantes dos currículos, trabalhar com os recursos físicos existentes, atender de forma adequada alunos com necessidades especiais, gerir estruturas físicas para ensino especializado - como laboratórios e quadras de esporte, gerir o quadro de professores com suas cargas horárias contratadas, dentre tantas outras. Este enorme conjunto de recursos limitados caracteriza o problema com que o gestor educacional lida. Pode-se notar que o problema a ser resolvido não é um problema trivial, mas ao contrário, sujeito a diversas restrições, uma vez que os recursos são finitos e requerem um tratamento adequado para que se possa obter o melhor resultado possível, sendo este caracterizado com base nos objetivos gerenciais estabelecidos.

Este problema de alocação é conhecido na literatura como *School Timetabling Problem* (STP) (Lions, 1967) e sua solução também passa pela PO, área do conhecimento humano que busca apoiar a tomada de decisões em cenários complexos (The Operational Research Society, [2023]) .

---

<sup>1</sup> Este problema e suas alternativas de resolução estão inseridos na Grande Área de Ciências Exatas e da Terra, Área de Ciência da Computação, Subárea de Matemática da Computação, Especialidade Otimização Combinatória.

O problema de alocação descrito acima possui características particulares, como as restrições e a função objetivo consideradas. O item “Detalhamento Técnico do Problema” apresenta estas características.

Diante da caracterização do problema, conclui-se que para fazê-lo sem o apoio de uma ferramenta computacional de suporte à decisão, a tarefa pode ser considerada árdua, podendo inclusive não alcançar os objetivos iniciais do gestor. O presente trabalho busca oferecer alternativas que sirvam como solução ao problema ora apresentado.

Do ponto de vista tecnológico este problema é classificado como um problema de otimização e até o momento não existe um algoritmo de ordem polinomial que possa ser a ele aplicado para alcançar-se uma solução. Assim, técnicas como Programação Matemática (PM) e Algoritmos Genéticos (AG) são então aplicadas ao problema, na busca por soluções factíveis.

Diante da demanda apresentada através deste estudo de caso, onde o usuário (real) pretende disponibilizar uma ferramenta própria para apresentação visual do agendamento de professores e turmas, é proposto um modelo que possa atender aos requisitos e regras de negócio especificados pelos demandantes deste trabalho, além de apresentar soluções factíveis a partir das suas entradas de dados. A motivação surge da oportunidade que nos foi dada de poder contribuir de forma direta nesta parceria, uma vez que o departamento dispõe do conhecimento e acesso às tecnologias necessárias. Viabilizar uma ferramenta como esta, com base em métodos da PO, é contribuir de forma determinante para a melhoria da gestão do nosso cliente, visto que serão buscadas soluções que vão ao encontro dos objetivos definidos pelo cliente (soluções ótimas).

Muitos são os trabalhos correlatos, mas o que se observa é que a maior parte deles também busca resolver casos específicos, especialmente pelo fato de que as restrições aplicadas a cada problema são muito próprias dos mesmos, como apontado em Pillay (2014). Merece um especial destaque o trabalho (Reeves, 1997) que aborda a utilização de AGs para a resolução de problemas da PO. Já o trabalho de Pillay (2014) promove uma visão ampla sobre o STP.

A presente proposta visa a solução de instâncias reais do STP. Esta classe de problemas passou, pela sua importância, a constituir um segmento de pesquisas em PO. Este trabalho se propõe a resolver um caso real, apresentando não só uma solução por PM, como também uma solução baseada em AG. Além disso, o estudo

---

das restrições foi além daquelas voltadas ao presente problema, pois foram resultado de indagações próprias sobre situações gerais que poderiam ocorrer normalmente em algumas outras escolas. Assim, na seção “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático para a Pesquisa Operacional” estas restrições são apresentadas, como forma de contribuição para outros trabalhos, tornando a proposta mais abrangente. Outra proposta deste trabalho está em se buscar uma abrangência das técnicas. São um total de 129 escolas analisadas para a realização deste trabalho.

O trabalho está dividido em 5 partes, uma introdução e mais 4 capítulos. A primeira parte, a introdução, é onde são apresentados a contextualização do problema, a definição do problema, a motivação, bem como a proposta e os objetivos deste trabalho. Na continuação, o trabalho é dividido em quatro capítulos. O primeiro capítulo trata da fundamentação teórica relacionada a todo o trabalho, seguido do capítulo 2, onde são apresentados alguns trabalhos relacionados. No capítulo 3 é apresentado todo o desenvolvimento da proposta, seu detalhamento, bem como os resultados auferidos. Finalmente, o capítulo 4 apresenta as conclusões e expectativas para os trabalhos futuros.

## 1.1. OBJETIVOS

Seguem o objetivo geral e os objetivos específicos relacionados ao trabalho.

### 1.1.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho está em se prover um modelo matemático para aplicação computacional, fundamentado nos conhecimentos da Pesquisa Operacional, e que represente uma proposta para a questão de alocação de professores em grades horárias, para utilização em instituições de ensino escolar, utilizando Programação Matemática e Algoritmos Genéticos como métodos de resolução.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o estado da arte sobre o tema STP;
- Avaliar o estado da arte sobre programação matemática e algoritmos genéticos;
- Desenvolver conhecimentos específicos voltados à elaboração de um modelo matemático;
- Levantar os requisitos funcionais e não funcionais e regras de negócio que venham a embasar um modelo matemático, especialmente considerando as restrições impostas pela aplicação;
- Fazer uso do modelo matemático para resolver caso real de STP, através de Programação Matemática e Algoritmos Genéticos;
- Conduzir experimentos visando avaliar a aplicação computacional a partir do modelo elaborado, bem como avaliar resultados de desempenho computacional;
- Inserir no trabalho, uma documentação que apresente as principais restrições existentes no STP.

## 2. CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo são tratados os principais temas atinentes ao trabalho, sendo eles, Pesquisa Operacional, conceituação e terminologia do STP, Programação Matemática e Algoritmos Genéticos.

### 2.1. PESQUISA OPERACIONAL

Segundo The Operational Research Society ([2023], tradução própria) “A Pesquisa Operacional (PO) é uma abordagem científica para a solução de problemas na gestão de sistemas complexos e que permite aos tomadores de decisão tomarem as melhores decisões.”

Para exemplificar uma aplicação bem conhecida e estudada de PO, trouxe o problema do caixeiro viajante. Um caixeiro viajante precisa visitar todas as  $N$  cidades onde mantém negócios e precisa obrigatoriamente passar uma única vez por todas elas e retornar ao ponto de partida, tendo percorrido a menor distância total.

Este é um problema de  $N!$  possibilidades (Luger, 2004, p. 440), onde a ordem em que as cidades são visitadas é fundamental para a sua solução (um problema de permutação matemática).

Um outro exemplo é o conhecido problema da dieta, onde se busca encontrar uma cesta de alimentos que satisfaçam uma determinada dieta (valores diários totais de proteínas, carboidratos, vitaminas etc), com base na constituição de cada alimento e a um custo financeiro mínimo.

O conceito e estes dois exemplos ajudam a entender o que é PO. Segundo Wilhelm ([20--], p. 7), as principais etapas da PO são:

- definir o problema;
- construir um modelo;
- conceber ou selecionar um método adequado;
- desenvolver ou utilizar uma implementação eficiente;
- analisar os resultados.

Na seção seguinte são destacados alguns pontos importantes sobre o tema STP.

## 2.2. SCHOOL TIMETABLING PROBLEM (STP)

Este campo de trabalho está voltado ao planejamento da agenda escolar, onde são definidas as grades horárias de turmas e professores, alocação de recursos físicos, com base nas restrições existentes em cada unidade educacional.

Segundo Carter e Tovey (1992) e Pillay (2014), *school timetabling* ficou mais restrito ao universo da sala de aula, como um problema de cronograma (agenda escolar). Outro aspecto mencionado diz respeito ao fato de que a solução de um problema escolar fica muitas vezes restrita a uma situação pontual, não sendo ampliado para uma variedade de novas situações, e com isto, acaba não promovendo a sua generalização. Os autores comentam ainda que é mais comum se encontrar diferentes métodos sendo comparados para resolver um único problema escolar. Afirmam que *school timetabling* é um problema de ordem NP-completo ou NP-difícil (*Non-deterministic Polynomial*), dependendo das restrições impostas pelo mesmo.

Ainda em Pillay, STP é caracterizado de uma forma mais abrangente. A autora comenta que a terminologia muda de um trabalho para outro e que STP pode ser definido como um conjunto de requisitos do problema, por suas restrições e uma função objetivo.

Na seção seguinte é tratado o tema Programação Matemática, um dos métodos aqui abordados para a resolução do problema do STP.

### 2.2.1. Conceitos e Terminologia do STP

Segue um resumo dos termos considerados por Pillay (2014, *section 2.1*), bem como uma categorização sobre restrições, como uma tentativa de padronização de terminologias para o *school timetabling problem*.

Principais termos considerados em Pillay (2014):

- *class* (turma): refere-se ao grupo de estudantes que frequentam uma mesma disciplina;
- *grade* (grau): nível escolar. Cada grau pode conter uma ou mais turmas;

- *subject* (disciplina): definida no currículo do curso;
- *lesson* (lição): uma disciplina sendo ministrada por um professor, para uma determinada turma;
- *period (slot)*: representa um intervalo de tempo onde a lição ocorre;
- *tuple* (tupla): formada por turma, professor e sala a ser alocada em um período. Uma variante desta pode ser a alocação de mais de um professor em uma tupla;
- *resource* (recursos): qualquer entidade associada a uma lição. Os recursos padrão são turma, professor e sala.

Pillay (2014) afirma ainda que problemas de *school timetabling* envolvem as variáveis número de graus escolares, professores disponíveis, salas, volume de lições ministradas e uma série de restrições. Resolver o problema implica em alocar turmas, professores e salas aos *slots* de tempo, satisfazendo as restrições impostas. Estudantes normalmente integram as turmas de forma prévia. Ressalta que o processo de *school timetabling* pode apresentar características próprias, conforme regras do sistema educacional de cada país. Em certos casos, o recurso sala não faz parte da tupla e em algumas escolas, certos recursos são compartilhados, como as quadras de esportes. Existem outras particularidades na apresentação do problema.

Quando referindo-se às restrições, maiores ainda as diferenças entre problemas. As restrições *hard* são aquelas que precisam ser atendidas - no caso de não atendimento, a solução é caracterizada como *infeasible* (inviável). Já as restrições *soft* são aquelas caracterizadas como sendo desejáveis, e que devem ser otimizadas na medida do possível.

Ainda no trabalho de Pillay (2014, *section 2.3*) as restrições são classificadas em sete categorias:

- restrições de requisitos do problema: são regras bem específicas da escola ou sistema educacional;
- restrições sem conflitos: não pode haver conflito na utilização de recursos, como o professor ministrando aulas distintas ao mesmo tempo;
- restrições de utilização de recursos: referem-se a não permitir a superutilização ou a subutilização de um recurso, como considerar o tempo de deslocamento entre salas de aulas distantes;

- restrições de carga de trabalho: referem-se à carga de trabalho sobre recursos, como o fato de o professor ministrar um número máximo de aulas semanais;
- restrições de distribuição de períodos: são aquelas que especificam períodos para recursos, como turmas com aulas compactas, assim como períodos livres para professores;
- restrições de preferência: referem-se à preferência associada a diferentes recursos, como professores com horários especiais;
- restrições de lições: requisitos que devem ser atendidos para certas lições, como aulas de determinada lição acontecerem somente à tarde.

### 2.3. PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

Segundo Wilhelm ([20--], p. 8), sobre programação matemática no contexto da PO, “Um problema de programação matemática tem por objetivo encontrar os valores para as variáveis de decisão que otimizam (maximizam ou minimizam) uma função objetivo respeitando um conjunto de restrições.”

Ainda segundo Wilhelm ([20--], p. 8), são apresentados os tipos de modelagem matemática.

Tipos de modelos de programação matemática:

- Programação linear
- Programação inteira
- Programação não linear
- Programação dinâmica
- Programação binária
- Outros.

Formalmente, podemos escrever (Wodtke, 2022):

- Função linear a ser minimizada:

$$\text{minimize } \sum_{j=1, \dots, n} c_j x_j \tag{1}$$

- Número finito de restrições de desigualdade linear:

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

- Variáveis não negativas:

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

onde:

- **n** representa o número de variáveis do problema e
- **m** representa o número de inequações do problema.

Na seção seguinte é tratado o tema Algoritmos Genéticos, outro método aqui abordado para a resolução do problema do STP.

## 2.4. ALGORITMOS GENÉTICOS

Segundo Luger (2004, p. 437), “[...] os algoritmos genéticos são baseados numa metáfora biológica: eles veem o aprendizado como uma competição numa população de soluções evolutivas, candidatas para o problema.”

Segundo o autor, cada solução candidata está associada a uma função “aptidão”, indicativa de quais soluções irão constituir a próxima geração de soluções. De forma semelhante à transferência genética dos seres vivos, as melhores soluções irão transmitir suas características às próximas gerações, formando uma nova população de soluções candidatas (Luger, 2004).

Também de Luger (2004, p. 437) extraímos o algoritmo genético, pseudo-código em sua forma geral:

---

Considere  $P(t)$  a população formada por soluções candidatas no tempo  $t$ :

$$P(t) = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)\} \quad (4)$$

---

### Algoritmo genético

---

```
“início
  ajuste o tempo t:=0;
  inicializar a população P(t);
  enquanto a condição de parada não for satisfeita faça:
    início
      avalie a aptidão de cada membro da população P(t);
      selecione membros da população P(t) com base na aptidão;
      produza os descendentes destes pares usando operadores genéticos;
      substitua, com base na aptidão, candidatos P(t), por estes descendentes;
      ajuste o tempo t:=t + 1;
    fim
  fim”
```

---

Quando se fala de algoritmos genéticos fala-se de uma classe de métodos que apresentam as ideias acima, mas que podem apresentar muitas particularidades, de um método para outro. Assim, de Luger (2004), vemos que precisamos definir uma série de parâmetros e estratégias, como:

- percentagem da população que será retida;
- percentagem da população que gerará descendentes;
- quais operadores genéticos serão aplicados a esta descendência;
- qual o critério para eliminarmos os indivíduos com menor aptidão.

Referente ao último item em particular, Luger (2004) considera a eliminação de indivíduos pela sua aptidão, citando a técnica da seleção por roleta, dentre outras.

Em particular, sobre o método da roleta, cada indivíduo da população apresenta um peso proporcional à sua aptidão, sendo que a soma destes pesos resulta no valor 1 (Pinto, 2022). É o mesmo que afirmar que cada indivíduo possui

uma probabilidade associada a ele, correspondente à sua participação. Realiza-se um sorteio (em uma alusão ao giro de uma roleta) buscando-se o indivíduo de interesse (na etapa de seleção).

Inicialmente o livro apresenta exemplos onde se trabalha com posições individuais de *bits*, que no conjunto, representarão uma solução candidata. Uma variante desta representação por *bits* é a consideração da posição em que o referido *bit* se encontra na cadeia de *bits* - esta representação será aplicada neste trabalho. É o caso do problema do caixeiro viajante, onde a sequência de cidades visitadas é determinante para a solução do problema. No nosso caso a sequência de interesse é aquela das disciplinas de cada turma dispostas na grade horária.

De Luger (2004, p. 438) temos que para a formação da população inicial costuma-se utilizar uma seleção aleatória.

Para a definição de uma função aptidão, nesta aplicação particular do STP, esta deve estar relacionada com o atendimento às restrições impostas pelo problema.

Luger (2004, p. 438) ainda destaca a questão dos operadores genéticos. Dentre eles, o mais usual é o *crossover*, onde cada um de dois “genitores” é responsável por combinar parte de suas características com o outro “genitor”, produzindo um descendente. Uma parte de suas características é transmitida a um descendente, enquanto as partes não utilizadas são incorporadas a um segundo descendente. As partes segmentadas (linhas de corte sobre as suas características) de cada genitor podem ser escolhidas a partir de cortes realizados aleatoriamente.

Importante destacar que, tratando-se de pesquisa operacional e dependendo de como foram definidos os operadores genéticos, podem ser gerados indivíduos que não são descendentes factíveis, ou seja, eles por si só não representam uma solução factível, requerendo algum procedimento para que isto aconteça (Reeves, 1997).

Especificamente no que concerne a indivíduos que incorporam permutação na sua solução, como é o caso já citado do caixeiro viajante, Luger (2004, p. 441) apresenta uma proposta para o *crossover* e que, pela sua importância para este trabalho, passamos a descrever resumidamente aqui:

Considere:

$$p1 \text{ (pai 1) } = (192|4657|83),$$
$$p2 \text{ (pai 2) } = (459|1876|23)$$

com os pontos de corte apresentados pelas barras verticais (character “|”). Os pontos de corte são gerados aleatoriamente e neste exemplo são apresentados apenas 9 elementos (elementos 1 a 9), mas poderíamos estender para qualquer número de elementos sujeitos à permutação.

São produzidos dois descendentes: c1 e c2

**Primeira etapa:** nesta etapa cada filho herda parte de um dos dois pais com base nos pontos de corte gerados.

$$c1 = (xxx|4657|xx) \text{ e}$$
$$c2 = (xxx|1876|xx)$$

**Segunda etapa:** nesta etapa, c1 é complementado com a parte restante de p2, iniciando logo após o segundo ponto de corte e seguindo de forma circular (neste caso teríamos 234591876). Passo seguinte, eliminar os elementos que já estão em c1 na etapa anterior (4657), então teríamos ~~234591876~~ ou 23918 que deverá ser preenchido a partir da primeira casa de c1, nas casas vagas. Da mesma forma para o outro filho: nesta etapa, c2 é complementado com a parte restante de p1, iniciando logo após o segundo ponto de corte (neste caso teríamos 831924657). Passo seguinte, eliminar os elementos que já estão em c1 na etapa anterior (1876), então teríamos ~~834924657~~ ou 39245 que deverá ser preenchido a partir da primeira casa de c2, nas casas vagas. A técnica utilizada é detalhada nas páginas 441 e 442 de Luger (2004).

Desta forma, resulta:

$$c1 = (239|4657|18) \text{ e}$$
$$c2 = (392|1876|45).$$

---

Segundo Luger (2004, p. 437), outro operador de relevância é a mutação. A mutação opera sobre um candidato, alterando-lhe algumas de suas características. Este operador pode acabar fazendo surgir alguns indivíduos que não tenham sido contemplados na população inicial.

Também pela importância deste operador, passamos a descrever o seu *modus operandi*. Cada indivíduo da população é submetido a uma etapa que irá definir quais dos seus genes serão submetidos a uma mutação (Pinto, 2022). Tomando-se como exemplo um destes genes, será sorteado um dos demais genes que irão permutar com este, já que a permutação é uma característica do indivíduo (cromossomo) deste problema.

Estes são dois exemplos de operadores genéticos, mas como explicitado pelo próprio Luger (2004, p. 438) podem existir outros operadores genéticos.

Ainda sobre operadores genéticos, sua aplicação pode ser balizada por condições probabilísticas que determinem ou não a sua aplicação. A proposta deste trabalho é utilizar a distribuição de Bernoulli (Pinto, 2022), onde, dado um conjunto ordenado de elementos de tamanho  $K$  e uma probabilidade de sucesso  $p$ , teremos como resultado um subconjunto formado pelos elementos que obtiveram sucesso.

Outra consideração importante em AGs é a manutenção de indivíduos de maior aptidão nas gerações futuras, conhecida como elitismo. Segundo Malaquias (2006, p. 51) “Elitismo é um método para preservar os melhores indivíduos de uma geração seguinte, evitando que a nova população se torne pior do que a população atual.”

### 3. CAPÍTULO 2 - TRABALHOS RELACIONADOS

Foram realizadas várias buscas para se identificar o estado da arte envolvendo os temas principais deste trabalho. Nas buscas foram utilizados os termos apontados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado de busca na IEEE Xplore

TERMO	RESULTADO
<i>operations research</i>	126.873
<i>timetabling problem</i>	710
<i>school timetabling problem</i>	220
<i>timetabling problem and linear programming</i>	102
<i>school timetabling problem and linear programming</i>	34
<i>school timetabling problem and genetic algorithms</i>	68
<i>genetic algorithms and operations research</i>	2.270
<i>school timetabling research</i>	116
<i>school timetabling research and survey</i>	2

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de busca na IEEE Xplore

Ao longo deste período de estudos a respeito do STP, foi possível verificar que muitos trabalhos apresentavam uma abordagem normalmente voltada a um problema pontual a ser resolvido, e outros, buscavam formar um conhecimento mais amplo a respeito do tema. Deste universo, aqueles mostrados logo na sequência foram os que apresentaram um destaque especial pela contribuição que trouxeram. Em Pillay (2014) é apresentado um *survey* bem completo do STP, além de propostas de padronização, que ajudaram a entender melhor o contexto do problema. Já em Borges (2003) a proposta é direcionada a resolver um problema pontual de *timetabling* e com uma aplicação direta de algoritmos coevolutivos e genéticos. Como desde o início deste trabalho pensou-se em ter uma solução por algoritmos

---

genéticos, este trabalho mereceu atenção. Por fim, Reeves (1997) faz uma conexão entre PO e algoritmos genéticos (AG), discutindo dificuldades normalmente encontradas e apontando vantagens e desvantagens do AG e de uma forma bastante completa. Assim, todos estes trabalhos foram muito úteis neste desenvolvimento, pois serviram como fontes constantes de referência.

### 3.1. CATEGORIA PESQUISA OPERACIONAL - SCHOOL TIMETABLING PROBLEM

O trabalho de Pillay (2014) oferece uma visão mais abrangente do estado da arte. Segundo a autora, o *timetabling* voltado à educação tem sido dividido em “*university course timetabling*”, “*examination timetabling*” e “*school timetabling*”. Face à variedade de problemas conhecidos publicamente acerca dos dois primeiros, estes tiveram um maior progresso que o terceiro. No seu trabalho, procura padronizar termos relacionados ao tema. Além disso, apresenta um rol de categorias para enquadramento das diferentes restrições. Faz um apanhado acerca dos diferentes métodos que vêm sendo utilizados para a solução do problema: *Bee Algorithms*, *Constraint Programming*, *Constraint Satisfaction Methods*, *Cyclic Transfers*, *Evolutionary Algorithms*, *GRASP*, *Integer Programming*, *Neural Networks*, *Simulated Annealing*, *Tabu Search*, *Threshold Accepting*, *Tiling Algorithms*, *Walk Down Jump Up Algorithm*, além de abordagens híbridas. Comenta que os métodos de maior destaque são os algoritmos evolucionários e *Tabu Search*. Faz menção ao fato de que os algoritmos evolucionários requerem tempos altos para a sua solução. Menciona ainda que no desenrolar da execução muitos passos apresentaram soluções parciais que requereram reparos. Comenta sobre os altos tempos despendidos no processamento e que se deva considerar multiprocessamento ou computação distribuída na tentativa de redução destes tempos e que alguns casos lançaram mão deste recurso. Este trabalho mostrou ainda que existe uma oferta de inúmeros pacotes de *software* no mercado para a criação de *timetables*. Enquanto a academia tem focado sua atenção em desenvolvimentos robustos, a indústria tem apresentado *softwares* que privilegiam a facilidade de uso por professores e administradores escolares. Pondera que, como os conjuntos de dados começam a ser disponibilizados publicamente, isto promoverá uma maior comparação de diferentes metodologias. Reforça que a maior parte dos trabalhos estavam focados

em resolver casos particulares e não na generalização de métodos. Por fim, apresentou direcionamentos futuros sobre pesquisa neste campo, necessidade de colaboração entre academia e indústria, necessidade de novas heurísticas e melhoria nos tempos de execução, em especial lançando-se mão de processamento paralelo. Por fim, conseguiu abordar, com grande clareza e de forma bastante completa, a situação do STP, além de contribuir para uma padronização e apresentação de necessidades futuras.

### 3.2. CATEGORIA ALGORITMOS EVOLUCIONÁRIOS

Em outro trabalho correlato, Borges (2003) tem um enfoque voltado ao *timetabling* com solução através de algoritmos evolucionários. Utiliza o método de Algoritmos Coevolutivos Cooperativos, tratado como uma extensão de AGs. Um problema tratado por este método é dividido em problemas menores, que são denominados como espécies e que interagem entre si para promover um relacionamento cooperativo. Aborda os conceitos e características do *timetabling*, bem como algoritmos genéticos. Apresenta ainda o operador PMX (*Partially Mapped Crossover*) bastante utilizado em problemas envolvendo permutações. Quanto ao método da Coevolução Cooperativa, faz uso de algoritmos genéticos, aplicados em módulos. No caso retratado em seu trabalho, optou por dividir o problema em 8 espécies (já que apresenta 8 períodos - turmas). A evolução cooperativa fica caracterizada quando as turmas cumprem as restrições impostas. Neste ponto do processo cada uma das populações integrarão o problema maior. Apresentou 10 amostras com características distintas e seus resultados comparativos (AG versus Coevolução Cooperativa). Borges (2003, p.76) afirma que

[...] de acordo com os resultados verifica-se que algoritmos genéticos clássicos não são métodos eficientes para a solução de problemas complexos como *timetabling*. A mesma situação não ocorre para algoritmos cooperativos, uma vez que estes suprem as deficiências apresentadas por Algoritmos Genéticos, podendo, portanto, resolver problemas mais complexos e com um maior número de restrições.

Conclui dizendo que

Os resultados obtidos na aplicação de algoritmos Coevolutivos e Algoritmos Genéticos, apresentados no capítulo de experimentos, conclui-se que AG's na abordagem clássica encontram dificuldades no tratamento de problemas de otimização com muitas restrições como timetabling, ao passo que os Algoritmos Coevolutivos, forneceram resultados satisfatórios. (Borges, 2003, p.78).

Neste trabalho Borges (2003) pôde apresentar as dificuldades encontradas na solução de problemas de *timetabling* com o uso exclusivo de algoritmos evolucionários.

No entanto, contrapondo esta posição de Borges (2003), em Raghavjee e Pillay (2013, abstract, tradução própria),

A abordagem AG é testada em um conjunto de referência de school timetabling problems “difíceis”, o problema grego de horários do ensino médio e um problema sul-africano de horários do ensino fundamental e médio. O desempenho da abordagem AG foi comparável a outros métodos aplicados aos mesmos problemas.

### 3.3. CATEGORIA PESQUISA OPERACIONAL E ALGORITMOS GENÉTICOS

Um trabalho que permitiu uma importante conexão entre PO e AG foi o de Reeves (1997) que analisa o crescimento de AGs no campo da PO, realizando uma avaliação de fatores de sucesso e insucesso e acaba servindo como um guia para pesquisadores. Destaca o crescimento dos métodos metaheurísticos para a solução de problemas de otimização, mas o trabalho apresentado acaba dando foco a algoritmos genéticos, embora reconheça que pesquisadores da área tenham preferência por outros tipos de métodos heurísticos, como *Simulated Annealing* (SA) e *Tabu Search* (TS). Conclui dizendo que o propósito do trabalho é o de rever princípios e práticas de AGs. Apresenta os princípios de AG e as principais estratégias que promovem o melhor desempenho do método. Reforça que nem todas as aplicações devem utilizar AGs para a sua solução, pois muitas outras técnicas podem apresentar soluções melhores ou mais rápidas e que o desempenho pode variar de problema para problema. Aborda uma questão muito importante relacionada ao *crossover* - dois pais com soluções viáveis podem não gerar filhos com soluções viáveis, dependendo de como foi definido o cruzamento. Assim, propõe algumas alternativas para lidar com esta situação:

- Aplicação de penalidades onde os problemas de restrições não atendidas são aceitos, mas penalidades são aplicadas;

- 
- Reparar os problemas de não viabilidade antes de incluir o indivíduo na população;
  - Considerar multiobjetivos, onde a não viabilidade é tratada como um objetivo secundário;
  - Utilizar operadores modificados, apropriados para a natureza do problema;
  - Reformulação do problema, onde a abordagem adotada venha a facilitar ou viabilizar a solução do problema.

Apresenta uma lista de casos de sucesso e por fim faz um apanhado dos principais pontos vantajosos no contexto da aplicação de PO:

- Generalidade, que reflete a facilidade de escrever programas para solução de diferentes problemas de otimização;
- Não linearidade, devido ao fato de seu desempenho estar associado a uma função simples, tradicionalmente não matemática;
- Robustez, onde, dadas as parametrizações adequadas, normalmente ter-se-á resultados aceitáveis;
- Facilidade de modificação, onde variações no modelo são facilmente incorporadas ao AG;
- Natureza paralela, que corresponde a permitir que seu processamento ocorra usando técnicas de paralelismo.

Neste trabalho Reeves (1997) conseguiu realizar um apanhado bastante completo, do ponto de vista de como utilizar AGs para a solução de problemas de PO, suas dificuldades e tratamentos possíveis.

## 3.4. TABELA COMPARATIVA

Segue um breve apontamento sobre os trabalhos e seus principais pontos.

Tabela 2 - Comparação entre os trabalhos relacionados.

	<b>PILLAY</b>	<b>BORGES</b>	<b>REEVES</b>
<b>Categoria</b>	<i>school timetabling</i>	<i>timetabling</i>	AG em pesquisa operacional
<b>Enfoque</b>	genérico (Survey)	específico (aplicação)	genérico, discorre sobre pontos positivos e negativos
<b>Algoritmos / métodos citados ou desenvolvidos</b>	<i>Bee Algorithms, Constraint Programming, Constraint Satisfaction methods, Cyclic Transfers, Evolutionary Algorithms, GRASP, Integer Programming, Neural Networks, Simulated Annealing, Tabu Search, Threshold Accepting, Tiling Algorithms, Walk Down Jump Up Algorithm além de abordagens híbridas</i>	Algoritmos Coevolutivos e Algoritmos Genéticos	Algoritmos Genéticos
<b>Contribuições</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. abrangente</li> <li>2. propõe padronização de termos</li> <li>3. propõe classificação de tipos para restrições</li> <li>4. propõe compartilhamento de dados</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. enfoque na utilização direta de AG</li> <li>2. trouxe uma experiência particular sobre desempenho de AGs para a solução de problemas de PO</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. apresenta foco em PO e AGs</li> <li>2. apresenta lista para lidar com soluções inviáveis</li> <li>3. apresenta vantagens e desvantagens de AG para PO</li> <li>4. bem completo e abrangente</li> </ol>
<b>Métricas ou formas de avaliação</b>	STP, enquanto um problema de PO, busca encontrar resultados ótimos (ou o mais próximo possível deste)	Avaliação da factibilidade e qualidade a partir do atendimento a restrições críticas do problema	Resultado da função objetivo associada ao problema de pesquisa operacional (valor ótimo global) bem como a eficiência do processo

Fonte: Elaborado pelo autor.

---

Estes trabalhos nos permitiram entender melhor o tema *timetabling* no contexto escolar, conhecer sua conceituação e com isso entender as restrições, direcionar a terminologia e abordagens. Em específico, o segundo trabalho nos permitiu ter a certeza de que AGs podem ser aplicados ao *school timetabling*, embora os indicativos particulares sejam de que os resultados esperados pudessem não ser tão promissores. Já o terceiro trabalho opera como um elo entre o primeiro e segundo trabalhos, nos permitindo entender o contexto da aplicação de AG no campo da PO, onde se enquadra o *school timetabling problem*.

### 3.5. PONTOS EM ABERTO

Os trabalhos acima representam importantes fontes de consulta para o trabalho aqui apresentado, em especial na preocupação com a padronização de termos, tratamentos de inconsistências (no caso de AGs), expectativa quanto ao desempenho de AGs e outras contribuições. No entanto, nestes e em alguns outros trabalhos, não foram encontradas muitas referências às restrições mais utilizadas, ou como tratar uma restrição particular. Neste trabalho é apresentada uma documentação visual acerca destas restrições e uma explicação um pouco mais detalhada sobre cada uma delas. Outro ponto que este trabalho apresenta é o fato de dar um tratamento ao *school timetabling* não só utilizando Programação Matemática (PM), como também apresentando uma solução alternativa, via AG, para os casos em que a primeira não possa ser utilizada por questões financeiras, pois as principais ferramentas não são livres para uso sistemático. Importante salientar que, embora os dois métodos sejam muito diferentes, toda a parte de modelagem (com sua estrutura de dados referente às inequações / equações) é a mesma. Por fim, o trabalho permitiu a comparação dos resultados para estes dois métodos tão diferentes.

#### 4. CAPÍTULO 3 - DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

Este desenvolvimento está dividido em 3 partes principais:

- **Parte 1:** elaboração de um modelo para solução do problema de PO apresentado;
- **Parte 2:** solução do problema, adotando ferramentas de programação matemática;
- **Parte 3:** solução do problema, adotando uma abordagem por algoritmo genético;

Antes de discorrer sobre cada uma das partes citadas, faz-se necessário tratar de pontos comuns entre as mesmas. O item a seguir trata da apresentação do detalhamento do problema, onde será utilizada uma abordagem técnica.

##### 4.1. DETALHAMENTO TÉCNICO DO PROBLEMA

Da mesma forma como são tratados os problemas em PO, faz-se aqui necessário que se realize um levantamento das variáveis envolvidas, restrições impostas e objetivo delineado para o problema, de forma mais abrangente possível, caracterizando os principais pontos encontrados na pesquisa realizada, para o maior entendimento deste problema. Para isto, buscou-se alguns problemas semelhantes e procurou-se resumir estas características na seção intitulada “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático para a Pesquisa Operacional”, para que seja utilizada neste trabalho, mas para que também possa servir de consulta a outros trabalhos futuros. Embora se tenha procurado dar uma certa amplitude às restrições e sirva como uma forma de compartilhar conhecimento, deve ficar claro que este não é um trabalho exaustivo, até porque cada problema apresenta suas especificidades, não sendo possível uma documentação completa. No entanto, quem acessá-la poderá entender mais facilmente como se dá a construção do modelo. Reforço aqui que esta documentação é comum a todas as partes do trabalho e se em uma outra oportunidade vier a ser incluído mais um método para resolução do mesmo problema, este conhecimento far-se-á necessário.

O levantamento de requisitos com o cliente mostrou que o escopo da aplicação é um subconjunto da referida seção. Neste trabalho estão sendo

consideradas algumas variáveis, algumas restrições *hard*, bem como a função objetivo, que serão apresentadas ao final da seção “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático Para a Pesquisa Operacional”.

A linguagem computacional adotada foi Python. Neste trabalho, embora as Partes 2 e 3 sejam totalmente diferentes no seu processo de solução do mesmo problema, a Parte 1, relativa ao modelo, vale para ambas. Isto significa que uma vez constituída uma restrição na Parte 1, ela irá servir tanto para a Parte 2 quanto para a Parte 3. Além disso, procurou-se utilizar uma estrutura de dados que fosse comum às partes.

#### 4.2. DADOS DE ENTRADA

Neste trabalho estamos considerando os termos:

- turma (referente a *class* - conforme em “Conceitos e Terminologia do STP”);
- disciplina (referente a *subject*);
- professor (referente a *resource*);
- *slot* (referente a *period*).

Enquanto tinha-se apenas uma única instância, a entrada de dados se deu pela leitura de arquivo padrão Planilha OpenDocument (.ods) fornecido pelo cliente. Utilizou-se a biblioteca Pandas para a leitura e criação de um *dataframe*. Este arquivo é originário do cliente e apresenta a formatação do cliente. Esta instância apresenta os seguintes elementos:

- 1 escola;
- 41 turmas;
- 40 professores;
- 80 disciplinas;
- 952 aulas semanais.

O elemento “aulas semanais” refere-se ao total de aulas ministradas em toda a escola, durante uma semana.

Na Figura 1 são apresentadas todas as colunas do *dataset*. As colunas utilizadas neste trabalho são as colunas 1, 3, 4, 5, 7, 8, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24 e

25. Estas colunas representam as informações que são carregadas nos objetos t, d, p, s, sendo t uma turma, d uma disciplina, p um professor e s um *slot*.

Figura 1 - Apresentação das colunas do *dataset* para instância inicial.

```
Data columns (total 27 columns):
```

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	Ano	301 non-null	int64
1	Cod. Esc.	301 non-null	int64
2	Nome Esc	301 non-null	object
3	Matriz curricular	301 non-null	int64
4	Etapa (séries)	301 non-null	int64
5	Número da turma	301 non-null	int64
6	Tipo de turma (prov. não usaremos)	301 non-null	int64
7	Cod. Turno	301 non-null	int64
8	Turno	301 non-null	object
9	Data de início do prof. na turma	301 non-null	object
10	Data de fim do prof. na turma	301 non-null	object
11	Data de início da turma	301 non-null	object
12	Data de fim da turma	301 non-null	object
13	Início das aulas	301 non-null	object
14	Fim das aulas	301 non-null	object
15	?	301 non-null	object
16	?..1	301 non-null	object
17	Código da disc.	301 non-null	object
18	Nome da disc.	301 non-null	object
19	Identificador do prof.	301 non-null	int64
20	CPF	301 non-null	object
21	Nome	301 non-null	object
22	Qtd de aulas na semana	301 non-null	int64
23	Unnamed: 23	301 non-null	int64
24	Código da área de ensino	301 non-null	int64
25	Área de ensino	301 non-null	object
26	Carga horária	0 non-null	float64

Fonte: Saída do programa principal.

Na Figura 2 é apresentado um registro de dados específico. Note que alguns dados foram propositalmente omitidos devido à LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais).

Figura 2 - Apresentação da linha número 666 (registro 665) do *dataset* com as 129 instâncias<sup>2</sup>.

Col 0: Ano	2023
Col 1: Cod. Esc.	19
Col 2: Nome Esc	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 3: Matriz curricular	1181
Col 4: Etapa (séries)	6
Col 5: Número da turma	612
Col 6: Tipo de turma (prov. não usaremos)	<b>sem informação</b>
Col 7: Cod. Turno	2
Col 8: Turno	VESPERTINO
Col 9: Data de início do prof. na turma	00:00.0
Col 10: Data de fim do prof. na turma	00:00.0
Col 11: Data de início da turma	00:00.0
Col 12: Data de fim da turma	00:00.0
Col 13: Início das aulas	13:30
Col 14: Fim das aulas	17:35
Col 15: ?	D
Col 16: ?	DISTRIBUÍDA
Col 17: Código da disc.	307
Col 18: Nome da disc.	EDUCAÇÃO FÍSICA
Col 19: Identificador do prof.	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 20: CPF	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 21: Nome	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 22: Qtd de aulas na semana	3
Col 23: <b>sem informação</b>	3
Col 24: Código da área de ensino	2
Col 25: Área de ensino	ENS.FUND.ANOS FINAIS
Col 26: Carga horária	<b>sem informação</b>

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da leitura do *dataset*.

Em um segundo momento o cliente forneceu-nos um arquivo único com 129 instâncias. Este arquivo foi disponibilizado como uma planilha no formato CSV e contém todas as colunas da instância inicial, à exceção de uma, que inserimos artificialmente no *dataset* importado pelo programa com a finalidade de compatibilizar o tratamento computacional que já era dado após a leitura do primeiro arquivo. Esta coluna não apresenta dados de interesse, servindo apenas para compatibilizar a contagem de colunas anteriormente estabelecida no programa.

<sup>2</sup> As informações apresentadas em vermelho não fazem parte da linha 666 e foram colocadas pelo autor.

#### 4.3. PREPARAÇÃO DOS DADOS DE ENTRADA

O *dataset* apresentou algumas inconsistências que precisaram ser acertadas:

- Existência de uma disciplina, que na verdade era um lembrete sobre um segundo professor (este fato foi esclarecido posteriormente - tratava-se de um segundo professor, alocado para estudantes especiais, por exemplo). Estes casos foram eliminados do *dataset*;
- Excesso de créditos em diversas turmas. Havia uma disciplina que era comum a algumas turmas e cuja presença acabava excedendo o limite de créditos esperado, e que por este motivo foi eliminada;
- Existência de disciplinas excludentes, mas que da forma como foram disponibilizadas, acabam somando créditos duplicados. Para os casos em que existe a disciplina de inglês, basta verificar o código das disciplinas de idiomas correspondentes e tratar como excludentes. De qualquer forma será necessário criarmos, junto ao cliente, algum mecanismo que sinalize este caso;
- Coluna “Qtd de aulas na semana” com valores faltantes. Para resolver este caso bastaria copiar uma outra coluna que apresenta esta mesma informação, mas optou-se por não fazê-lo para resolver o problema na sua origem, ou seja, junto ao cliente.

Depois de tratados os pontos acima, a maioria das instâncias de entrada ficaram consistentes. Oito delas demandam uma nova reunião com o cliente para esclarecimentos finais.

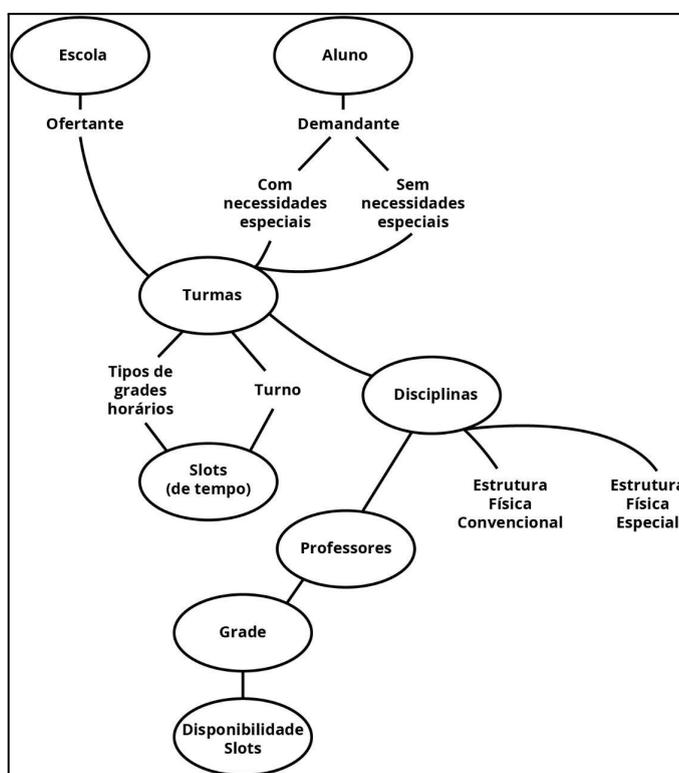
#### 4.4. PARTE 1 - DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO PARA A PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional conceitua variáveis, restrições e função objetivo (Wilhelm, [20--]) como elementos básicos a serem considerados para a solução de problemas.

A construção desta seção se deu de forma gradativa durante o período de estágio junto ao Grupo de Inteligência Artificial e Algoritmos da UFSC, nas reuniões com o orientador deste trabalho e de forma autônoma, buscando soluções para situações que não haviam sido até então equacionadas - como por exemplo, o fato de poder se ter mais de um professor disputando a mesma disciplina. A principal fonte de informações é um material de Franco produzido em 2021<sup>3</sup>.

A Figura 3 tem o propósito de situar cada um dos componentes de uma unidade de ensino, para fins de caracterização dos relacionamentos e sua utilização no modelo proposto.

Figura 3 - Modelo conceitual dos componentes de uma unidade de ensino.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste mapa conceitual pode-se identificar a escola como ofertante de turmas de aulas (exemplo: escolas com turmas apenas de ensino fundamental, turmas de ensino fundamental e ensino médio). Os alunos são os demandantes desta oferta (exemplo: alunos do ensino fundamental). Importante destacar que alguns alunos podem necessitar recursos especiais, como por exemplo, uma sala de

<sup>3</sup> Documento particular de Franco, não publicado, e disponibilizado para execução deste trabalho. FRANCO, Álvaro Junio Pereira. **Enturmação**. Florianópolis: UFSC, 2021. 10 p.

---

aula com porta mais larga e no térreo (para cadeirantes), sala de aula mais próxima de banheiros etc. Não caracteriza necessariamente uma restrição para o problema, mas serve de alerta para alguns trabalhos em que possa ser uma restrição de ordem física.

Caracterizando turma, esta possui alguns atributos, como tipo de grade horária que cada turma deve respeitar (exemplo hipotético: turmas de 5a série fundamental começam as aulas às 08:00 com duração de 50 minutos, total de 4 aulas por período e intervalo de 20 minutos às 09:40). Os alunos do ensino médio podem ter uma grade totalmente diferente, começando às 07:30. Da forma que está apresentada, esta é uma importante restrição a se considerar se um mesmo professor estiver habilitado a ministrar aulas para o ensino fundamental e para o ensino médio - certamente haverá interseções entre diferentes *slots* de horários. Outro atributo de turma pode ser o turno (pode ser matutino, vespertino, noturno ou integral). Os apêndices A e B apresentam uma grade completa.

Disciplina é caracterizada como cada uma das matérias ministradas aos alunos, e integrantes do currículo de cada série. Aqui também pode-se encontrar algumas restrições, como o caso da mesma disciplina (exemplo: química experimental) ministrada para duas turmas diferentes e que disputam o mesmo laboratório (pois este pode ser um recurso único na escola). Certamente um laboratório não poderá estar alocado para diferentes turmas no mesmo *slot* (de tempo).

Professor pode ser um por disciplina, mas também podem existir dois ou mais por disciplina que disputem a preferência de ministrá-la. Esta situação abre espaço para ter-se melhores resultados finais, criando mais alternativas ao gestor educacional. Pode-se ainda, ter um professor alocado por disciplina e um professor reserva que realize o planejamento das suas atividades enquanto o primeiro ministra aulas.

Por fim, *slots* (de tempo) onde, para cada turma, serão alocados professores e suas disciplinas.

#### 4.4.1. Variáveis

A variável  $x_{tdps}$  representa uma combinação de 4 índices (t, d, p, s) referente a ter aula na turma t, para a disciplina d, sendo ministrada pelo professor p para um dado *slot* de tempo s.

$$x_{tdps} = \begin{cases} 1, & \text{se para a turma t, a disciplina d é ministrada pelo professor p no slot de horário s} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A variável  $y_{pj}$  representa a ocorrência de **janela de aula** (j) para o professor p. Para fins deste trabalho, uma janela é definida como um *slot* de aula em que o professor não ministre aula, situado entre dois outros *slots* em que este mesmo professor ministre aulas, quaisquer que sejam. A Figura 10, mostrada mais adiante nesta seção, ilustra esta condição. Na apresentação das restrições será detalhado o conceito de janela para este trabalho.

$$y_{pj} = \begin{cases} 1, & \text{se ocorre janela j para professor p} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A variável  $z_{tdp}$  foi inicialmente criada para os casos em que mais de um professor dispute o ensino de determinada disciplina. Se uma determinada turma, para uma determinada disciplina, está sujeita à disputa entre dois ou mais professores, esta é a variável a ser considerada. Na apresentação específica da restrição associada a esta disputa, serão apresentados os detalhes. Por outro lado, esta mesma variável pode ser usada também para os casos onde se pretende ter mais de um professor para a mesma disciplina. A restrição é que definirá a aplicação de interesse.

$$z_{tdp} = \begin{cases} 1, & \text{se a disciplina d, da turma t é ministrada pelo professor p} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

#### 4.4.2. Restrições

Em seguida a notação utilizada neste trabalho é apresentada.

T: conjunto de todas as turmas de uma escola;

D: conjunto de todas as disciplinas ministradas em uma escola;

P: conjunto de todos os professores que ministram aulas em uma escola;

S: conjunto de todos os slots de horários existentes em uma escola;

$D_i$ : subconjunto de D formado pelas disciplinas de uma turma específica;

$P_d$ : subconjunto de P formado pelos professores habilitados para ministrarem determinada disciplina;

$S_t$ : subconjunto de S formado pelos *slots* disponíveis para determinada turma. Normalmente está relacionado com o turno (matutino, vespertino ou noturno);

$S_p$ : subconjunto de S formado pelos *slots* em que o professor está disponível para ministrar aulas;

$G_d$ : subconjunto de D formado por grupos de disciplinas de mesma natureza. Exemplo: disciplinas da “Área Linguagens” - este grupo é formado por Língua Portuguesa, Arte, Educação Física e Língua Inglesa;

$S_i$ : subconjunto de S formado pelos *slots* de horários da segunda-feira, se  $i=2$ , da terça-feira se  $i=3$ , da quarta-feira se  $i=4$ , da quinta-feira se  $i=5$  ou da sexta-feira, se  $i=6$ ;

$S_{c_i}$ : subconjunto de S formado por um par de *slots* de dias consecutivos. Assim,  $S_{c_2}$  representa todas as combinações de *slots* formadas por um *slot* da segunda-feira e outro *slot* da terça-feira. Uma aplicação típica está em se evitar que uma dada disciplina seja ministrada em dias consecutivos. Temos  $S_{c_i}$  sendo formado por  $S_{c_2}$ ,  $S_{c_3}$ ,  $S_{c_4}$  e  $S_{c_5}$ ;

$S_g(s)$ : aplicado para os casos de grades horárias diferentes na mesma instituição de ensino, onde existem *slots* com interseções parciais entre as mesmas, ou seja, *slots* onde os horários de início e/ou fim não são os mesmos, mas parte de seus horários coincidem.  $S_g(s)$  é constituído por todos os *slots* que possuem

interseção parcial do período horário com o *slot*  $s$ . Podemos utilizar a Restrição 8 para generalizar a Restrição 2. Neste caso, devemos acrescentar o próprio *slot*  $s$  ao  $S_g(s)$ ;

$C_p$ : total de aulas que um professor pode ministrar por semana;

$C_d$ : total de aulas semanais que devem ser ministradas para determinada disciplina;

$t$ : elemento pertencente ao conjunto  $T$  - relativo a turma;

$d$ : elemento pertencente ao conjunto  $D$  - relativo a disciplina ou a um subconjunto desta;

$p$ : elemento pertencente ao conjunto  $P$  - relativo a professor ou a um subconjunto deste;

$s$ : elemento pertencente ao conjunto  $S$  - relativo a *slot* ou a um subconjunto deste.

Neste trabalho está sendo apresentado, para cada restrição, um diagrama mostrando os conjuntos envolvidos.

Como já mencionado anteriormente, o trabalho trata dois tipos de restrições, *hard* e *soft*, assim caracterizados:

- Restrições *Hard*: característica das restrições que têm que ser atendidas (Pillay, 2014);
- Restrições *Soft*: característica das restrições que devem ser atendidas ao menos em parte (Pillay, 2014). São consideradas se todas as restrições *hard* forem satisfeitas.

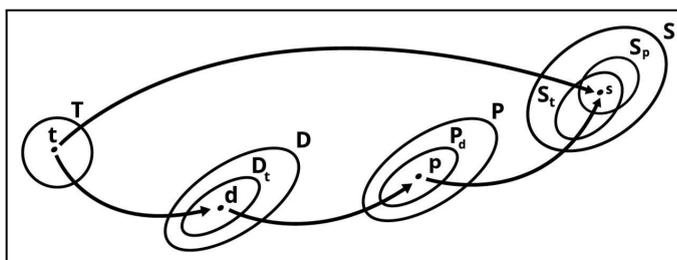
Na sequência são apresentadas as restrições e a sua categorização.

### **Restrição 1 (*Hard*):**

Para uma dada turma não pode haver coincidência de disciplinas, diferentes ou não, sendo ministradas em um mesmo *slot* de horário.

$$\sum_{\forall d \in D_t} \sum_{\forall p \in P_d : s \in S_p} x_{tdps} \leq 1, \forall t \in T \text{ e } \forall s \in S_t \tag{5}$$

Figura 4 - Representação da relação entre componentes para restrição 1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Restrição 2 (Hard):**

Cada professor leciona somente uma disciplina em um determinado slot - isto significa dizer que um professor não consegue lecionar duas ou mais disciplinas ao mesmo tempo.

$$\sum_{\forall t \in T : s \in S_t} \sum_{\forall d \in D_t : p \in P_d} x_{tdps} \leq 1, \forall p \in P \text{ e } \forall s \in S_p \tag{6}$$

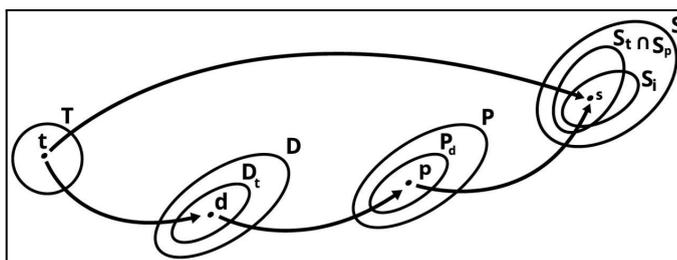
Vide Figura 4 para relacionar os componentes presentes na restrição 2.

**Restrição 3 (Hard):**

Cada disciplina de cada turma é ministrada somente uma vez por dia da semana.

$$\sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_i \cap S_p \cap S_t} x_{tdps} \leq 1, \forall i = 2, \dots, 6 \text{ e } \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \tag{7}$$

Figura 5 - Representação da relação entre componentes para restrição 3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Restrição 4 (Hard):**

Para cada grupo de disciplinas poderá haver até 2 aulas sendo ministradas no mesmo dia.

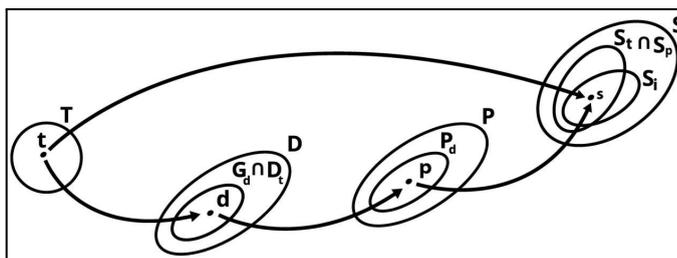
Tabela 3 - Grupos de disciplinas.

Grupo	Disciplinas
Área: Linguagens	Língua Portuguesa
	Arte
	Educação Física
	Língua Inglesa
Área: Matemática	Matemática
Área: Ciências da Natureza	Ciências da Natureza
	Geografia
Área: Ciências Humanas	História
	Ensino Religioso

Fonte: Wodtke (2022).

$$\sum_{\forall d \in G_d} \sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_i \cap S_t \cap S_p} x_{tdps} \leq 2, \forall i = 2, \dots, 6 \text{ e } \forall t \in T \text{ e } \forall G_d \subset D_t \tag{8}$$

Figura 6 - Representação da relação entre componentes para restrição 4.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### Restrição 5 (*Hard*):

Cada professor possui um número de aulas que ele precisa ministrar por semana.

$$\sum_{\forall t \in T} \sum_{\forall d \in D_t} \sum_{\forall s \in S_p : p \in P_d} x_{tdps} = C_p, \forall p \in P \quad (9)$$

Vide Figura 6 com a relação entre componentes para a restrição 5.

### Restrição 6 (*Hard*):

O número de créditos de cada disciplina tem que ser cumprido.

$$\sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_t \cap S_p} x_{tdps} = C_d, \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \quad (10)$$

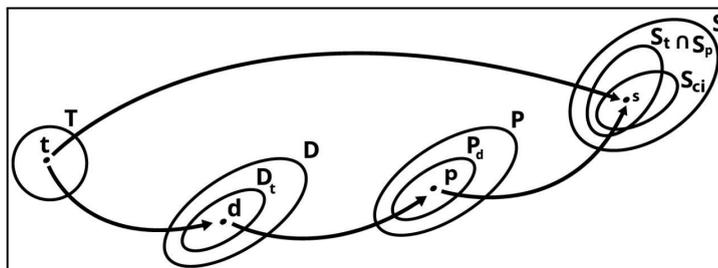
Vide Figura 4 com a relação entre componentes para a restrição 6.

### Restrição 7 (*Hard*):

Cada disciplina de cada turma é ministrada somente em dias alternados. Existe uma semelhança com a restrição 3.

$$\sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_t \cap S_p \cap S_{ci}} x_{tdps} \leq 1, \forall i = 2, \dots, 5 \text{ e } \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \tag{11}$$

Figura 7 - Representação da relação entre componentes para restrição 7.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Restrição 8 (Hard)**

Professores podem ministrar aulas para turmas com grades diferentes (exemplo: turmas de primeiro grau podem ter grades horárias (slots) diferentes de turmas de segundo grau). Para estes casos será necessário mapear todos os slots que apresentam interseção.

Figura 8 - Diferentes grades escolares na mesma unidade escolar.

07:30 - 08:20	S <sub>1</sub>	08:00 - 08:50	S <sub>51</sub>
08:20 - 09:10		08:50 - 09:40	
09:10 - 10:00	S <sub>2</sub>	09:40 - 10:30	S <sub>52</sub>
10:00 - 10:50	S <sub>3</sub>		S <sub>53</sub>
	S <sub>4</sub>		

Fonte: Elaborado pelo autor.

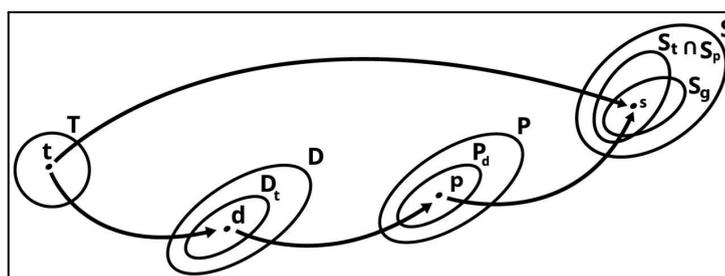
A Figura 8 apresenta um exemplo de grades distintas, caracterizando pontos de interseção que merecem atenção para esta restrição. Para este exemplo, o

professor que ministra disciplina com base na grade 1 / slot 1 não poderá ministrar qualquer outra disciplina da grade 2 / slot 51. Já um professor que ministra disciplina com base na grade 1 / slot 2 não poderá ministrar qualquer outra disciplina da grade 2 / slots 51 e slots 52. Ou ainda, um professor que ministra disciplina com base na grade 2 / slot 51 não poderá ministrar qualquer outra disciplina da grade 1 / slots 1 e 2, e assim por diante.

**Observação:** Para este trabalho será utilizada a expressão “grade dupla” quando um professor atender a grades distintas, como no exemplo acima. Grades distintas apresentam slots com diferentes horários de início e/ou fim, levando a situações onde ministrar aula em um slot de uma grade, normalmente significa não poder ministrar em dois slots da outra grade, face ao fato de as interseções não serem plenas entre estas. Todos os casos de interseção parcial entre as grades distintas são de interesse para esta restrição. Outra observação importante é que esta restrição 8 pode ser entendida como uma generalização da restrição 2, onde a interseção que era parcial passa a também ser total entre mesmos slots (para turmas diferentes).

$$\sum_{\forall s' \in S_g(s) \text{ e } s' \in S_p} \sum_{\forall t \in T} \sum_{\forall d \in D_t : p \in P_d} x_{tdps} \leq 1, \forall p \in P \text{ e } \forall s \in S_p \tag{12}$$

Figura 9 - Representação da relação entre componentes para restrição 8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Restrição 9 (Hard):**

Para aqueles casos em que uma determinada disciplina, de uma determinada turma, possuir a opção de mais de um professor habilitado e disponível para a mesma, faz-se necessário levar em conta esta condição.

Assim, a variável  $z_{tdp}$  será utilizada para a determinação de qual professor será o escolhido para ministrar a disciplina de determinada turma. Esta restrição é uma extensão da restrição 6.

$$\sum_{\forall s \in S_t \cap S_p} x_{tdps} = C_d z_{tdp}, \quad \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \text{ e } \forall p \in P_d \quad (13)$$

$$\sum_{\forall p \in P : p \in P_d} z_{tdp} = 1, \quad \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D \quad (14)$$

Observe que a segunda equação desta restrição é que irá definir o tipo de aplicação. Ela define uma disputa entre professores em relação à mesma disciplina (termo igualado a 1). Se este termo fosse igualado a dois, por exemplo, significaria que teríamos dois professores para a mesma disciplina, caracterizando uma outra aplicação.

Vide Figura 4 com a relação entre componentes para a restrição 9.

### **Restrição 10 (*Hard*, considerado um valor máximo de janelas a serem obrigatoriamente atendidas)**

Esta restrição está relacionada à formação de janelas de aulas para cada professor.

Como mencionado anteriormente, uma janela, para fins deste trabalho, fica caracterizada da seguinte forma - dada uma sequência de três *slots* de horários, para a mesma grade, considera-se uma janela quando tem-se um *slot* vago (professor não ministra qualquer disciplina), cercado por dois outros ocupados, para toda sequência possível. A Figura 10 ilustra uma janela.

Figura 10 - Caracterização de uma janela (para dado professor).

<b>S. (ocupado)</b>	<b>S (vago)</b>	<b>S+ (ocupado)</b>
---------------------	-----------------	---------------------

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na Figura 10, a tabela a seguir apresenta as sequências possíveis para as janelas, onde *bit* 0 significa que professor não ministra aula e *bit* 1 significa que ele ministra aula durante o tempo previsto para o *slot*.

Tabela 4 - Caracterização de janela com codificação binária.

<b>S-</b>	<b>S</b>	<b>S+</b>	<b>janela</b>	<b>Resultado</b>
0	0	0	NÃO	0
0	0	1	NÃO	2
0	1	0	NÃO	-2
0	1	1	NÃO	0
1	0	0	NÃO	2
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>SIM</b>	<b>4</b>
1	1	0	NÃO	0
1	1	1	NÃO	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da Tabela 4, aplicou-se os pesos +2, -2 e +2 sobre os bits S-, S e S+ (estes pesos foram obtidos por tentativas) resultando nos valores apresentados na última coluna. O que se buscava era uma condição em que este valor, para a janela, fosse superior ao valor encontrado para as demais combinações. A linha referente à janela está destacada em negrito.

A partir deste resultado, aplicamos o **método Big M**, resultando em:

$$\begin{aligned}
 +2S_- - 2S + 2S_+ &\geq 3 - M(1 - y_{pj}) \quad e \\
 +2S_- - 2S + 2S_+ &\leq 3 + M(y_{pj})
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

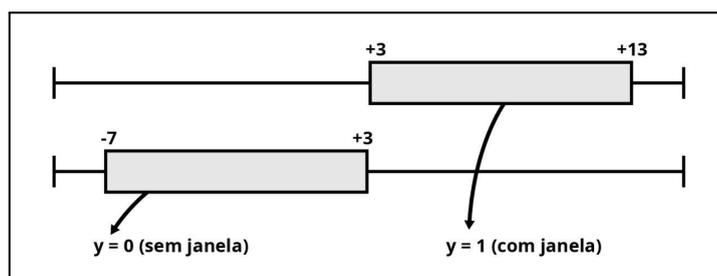
Substituindo S pela variável  $x_{tdps}$ , tem-se:

$$\begin{aligned}
 +2x_{tdps-} - 2x_{tdps} + 2x_{tdps+} &\geq 3 - M(1 - y_{pj}) \quad e \\
 +2x_{tdps-} - 2x_{tdps} + 2x_{tdps+} &\leq 3 + M(y_{pj})
 \end{aligned}
 \tag{16}$$

onde  $y_{pj}$  representa a existência ou não existência de janela para determinado professor. Este par de inequações garante que, se existir janela para determinado professor ( $y_{pj}=1$ ), o resultado da soma da esquerda será 4 e somente  $y_{pj}=1$  atenderá às duas inequações. Adotou-se  $M=10$ .

Em uma representação gráfica:

Figura 11 - Caracterização de janela e seu range após aplicar o método Big M.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Da observação da Figura 11 podemos notar que os segmentos da reta são disjuntos, exceto para o valor extremo de +3. Como entre os valores de interesse não existe +3 (vide Tabela 4), este único valor de interseção não é relevante. No caso de não existência de janela, o resultado da operação aritmética estará contido no primeiro segmento, enquanto que na condição de sua existência, o segmento será o segundo.

Outras definições de janelas poderiam ser consideradas e substituírem a presente definição ou somar-se a esta existente. É importante lembrar que esta definição foi realizada pelo cliente.

Além das restrições aqui apresentadas, outras restrições poderiam ser consideradas, como ter-se mais de um professor em sala de aula, dois determinados professores não poderem ministrar aulas no mesmo horário (um serviria de *backup* para o outro) etc, mas acredito que tenham sido elencadas as restrições mais usuais e com maior impacto para diversas aplicações.

#### 4.4.3. Função objetivo

A função objetivo que será aplicada é relativa ao menor número de janelas totais. Assim,

$$\text{minimize } \sum_p \sum_j y_{pj} \quad (17)$$

Neste trabalho estão sendo consideradas as variáveis  $x_{tdps}$  e  $y_{pj}$ , bem como as restrições *Hard* 1, 2, 3, 5, 7 e 10 para incorporação ao problema. A função objetivo leva em conta o menor número de janelas totais.

#### 4.5. ESTRUTURA DE DADOS

A estrutura de dados utilizada manipula elementos formados por quatro objetos das classes de interesse (turmas, disciplinas, professores e slots). Toda combinação de interesse irá gerar uma tupla (t, d, p, s) correspondendo aos índices das variáveis  $x$ .

O conjunto de equações e inequações que definem as restrições e função objetivo são as mesmas para as Partes 2 e 3, e desta forma, as estruturas de dados que manipulam as variáveis  $x$  são muito semelhantes entre si; no entanto, na Parte 2 (PM) a estrutura é passada diretamente à ferramenta matemática e na Parte 3 (AGs) ela é armazenada para utilização ao longo do processo.

Para a instância 1 dos dados de entrada, foram geradas 6.750 variáveis  $x$ . Deste total, após o processamento, 952 foram setadas ( $x_{tdps} = 1$ ), correspondendo à indicação de aula a ser ministrada ao longo de uma semana. Além desta, foram criadas 1.020 variáveis  $y$ , referentes a janelas. Outra informação de relevância refere-se às restrições - foram levantadas 4.385 equações/inequações.

A Tabela 5 resume estas informações.

Tabela 5 - Resumo das variáveis e equações/inequações para a instância 1 (inicial).

Dados da PO	instância : 1
variável x - total	6.750
variável x - resultado: $x_{tdps} = 1$	952
variável x - resultado: $x_{tdps} = 0$	5.798
variável y - total	1.020
equações/inequações - total	4.385

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.6. PARTE 2 - SOLUÇÃO UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

Para que se possa utilizar uma solução matemática é preciso entender que a ferramenta a ser adotada passa pela definição de elementos matemáticos. A escolha da técnica é a programação linear inteira. As variáveis das equações e inequações que formulamos são todas de grau um, ou seja, não existe qualquer tipo de não linearidade. Segundo, o valor atribuído às variáveis são valores exclusivamente inteiros e mais do que isto, binários.

Assim, define-se uma variável  $x$  de interesse que caracteriza uma determinada tupla  $(t, d, p, s)$  onde  $t$  corresponde à turma,  $d$  à disciplina,  $p$  ao professor e  $s$  ao *slot* de horário. Se esta variável estiver setada ela indicará existência da tupla e caso contrário, sua não existência. Como apresentado na seção anterior, para a primeira instância avaliada (uma escola com 952 aulas semanais) o total de variáveis  $x$  geradas foi de 6.750 unidades. Isto dá uma ideia da dimensão do problema.

Depois de definidas as variáveis foram definidas as restrições, todas como equações e/ou inequações lineares. Esta etapa do processo está baseada nos resultados obtidos com o levantamento de requisitos junto ao cliente e foi quando identificou-se as restrições do problema. Como dito anteriormente, estas restrições devem ser consideradas para qualquer tipo de técnica utilizada para a solução do problema.

Por último, foi tratada a função objetivo e, da mesma forma, esta deve ser considerada para todas as técnicas adotadas. Neste trabalho a função objetivo

corresponde à soma de todas as janelas de todos os professores. Busca-se minimizar esta função.

Neste trabalho está sendo utilizado Programação Linear Inteira e a ferramenta matemática utilizada foi o **Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win 64)**, que apresenta uma versão acadêmica. Ela possui uma interface (Gurobipy) para passagem das informações necessárias à solução do problema, bem como para extração dos resultados.

A programação matemática é caracterizada pela busca de uma solução ótima, ou seja, a solução encontrada caracteriza um ótimo para o problema apresentado.

No dia 20/04/2023 foi realizada uma demonstração *online* para o cliente com o objetivo de lhe apresentar o andamento do trabalho. Nesta apresentação, foi possível exportar resultados completos atinentes à Parte 2. Aproveitou-se a oportunidade para solicitar-se novas instâncias para que se pudesse avaliar a generalização do trabalho. Atualmente as novas instâncias (129 ao todo) estão disponíveis, o que permitiu ampliar o entendimento do problema.

#### 4.7. PARTE 3 - SOLUÇÃO UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

O fato de também incluir-se uma alternativa de solução frente à alternativa da programação matemática está no fato de que poderão existir situações em que não se tenha uma ferramenta robusta de solução matemática disponível, como aquela apresentada na Parte 2, que não é livre. Assim, buscou-se uma alternativa a partir de algoritmos genéticos.

Os Algoritmos Genéticos podem não garantir um valor ótimo, mas buscam apresentar alguma solução factível e possivelmente de bom resultado.

O algoritmo genético aqui proposto trabalha os mesmos elementos de entrada da solução anterior, ou seja, exatamente as mesmas equações e/ou inequações utilizadas naquele método são utilizadas aqui, apenas adaptando-se a estrutura de dados para ter-se uma melhor utilização computacional.

Do ponto de vista da estratégia utilizada para a solução do problema, a alocação final de todas as turmas passa pela alocação de cada uma delas, e para cada uma delas será utilizado este algoritmo genético. Isto significa dizer que se existirem 20 turmas, será necessário executar o algoritmo genético 20 vezes e cada

uma destas execuções terá que garantir todas as restrições impostas pelo problema. A título de exemplo, a alocação de um professor de matemática em um *slot* específico da grade só poderá ocorrer se este mesmo professor não estiver ministrando aulas neste mesmo horário, em outra turma anteriormente avaliada. Isto implica em ter-se uma memória sobre o que já foi solucionado anteriormente.

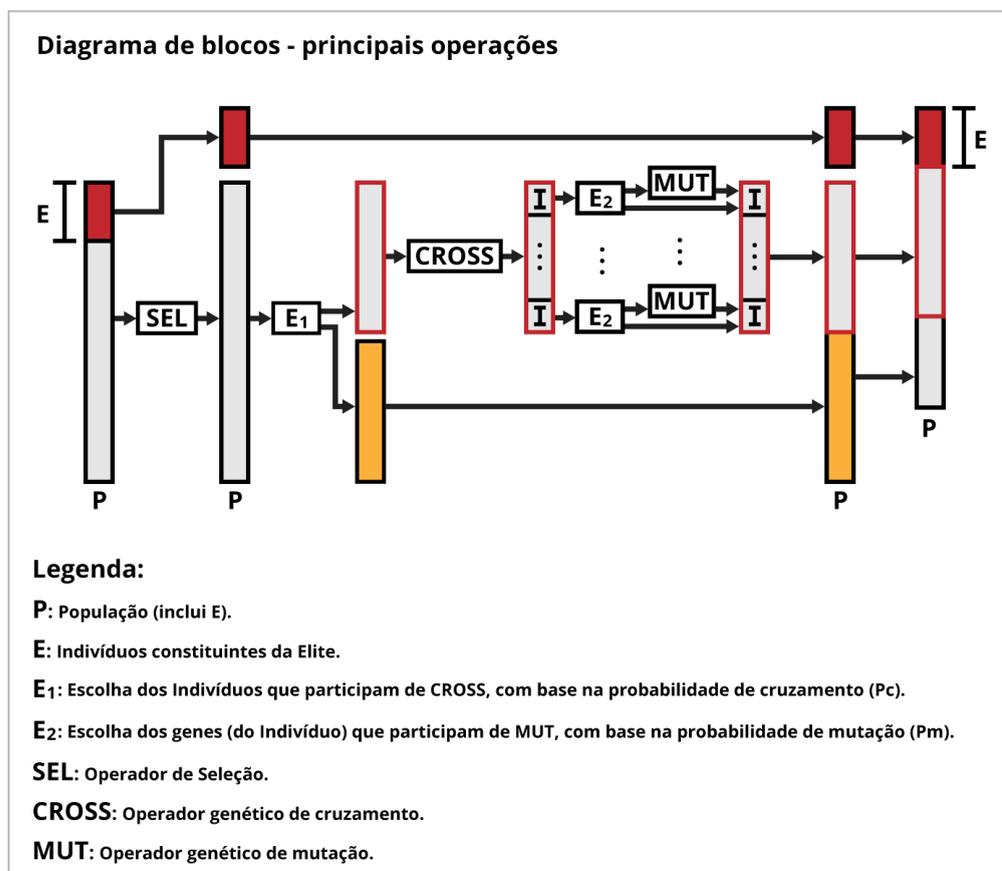
Quanto ao algoritmo genético são utilizados os elementos já consagrados, como:

- operadores de *crossover* e mutação - lembrando que se está tratando de permutação;
- probabilidade associada aos operadores genéticos. Os operadores genéticos podem ser habilitados a operar ou não. Esta habilitação é função da aplicação de um fator probabilístico, baseado em uma distribuição de Bernoulli;
- operador de seleção - foi utilizada a técnica da roleta;
- população - formada por indivíduos, onde cada indivíduo representa uma solução potencial, ou seja, já apresenta todas as disciplinas e seus respectivos professores, mas ainda busca pela melhor permutação que lhe garanta atendimento a todas as restrições impostas pelo problema. Considerando-se  $t$  fixo, para cada tupla  $(d, p)$  a permutação (em  $s$ ) estabelecerá uma tupla  $(d, p, s)$  que define o indivíduo, onde  $t$  representa a turma,  $d$  a disciplina,  $p$  o professor e  $s$  o *slot*;
- *fitness* - este ponto merece destaque, pois é o elemento mais particular da solução. A função *fitness* está associada ao atendimento das restrições impostas pelo problema (de pesquisa operacional). Assim, para que uma solução potencial passe a ser considerada uma solução final é preciso que esta solução tenha resolvido todas as restrições, o que significa *fitness* máximo;
- elitismo - está sendo considerado no trabalho. Os indivíduos com maior desempenho perduram pelas gerações até serem substituídos por indivíduos ainda mais aptos.

O diagrama de blocos da Figura 12 possibilita uma visão geral dos elementos utilizados neste trabalho. O primeiro bloco à esquerda representa a população atual, seja ela a população inicial ou a população referente a uma nova

geração. Os indivíduos que apresentam os melhores fitness são agrupados, passando a constituir o grupo da elite da população. Todos os  $N$  indivíduos da população passam pelo Operador de Seleção (técnica da roleta) e passarão a constituir os  $N$  indivíduos selecionados. A etapa  $E_1$  irá escolher (com base em uma distribuição Bernoulli de probabilidade  $p_c$ ) quais indivíduos irão participar da etapa CROSS. Nesta etapa os indivíduos serão submetidos ao Operador Genético de Cruzamento, onde a cada 2 pais serão gerados 2 filhos. Já estes filhos serão submetidos à etapa  $E_2$  (representada distribuídamente na Figura 12) que irá escolher quais genes (com base em uma distribuição Bernoulli de probabilidade  $p_m$ ) serão submetidos ao Operador Genético de Mutação (MUT). Por fim, estes filhos serão agrupados aos indivíduos não selecionados pela etapa  $E_1$  e este grupo é anexado ao grupo de elite e o grupo como um todo irá perder os seus últimos indivíduos, constituindo a nova população (da nova geração).

Figura 12 - Diagrama de blocos com principais elementos e operadores genéticos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

---

É importante lembrar que existe uma série de situações particularidades neste trabalho:

- o problema possui diversas restrições que precisam ser atendidas integralmente;
- o problema também apresenta uma outra característica inerente, que é a permutação de elementos. Isto significa que, do ponto de vista do algoritmo genético, não se está apenas procurando bits estáticos a serem setados ou ressetados, mas elementos que serão permutados entre si para alcançarem uma resposta adequada. Importante destacar que para cada turma podem existir, por exemplo, 25 elementos (formados por turma / disciplina / professor) que podem ser permutados. Considerando que todos os elementos são diferentes entre si, pode-se chegar a  $25!$  possibilidades;
- o operador de *crossover* segue o modelo apresentado em Luger (2004), com suas características de permutação;
- o *fitness* da solução foi escolhido como a soma de todas as restrições atendidas. Conhece-se previamente o valor máximo de *fitness* e uma vez que o mesmo seja alcançado considera-se concluída a execução do AG. Esta é uma importante amarração entre AG e PO;
- as restrições estão, muitas vezes, fortemente amarradas entre si. Uma situação de atendimento a uma restrição pode indicar o não atendimento a outra. A título de exemplo, vamos supor que uma disciplina seja ministrada com 3 aulas por semana e que exista uma restrição que determine que estas aulas sejam dadas somente uma vez por dia. A aplicação alocou aulas na segunda-feira, terça-feira e quarta-feira, atendendo a esta restrição. No entanto, existe uma segunda restrição que determina que o professor desta disciplina só possa ministrar qualquer aula uma vez por *slot*. Este professor não apresenta disponibilidade de aulas para a quarta-feira, pois já está alocado para outras turmas. Neste caso, existe uma impossibilidade entre a alocação para a primeira e para a segunda restrições - uma restrição é atendida e a outra não. Faz-se necessário que as duas restrições sejam atendidas simultaneamente, aumentando a complexidade da solução. O método deve encontrar

soluções que atendam a ambas. A título de comparação, no conhecido caso do caixeiro viajante o problema não apresenta esta forte amarração;

- nesta solução foi avaliada a geração de possíveis soluções candidatas idênticas no resultado da operação de *crossover* e caso ocorram, são eliminadas e a operação é repetida.

Estes elementos por si só já acrescentam alguns desafios à sua solução e devem ser tratados à risca.

Os resultados, uma vez alcançados, são apresentados no mesmo formato da parte 2, pois fazem uso dos mesmos mecanismos de saída.

#### 4.8. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS VISUAIS

Os resultados são apresentados diretamente na tela e também em arquivo de saída, no padrão .TXT. A apresentação visual se dá a partir da utilização da biblioteca *PrettyBoard*.

Como resultado são apresentadas todas as grades para cada um dos professores, bem como as grades para cada uma das turmas. Especificamente para a instância 1, tivemos 81 grades. O Apêndice A apresenta as grades dos professores e o Apêndice B apresenta as grades das turmas.

#### 4.9. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

Esta seção irá apresentar todos os experimentos realizados ao longo do trabalho, bem como os seus resultados e equipamentos utilizados.

##### 4.9.1. Visão geral

Neste tópico são apresentados os objetivos, a metodologia utilizada, a apresentação do *dataset* e as métricas a serem consideradas na avaliação dos resultados.

#### 4.9.1.1. Objetivos

São basicamente dois os objetivos para o resultado do trabalho:

- A técnica utilizada deve prover um tempo de resposta que não comprometa o trabalho do gestor educacional. Como o que se está fornecendo como resultado são agendas, muitas vezes semestrais ou mesmo anuais, pode-se aguardar até mesmo um dia, sem maiores impactos;
- O segundo resultado, e o mais importante, é o número de janelas, o que representa o quanto um resultado é bom. A expectativa é a de um valor o mais baixo possível (valor ótimo ou próximo deste). Este resultado corresponde ao valor final da função objetivo.

#### 4.9.1.2. Metodologia

O trabalho foi executado seguindo os passos abaixo:

- **Parte 1:**
  - Estudo sobre pesquisa operacional;
  - Estudo sobre *school timetabling problem*;
  - Proposta de modelo (variáveis, restrições e função objetivo);
  - Documentação do modelo.
- **Parte 2:**
  - Estudo da ferramenta de base para a programação matemática **Gurobi** (com interface Python);
  - Estudo da ferramenta **Pandas** - para importação de arquivos;
  - Estudo da ferramenta **Prettyboard** - para apresentação do resultado na forma de agenda;
  - Implementação de programa em linguagem Python para interagir com o Gurobi;
  - Validação do modelo;
  - Testes.

- **Parte 3:**

- Estudo de solução para aproveitamento das mesmas inequações utilizadas na Parte 2;
- Estudo detalhado de algoritmos genéticos;
- Implementação de programa em linguagem Python para executar o algoritmo genético;
- Utilização da mesma ferramenta de apresentação da Parte 2;
- Testes.

Recursos utilizados:

- **Licenças:**

- Aquisição da ferramenta Gurobi - necessita de licença, já que não é uma ferramenta livre. Foi utilizada uma licença acadêmica para este fim. Demais ferramentas são todas livres.

- **Disponibilização das informações para replicabilidade do ambiente de desenvolvimento e testes:**

- O ambiente computacional necessário para a reprodução deste trabalho está disponível na plataforma **github**, no endereço [https://github.com/EdmilsonDomingues/TCC\\_Edmilson-Domingues](https://github.com/EdmilsonDomingues/TCC_Edmilson-Domingues).  
Dentre os arquivos do ambiente acima está incluso o arquivo que contém os dados do cliente (instância 1) com o nome “arquivo\_ProjetoUFSC\_v1.ods” e um outro arquivo denominado “arquivoProjetoUFSC\_regionalFlorianopolis\_modificado.csv” com as 129 instâncias do mesmo cliente. No entanto, estes dois arquivos (planilhas) que foram cedidos pelos cliente para a realização deste trabalho não irão compor a pasta do projeto final, já que os mesmos contêm dados sensíveis. Assim, qualquer pessoa que queira ter acesso aos mesmos deverá entrar em contato com o orientador deste trabalho, solicitando sua liberação;
- O programa PYTHON apresenta todo o desenvolvimento utilizado neste trabalho, sob nome “Timetabling.py”;

- O arquivo de saída gerado apresenta todas as grades horárias no formato texto - seu nome é “grade completa da escola.txt” e um exemplo foi incorporado aos Apêndices A e B;
  - A IDE utilizada foi a PyCharm;
  - A licença do GUROBI requer uma instalação padrão e foi obtida no site <https://www.gurobi.com/academia/academic-program-and-licenses/>;
  - A ferramenta GUROBI foi utilizada na sua versão padrão, ou seja, não foram realizadas alterações em quaisquer das suas parametrizações;
  - O método desenvolvido para o tratamento do AG não faz uso de *threads*.
- **Equipamento computacional Inspiron 15-3567:**
    - Processador: Intel(R) Core(TM) i5-7200 CPU @2.50GHz 2.70 GHz
    - RAM instalada: 8,00 GB
    - Tipo de sistema: Sistema operacional de 64 bits, processador baseado em x64

#### 4.9.1.3. Dataset

Por se tratar de um caso real, estão sendo utilizados dados de entrada originários do cliente. Na saída do processamento, a parte visual está sendo apresentada utilizando-se apenas as letras iniciais dos nomes dos professores, objetivando proteger suas identidades, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

Os dados da instância 1 estão disponíveis em arquivo no formato .ODS, no ambiente computacional, conforme item anterior. Já o *dataset* com todas as 129 novas instâncias está disponível em arquivo formato CSV.

#### 4.9.1.4. Métricas

As métricas adotadas para avaliação dos resultados são as seguintes:

- tempo de resposta para execução do método: medida de tempo e esta informação é fornecida pelo relatório do método aplicado;

- número de janelas: medido em unidades e esta informação é fornecida pelo relatório do método aplicado.

## 4.9.2. Avaliação dos resultados

### 4.9.2.1. Avaliação dos Resultados para instância inicial

Do ponto de vista da modelagem, foi apresentada uma proposta genérica para equacionamento de várias restrições (seção “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático para a Pesquisa Operacional” ). Certamente algumas restrições não serão encontradas nessa seção, mas a análise cuidadosa do material, da forma como foi proposta, pode ajudar a esclarecer o equacionamento matemático de novas restrições, seja neste ou em outros trabalhos.

Do ponto de vista da apresentação visual dos resultados, este já faz uso de uma ferramenta de apresentação. Além disso, estamos apresentando os resultados não somente em tela, mas direcionando-o para um arquivo, podendo já ser utilizado pelo cliente em suas operações. Os apêndices A e B apresentam os resultados visuais tanto para a grade dos professores quanto para a grade das turmas.

Exemplo de saída do processamento da ferramenta Gurobi a partir da inserção da primeira instância real, já descrita anteriormente.

Figura 13 - Resultado computacional da ferramenta Gurobi.

```
Academic license - for non-commercial use only - expires 2024-04-08
Using license file C:\Users\Edmilson1\gurobi.lic
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 6425 rows, 7770 columns and 60090 nonzeros
Model fingerprint: 0x030b9dde
Variable types: 0 continuous, 7770 integer (7770 binary)
Coefficient statistics:
  Matrix range      [1e+00, 1e+01]
  Objective range   [1e+00, 1e+00]
  Bounds range      [1e+00, 1e+00]
  RHS range         [1e+00, 4e+01]
Presolve removed 790 rows and 75 columns
Presolve time: 4.16s
Presolved: 5635 rows, 7695 columns, 51850 nonzeros
Variable types: 0 continuous, 7695 integer (7695 binary)
```

Root simplex log...

Iteration	Objective	Primal Inf.	Dual Inf.	Time
5917	3.4219591e-04	3.274842e+01	0.000000e+00	5s
6414	0.0000000e+00	0.000000e+00	0.000000e+00	5s

Root relaxation: objective 0.000000e+00, 6414 iterations, 0.95 seconds

Nodes		Current Node			Objective Bounds			Work	
Expl	Unexpl	Obj	Depth	IntInf	Incumbent	BestBd	Gap	It/Node	Time
	0	0	0.00000	0	105	-	0.00000	-	6s
H	0	0			27.0000000	0.00000	100%	-	6s
H	0	0			25.0000000	0.00000	100%	-	6s
	0	0	0.00000	0	132	25.00000	0.00000	100%	6s
H	0	0			21.0000000	0.00000	100%	-	6s
H	0	0			14.0000000	0.00000	100%	-	6s
	0	0	0.00000	0	75	14.00000	0.00000	100%	7s
	0	0	0.00000	0	68	14.00000	0.00000	100%	7s
H	0	0			11.0000000	0.00000	100%	-	7s
	0	0	0.00000	0	64	11.00000	0.00000	100%	8s
	0	0	0.00000	0	101	11.00000	0.00000	100%	8s
	0	0	0.00000	0	93	11.00000	0.00000	100%	8s
	0	0	0.00000	0	64	11.00000	0.00000	100%	9s
	3	2	cutoff	2		11.00000	0.00000	100%	21479 14s
	52	51	2.00000	16	24	11.00000	0.00000	100%	1271 15s
	354	403	0.00000	42	43	11.00000	0.00000	100%	364 20s
H	505	483			10.0000000	6.00000	40.0%	348	26s
	505	1	6.00000	0	16	10.00000	6.00000	40.0%	0.0 30s

Cutting planes:

Gomory: 9  
MIR: 58  
Zero half: 59  
RLT: 21

Explored 505 nodes (297912 simplex iterations) in 31.09 seconds  
Thread count was 4 (of 4 available processors)

Solution count 6: 10 11 14 ... 27

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)

Best objective 1.000000000000e+01, best bound 1.000000000000e+01, gap 0.0000%

Fonte: Relatório do programa Gurobi.

Quanto aos tempos de resposta, para o exemplo acima, a Parte 2 apresentou tempos excepcionais (31,09 segundos) e encontrou uma solução ótima (10 janelas).

As Figuras 14 e 15 apresentam algumas saídas em tempo real referentes à execução da Parte 3 (algoritmos genéticos).

Na Figura 14 foi alocada a Turma 11 - estão representados apenas 6 indivíduos (e seus respectivos resultados de *fitness*) de um total de 50 indivíduos. Foram necessárias apenas 4 gerações para atender a todas as restrições impostas pelo problema de PO. Observa-se ainda que o número de janelas acumuladas é alto - 38 janelas.

Figura 14 - Alocação da Turma 11.

```
Turma: 11
Tamanho entrada: 25
max_fit: 150
1 Turma: 11 individuo_fitness: [142, 144, 141, 142, 144, 136,
2 Turma: 11 individuo_fitness: [147, 147, 145, 145, 145, 145,
3 Turma: 11 individuo_fitness: [147, 147, 147, 145, 145, 145,
4 Turma: 11 individuo_fitness: [147, 147, 147, 146, 145, 145,
Encontrei solução através de manipulação genética.
Vezes: ----- 4
Janelas até aqui: 38
```

Fonte: Relatório do algoritmo genético.

A Figura 15 apresenta o resultado para a Turma 17, onde foram necessárias 201 gerações para encontrar uma solução para esta turma específica.

Figura 15 - Alocação da Turma 17.

```
192 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
193 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
194 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
195 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
196 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
197 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
198 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
199 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
200 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
201 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
Encontrei solução através de manipulação genética.
Vezes: ----- 201
Janelas até aqui: 60
```

Fonte: Relatório do algoritmo genético.

A Figura 16 mostra o final da alocação da última turma (Turma 40). O relatório logo abaixo desta turma mostra que foram necessários 60,99 minutos ao longo de 1.142 gerações para a execução do método. O número de janelas alcançadas para o total de turmas foi de 133 unidades.

Figura 16 - Alocação da Turma 40 e resultado final.

```
10 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
11 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
12 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
13 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
14 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 148, 148,
15 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 148,
16 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 148,
17 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 147,
18 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 149,
Encontrei solução através de manipulação genética.
Veze: ----- 18
Janelas até aqui: 133
Total de X: 952
Total de Y: 10
Total de xx: 952
1142 iterações.
60.9922638018926 minutos.
```

Fonte: Relatório do algoritmo genético.

Na avaliação da Parte 3, quando não se tinha em mãos novas instâncias, a conclusão foi de que requeriria melhorias tanto no desempenho do método, mas especialmente no seu resultado do número de janelas. Até aquele momento estavam sendo enfrentados problemas de tempo de resposta adequado, e que seriam avaliados oportunamente. Como o conjunto de equações/inequações é muito grande, a avaliação de cada indivíduo torna-se morosa e quando fala-se na avaliação de toda uma população, se está multiplicando estes tempos pelo número de indivíduos. Em alguns processamentos iniciais realizados, o resultado final acabou levando um tempo aproximado de 90 minutos. Outro ponto que merece destaque é que alguns processamentos não alcançaram um resultado final, ou seja, continuaram sendo executados sem convergir para uma solução viável. Além disso, todas as vezes que o algoritmo genético rodou nunca alcançou um resultado ótimo

(sabe-se da Parte 2 que, para esta instância, o valor ótimo é de 10 janelas). A título de exemplo, o melhor resultado alcançado pelo algoritmo genético foi de 70 janelas.

Resumo dos resultados para a instância 1:

Tabela 6 - Resumo dos resultados da Parte 2 e Parte 3 para instância 1.

MÉTODO	TEMPO DE RESPOSTA	NÚMERO DE JANELAS	VARIÁVEIS COM RESULTADOS FINAIS X = 1
Parte 2 - solução matemática	31,09 segundos	10 janelas (valor determinístico)	952 (número de créditos ministrados na escola)
Parte 3 - solução por algoritmo genético	foram encontrados tempos de até 90 minutos	melhor resultado: 70 janelas	952 (mesmo acima - não poderia ser diferente)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como ponto positivo pode-se ver que o resultado de quantidade de variáveis setadas é o mesmo, mostrando consistência nos dois métodos, pois ambos alcançaram 952 créditos e este é o total de aulas semanais ministradas no colégio. Quanto ao fato de o algoritmo genético apresentar um tempo alto de resposta, ele por si só não é um problema, pois a busca realmente leva tempos altos e a resposta encontrada é razoável frente ao fato de o *timetabling* não ser uma tarefa de realização cotidiana na escola.

#### 4.9.2.2. Avaliação dos Resultados para 129 novas instâncias

O trabalho até este ponto vinha sendo realizado sobre uma única instância. Com o recebimento das novas instâncias (129 ao todo - inclusive uma delas substituiu a anterior) conseguiu-se ampliar o trabalho, o que nos permitiu:

- Validar / adaptar o método desenvolvido para a única instância;
- Avaliar os novos dados de entrada, identificando novas situações de problemas;

- Comparar os tempos de resposta e número de janelas para as soluções da Parte 2;
- Comparar os tempos de resposta e número de janelas para as soluções da Parte 3;
- Criar uma nova modalidade de tratamento para a função objetivo.

#### 4.9.2.2.1. Avaliação dos resultados para as 129 novas instâncias - referente Parte 2

Resultado da interação com o cliente, este nos enviou 129 instâncias, o que corresponde a 129 unidades de ensino.

Passou-se a realizar uma avaliação minuciosa da consistência dos resultados. Observou-se que haviam muitos resultados inconsistentes, o que ficou evidente pelos processamentos na ferramenta Gurobi (muitas das vezes o algoritmo apresentou como resultado “*Model is infeasible*” - Figura 17).

Figura 17 - Uma instância com apresentação de resultado “*infeasible*”.

```

Nodes      |      Current Node      |      Objective Bounds      |      Work
Expl Unexpl |  Obj  Depth IntInf | Incumbent    BestBd   Gap   | It/Node Time
-----
    0     0 infeasible    0           - infeasible -     -    0s

Explored 0 nodes (1886 simplex iterations) in 0.80 seconds
Thread count was 4 (of 4 available processors)

Solution count 0

Model is infeasible
Best objective -, best bound -, gap -

```

Fonte: Relatório do programa Gurobi.

As principais inconsistências foram identificadas e resolvidas:

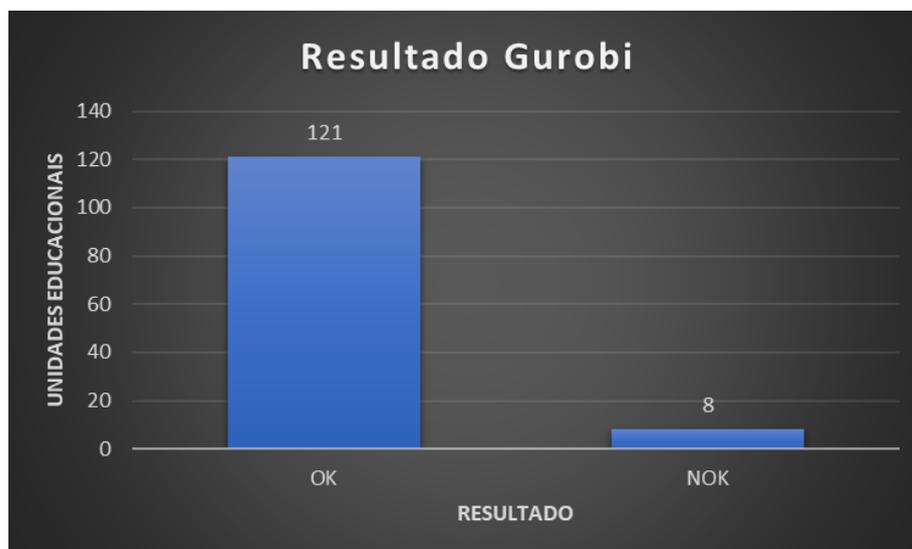
- Nomes de disciplinas inconsistentes (exemplo: “professor bilíngue” como nome de disciplina);
- Disciplinas excludentes - ou o aluno estuda uma ou a outra (exemplo: “Língua estrangeira - inglês” ou “Língua estrangeira - espanhol”);
- Turmas de mesma série podem apresentar o mesmo número (a distinção é realizada pela etapa);

- Em alguns casos o número de créditos semanais da turma ultrapassa o limite mesmo selecionando o menor número de créditos (pode ser um caso particular do caso de disciplinas excludentes).

Ao final dos ajustes, ainda sem consulta formal ao cliente, das 129 instâncias, 8 continuaram com inconsistências.

Por fim realizou-se uma nova rodada com as 129 instâncias e os resultados são apresentados na Figura 18, onde o resultado foi alcançado para 121 instâncias e que não foram alcançados para as outras 8 instâncias. Este resultado acontece devido a inconsistências nos dados de entrada.

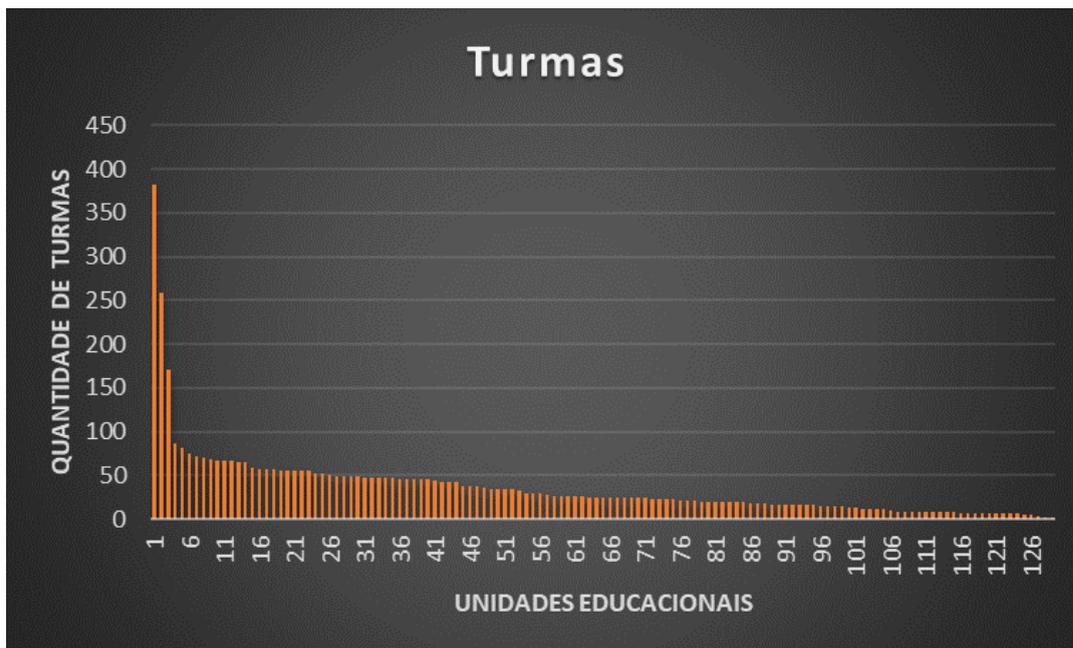
Figura 18 - Resultado final (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

A Figura 19 busca apresentar uma visão geral do perfil da quantidade de turmas existentes em cada unidade educacional.

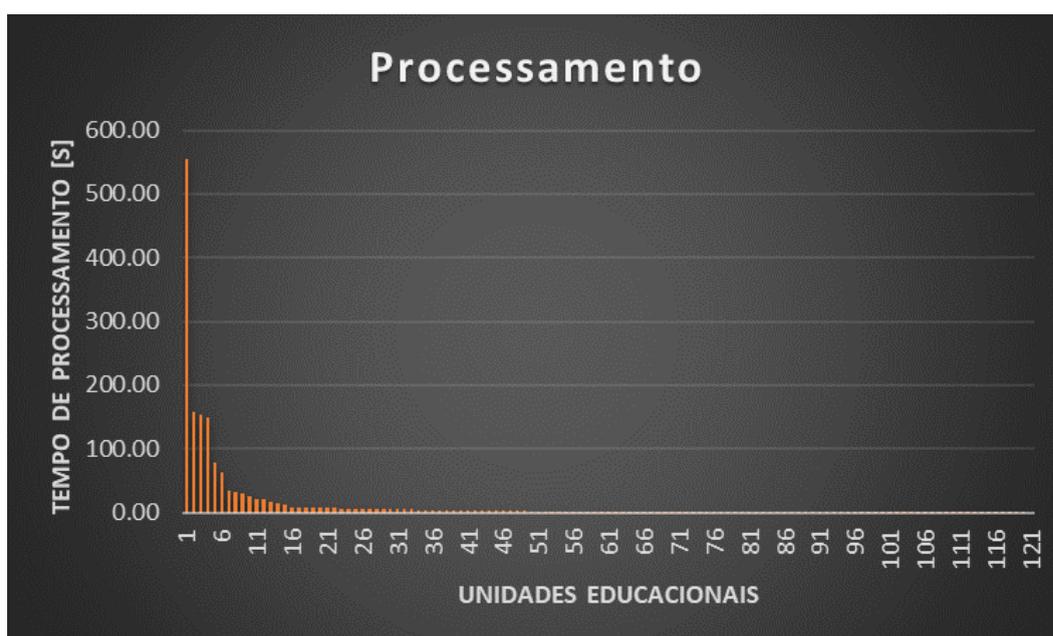
Figura 19 - Quantidade de turmas por unidade educacional - visão geral.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

O tempo de processamento é apresentado na Figura 20, onde o seu maior valor não passou de 10 minutos. Observa-se ainda que o tempo imediatamente abaixo deste primeiro não passa de 3 minutos. O tempo médio calculado para todas as 121 instâncias foi de 13,07 segundos.

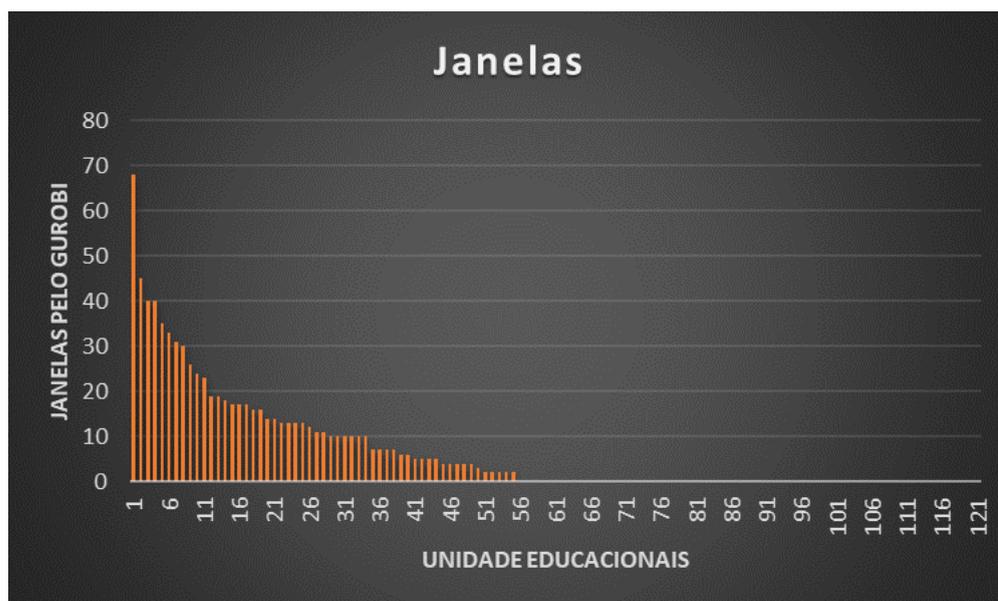
Figura 20 - Tempo de processamento (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Outro resultado importante é o número de janelas alcançado no processamento, pois busca-se um resultado ótimo. Para todos os 121 processamentos realizados o valor ótimo foi alcançado. Este resultado é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Janelas encontradas (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Em seguida, são apresentados os resultados considerando as soluções encontradas pelo algoritmo genético desenvolvido.

#### **4.9.2.2.2. Avaliação e melhoria do tempo de resposta do Algoritmo Genético**

A implementação mais eficiente alcançada considera dois dicionários como estruturas de dados de controle para referenciar o modelo matemático para o problema tratado. O primeiro dicionário recebe o índice da variável  $x$  e retorna uma lista de ponteiros que são utilizados diretamente sobre a estrutura de dados (uma lista) composta por inequações onde esta variável está presente. A segunda estrutura de dicionário é composta pelo valor referente ao segundo membro de cada inequação do modelo matemático, termo  $b_i$  - vide inequação (2)).

O resultado obtido relativo ao tempo de resposta, quando comparado com outra implementação que usava listas como estrutura de dados, foi relativamente pequeno. Desta forma, passou-se a identificar pontos onde fossem caracterizadas perdas de tempo significativas. Para isso, foram medidos consumos de tempo em várias partes do método. Esta análise permitiu verificar a ocorrência de altos consumos de tempos, em diversos pontos, porém de forma não determinística, o que levou a suspeitar de algum processo externo assíncrono, já que a maioria destes pontos analisados normalmente apresentava valores de tempos muito baixos. Para comprovar que tratava-se de um “processo externo”, realizou-se um pequeno trecho de código em *loop*, conforme Figura 22.

Figura 22 - Apresentação de código para testes do evento externo.

```
for m in range(1000000000):
    check1000 = time.time()
    pass
    pass
    check1001 = time.time()
    if (check1001 - check1000) > 0.01:
        print('check1001 - check1000: ', check1001 - check1000, " ", time.time(), "m: ", m)
```

Fonte: Rotina de teste inserida no algoritmo genético.

Tendo-se anteriormente identificado que este processo tomava cerca de 15,6 ms, apostou-se que o trecho acima seria suficiente para garantir alguma ocorrência do evento. Na Figura 23 fica bem caracterizado o valor aproximado de 15,6 ms e sua ocorrência sistemática. A coluna logo após a medida da duração do evento caracteriza outra medida, a do intervalo entre eventos.

Figura 23 - Medidas de tempo do evento externo (duração e intervalo).

check1001 - check1000:	0.015623331069946289	1689698618.7519774	m:	26573495
check1001 - check1000:	0.01562356948852539	1689698618.8613503	m:	26879354
check1001 - check1000:	0.015625476837158203	1689698618.8769758	m:	26934532
check1001 - check1000:	0.015578508377075195	1689698619.1269755	m:	27540753
check1001 - check1000:	0.015661239624023438	1689698619.1426368	m:	27590983
check1001 - check1000:	0.015630006790161133	1689698619.1739008	m:	27701311
check1001 - check1000:	0.015624523162841797	1689698619.220724	m:	27817435
check1001 - check1000:	0.015625715255737305	1689698619.2988513	m:	28056634
check1001 - check1000:	0.01566171646118164	1689698619.3457634	m:	28191848
check1001 - check1000:	0.015622615814208984	1689698619.376977	m:	28289144
check1001 - check1000:	0.015629291534423828	1689698619.3926063	m:	28316454
check1001 - check1000:	0.015623092651367188	1689698619.4082294	m:	28364955
check1001 - check1000:	0.015570878982543945	1689698619.4707274	m:	28509851
check1001 - check1000:	0.015622854232788086	1689698619.5175993	m:	28671103
check1001 - check1000:	0.015624761581420898	1689698619.548849	m:	28781304
check1001 - check1000:	0.015628337860107422	1689698619.5801024	m:	28876057
check1001 - check1000:	0.015624523162841797	1689698619.6113515	m:	28977015
check1001 - check1000:	0.015606403350830078	1689698619.6894755	m:	29146042

Fonte: Relatório (temporário) do algoritmo genético.

Para finalizar a avaliação, foi coletada uma amostra de 1.179 ocorrências consecutivas, utilizando-se o pequeno código anterior, registrando-se sua duração e o tempo entre eventos. A Tabela 7 apresenta o tempo em milissegundos (ms) decorrente do evento externo (penúltima coluna) e o intervalo de tempo entre estes eventos (última coluna), também em ms, para as últimas 18 ocorrências. Somadas estas duas variáveis para as 1.179 ocorrências e divididas uma pela outra, chega-se ao resultado aproximado de que este evento externo toma 29,4% do tempo disponível.

Tabela 7 - Dados de duração e intervalo dos eventos e cálculo da sua participação.

Duração evento [s]	Intervalo entre eventos [s]	Duração [ms]	Intervalo [ms]
0,0156223774	1.689.631.777,2969700	15,6223774	31,2500000
0,0156216621	1.689.631.777,3282200	15,6216621	31,2500000
0,0156724453	1.689.631.777,4063900	15,6724453	78,1700611
0,0156581402	1.689.631.777,4532600	15,6581402	46,8699932
0,0155961514	1.689.631.777,4688500	15,5961514	15,5899525
0,0155961514	1.689.631.777,5626400	15,5961514	93,7900543
0,0155873299	1.689.631.777,6563400	15,5873299	93,6999321
0,0156600475	1.689.631.777,6876300	15,6600475	31,2900543
0,0156228542	1.689.631.777,7344700	15,6228542	46,8399525
0,0156254768	1.689.631.777,7657200	15,6254768	31,2500000
0,0156242847	1.689.631.777,8282200	15,6242847	62,5000000
0,0156242847	1.689.631.777,8750900	15,6242847	48,8699932
0,0156257153	1.689.631.777,8907200	15,6257153	15,6300068
0,0156259537	1.689.631.777,9376000	15,6259537	46,8800068
0,0156214237	1.689.631.778,0001400	15,6214237	62,5400543
0,0156595707	1.689.631.778,0470100	15,6595707	46,8699932
0,0156233311	1.689.631.778,1094700	15,6233311	62,4599457
0,0156161785	1.689.631.778,1563900	15,6161785	46,9200611
		18.422,5232601	62.656,2900543
			<b>29,4025121</b>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em experimentos.

Por fim, foram realizadas outras medidas para verificar se haviam concentrações de gastos de tempo, mas nada de relevante foi identificado além do fato acima relatado.

Para concluir esta seção, podemos sugerir a implementação deste algoritmo genético em linguagens de programação de alto desempenho e a execução em máquina dedicada à aplicação.

#### **4.9.2.2.3. Avaliação e melhoria do tratamento da Função Objetivo para o AG**

O primeiro ponto a ser destacado é de que a nossa função objetivo está definida como o atendimento à menor quantidade de janelas da solução final. Assim, no AG estamos considerando um limite máximo de janelas como sendo uma restrição *hard* a ser atendida e buscamos o menor valor possível para o número de janelas como sendo o objetivo a ser alcançado. Na evolução do trabalho definimos duas modalidades de tratamento para alcançarmos o menor valor possível:

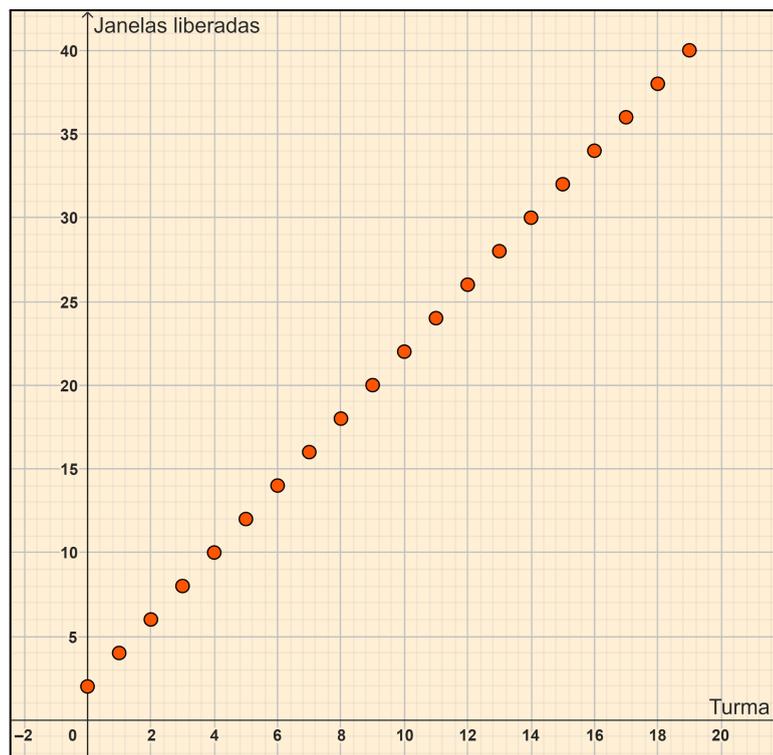
- **Modalidade 1:** estipula um valor fixo para o limite de janelas a partir de uma função linear;
- **Modalidade 2:** estipula um valor dinâmico para o limite de janelas.

##### *4.9.2.2.3.1. Modalidade 1*

Nesta modalidade é estipulado um valor limite a partir de uma função linear, como aquela da Figura 24. O valor limite desta função não pode ser ultrapassado para que a restrição *hard* seja atendida. O que se busca é manter o valor da função objetivo abaixo deste valor - quanto menor for este valor, tanto melhor será o resultado da solução. A cada nova turma que é disparada, um novo valor limite é estipulado. Mantendo o limite em valores menores, teremos um melhor resultado da solução. O que se verificou na prática e que poderá ser visto no comparativo das modalidades, é que provavelmente existe um valor de convergência, conforme o limite estipulado.

Analisando a Figura 24, são liberadas 2 janelas a cada nova turma. Assim, como temos 20 turmas (0 a 19) chegaremos a 40 janelas máximas no final.

Figura 24 - Modalidade 1 para instância hipotética.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Esta modalidade garantiu que as soluções obtidas apresentassem um limite de janelas, mas nunca foi obtido um resultado ótimo nos experimentos.

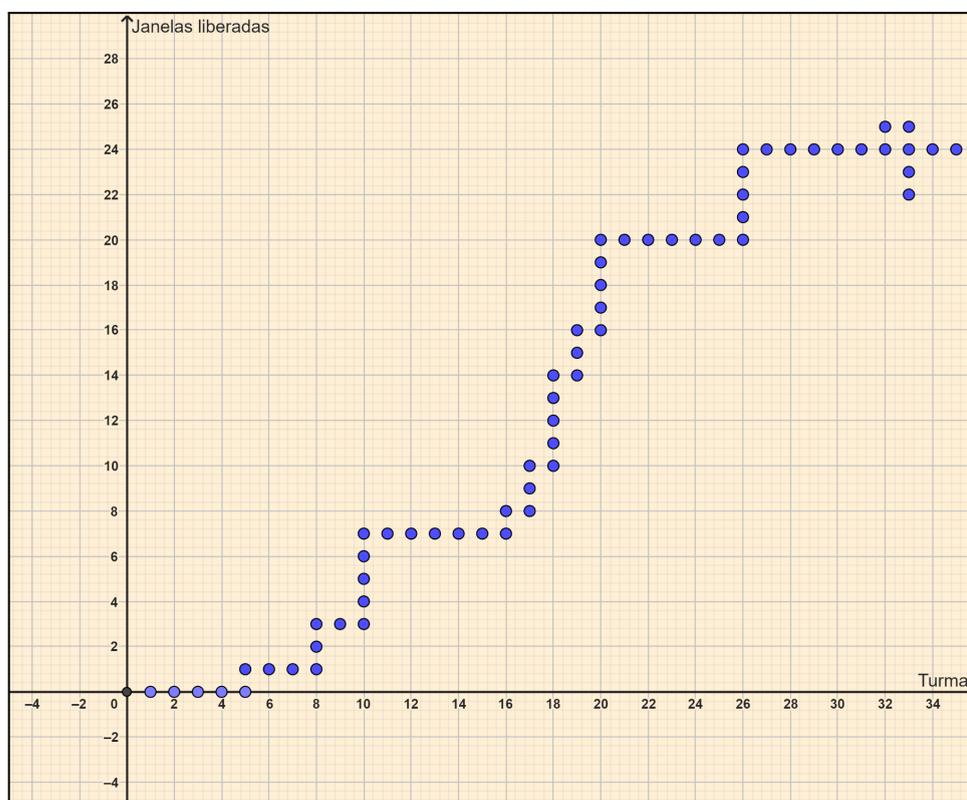
#### 4.9.2.2.3.2. Modalidade 2

Na busca por uma alternativa que nos aproximasse do valor ótimo (menor número de janelas) foi adotada uma segunda estratégia - iniciar com ZERO janelas e ir liberando uma nova janela somente depois que o método tiver passado por G gerações. Se neste ínterim houver uma mudança no resultado parcial (valor do *fitness*) ou no número de janelas alcançadas, a contagem de gerações (G) é reiniciada. Esta solução é dinâmica e trouxe resultados muito melhores do que a primeira estratégia.

Analisando a Figura 25, temos 36 turmas (0 a 35). As turmas de 0 a 4 alcançaram soluções factíveis (e ótimas) com ZERO janelas. Quando da sexta turma (Turma 5) a contagem de G gerações foi alcançada e com isto o limite de janelas foi incrementado de uma unidade. Pode-se observar este comportamento em diversas regiões do gráfico. Este é o ganho desta modalidade. Para verificar se melhores

resultados são alcançados, podemos aumentar o valor de  $G$ . Na trigésima quarta turma (Turma 33) ocorreu um fenômeno ligeiramente diferente. Esta turma começou com 25 janelas liberadas, resultado da turma anterior. Quando do seu processamento, surgiu uma solução candidata com 22 janelas, mas que ainda não havia atendido a todas as restrições. Assim, novas soluções candidatas tiveram resultados melhores (melhor *fitness*) mas passaram a necessitar de mais janelas para tal (então temos uma mudança de 22 até 24 janelas). Em 24 janelas é encontrada uma solução que atende a todas as restrições do problema, passando-se à turma seguinte (Turma 34).

Figura 25 - Modalidade 2 para instância ID-3271.

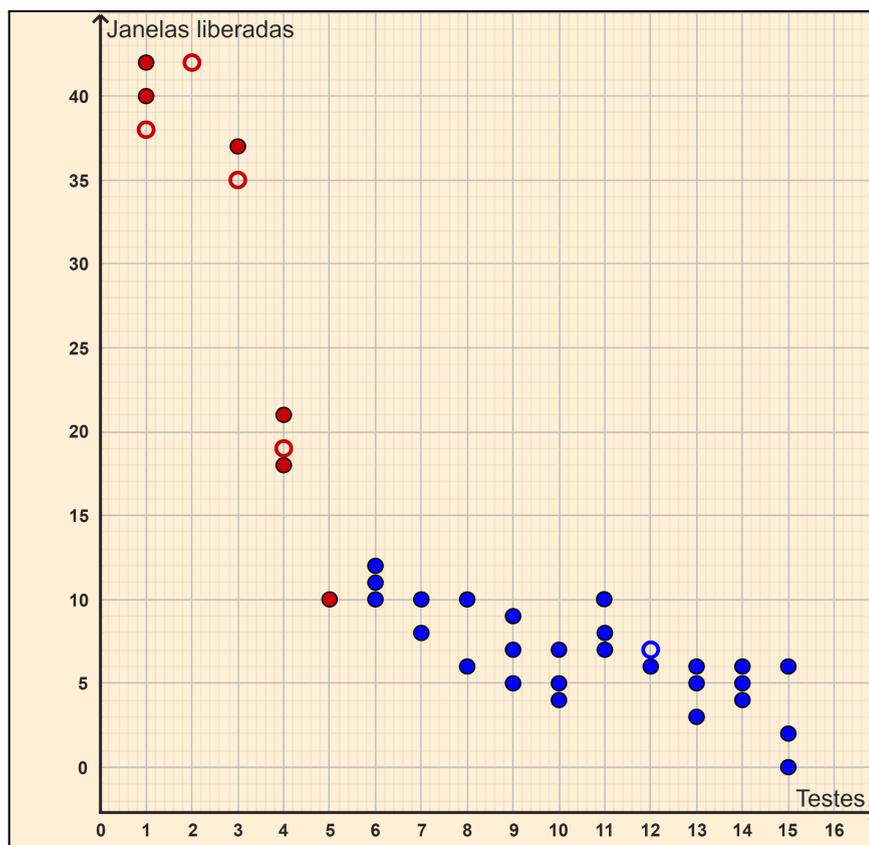


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

#### 4.9.2.2.3.3. Resultado comparativo das modalidades 1 e 2

A seguir apresentamos os resultados obtidos para a instância ID-1457 e os testes realizados sob diversas condições.

Figura 26 - Testes com escola ID-1457 para comparação das modalidades.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

**Teste 1:** Para este teste e para os demais, de cor vermelha, utilizamos a modalidade 1 com a liberação de 4 janelas por professor - isto significa que, em média, cada professor poderá alcançar, no máximo, este valor de janelas. Como esta escola tem 21 professores, pode-se alcançar 84 janelas finais, sendo estas liberadas gradativamente (conforme perfil da Figura 24). Levantou-se 4 amostras com resultados finais de 38, 38, 40 e 42 janelas. Na figura, o símbolo circular vazado representa 2 amostras de mesmo valor final.

Para a escola ID-1457 o valor ótimo é ZERO, identificado a partir da PM.

**Teste 2:** Levantou-se 2 amostras com resultados finais de 42 janelas. O valor final esperado era de no máximo 63 janelas (ou três janelas por professor). Este teste mostrou que, assim como no Teste 1, existe uma tendência para o valor final.

**Teste 3:** Estipulou-se 42 janelas finais (duas janelas por professor) e obteve-se 35, 35 e 37. Note que este resultado da função objetivo é melhor em relação aos dois primeiros.

**Teste 4:** Aqui foi estipulado em valor final de 21 janelas e obteve-se 18, 19, 19 e 21. Este teste mostra que conseguimos controlar a função objetivo, trazendo-a para patamares ainda menores que os anteriores, o que representa um resultado melhor.

**Teste 5:** O valor final foi estipulado como 11 janelas. Foram realizadas 3 amostras e alcançou-se 3 valores de 10 janelas.

**Obs.:** Não está mostrado aqui, mas para valores finais inferiores a 10 janelas o método não finalizou, pois não conseguiu atender aos limites estipulados.

**Teste 6:** A cor azul representa a modalidade 2. Neste teste foi utilizado um G de 20 gerações. Os valores são equivalentes aos melhores valores obtidos na modalidade 1.

Do Teste 6 até o Teste 15, o que muda é o valor do hiperparâmetro G:

- Teste 6 : G com 20 gerações;
- Teste 7: G com 30 gerações;
- Teste 8: G com 40 gerações;
- Teste 9 G com 50 gerações;
- Teste 10: G com 60 gerações;
- Teste 11: G com 70 gerações;
- Teste 12: G com 80 gerações;
- Teste 13: G com 90 gerações;
- Teste 14: G com 100 gerações;
- Teste 15: G com 200 gerações.

De modo geral, à medida que o G aumenta o resultado da função objetivo melhora. Inclusive para esta instância, obteve-se ZERO janela em uma das amostras para o Teste 15. Outra observação é de que o aumento de G parece alcançar um platô nos testes finais. Naturalmente, a adoção da modalidade 2 traz consigo o aumento do tempo de processamento, uma vez que existe o incremento na quantidade de gerações a serem esperadas para se liberar uma nova janela.

#### **4.9.2.2.4. Avaliação da parametrização do AG**

##### *4.9.2.2.4.1. Descrição dos hiperparâmetros para o AG*

Os seguintes hiperparâmetros foram utilizados neste AG:

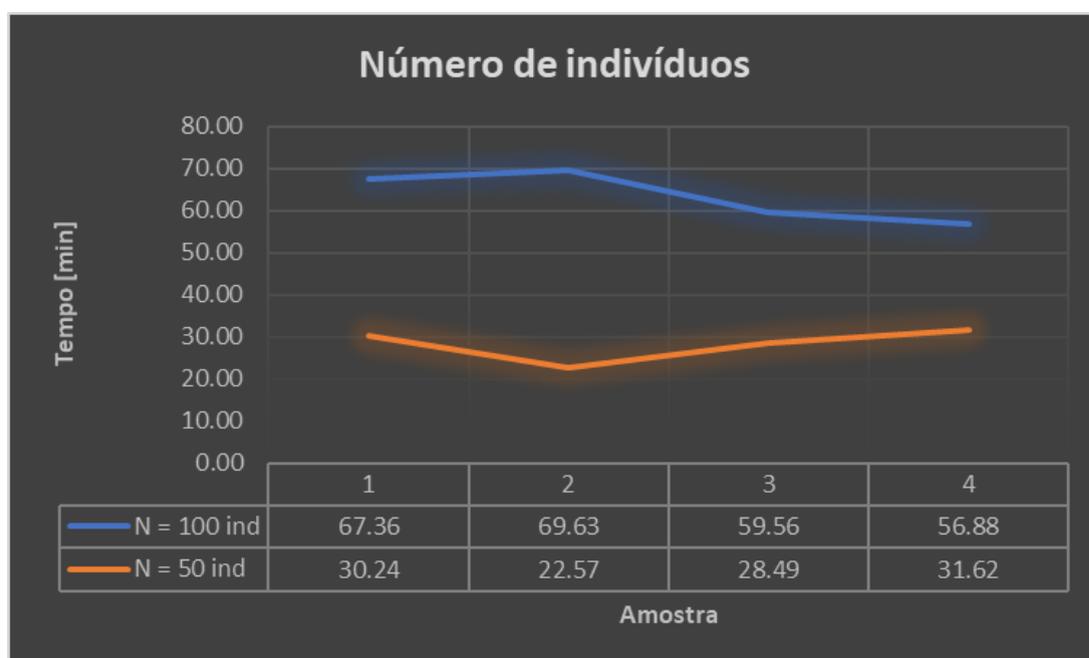
- Número de indivíduos da população ( $n_{\text{indivíduos}}$ ): corresponde ao número de indivíduos simultâneos utilizados no método de AG, a cada geração;
- Indivíduos elitistas ( $\text{top\_quantidade}$ ): corresponde ao número de indivíduos que compõem o grupo de elitismo;
- probabilidade de cruzamento ( $p_c$ ): parâmetro de probabilidade adotada para geração de uma distribuição de Bernoulli levando-se em conta o número de indivíduos da população (Pinto, 2022). Expresso de forma percentual;
- probabilidade de mutação ( $p_m$ ): parâmetro de probabilidade adotado para se realizar o processo de mutação ou não, de um determinado gene. Neste caso o gene corresponde a cada elemento de cada indivíduo da população (Pinto, 2022), que para este caso corresponde à tupla  $(d, p, s)$ . Expresso de forma percentual;
- limite de janelas por professor ( $\text{max\_janelas\_professor}$ ): número médio de janelas por professor, utilizado para o cálculo do limite de janelas totais da função objetivo;
- passo da função objetivo: utilizado no procedimento de definição da função objetivo - modalidade 2, onde é preciso se aguardar o total de passos (gerações) definidas por este hiperparâmetro para se liberar uma nova janela.

##### *4.9.2.2.4.2. Avaliação de hiperparâmetros*

Inicialmente foi avaliado o parâmetro  $n_{\text{indivíduos}}$ , correspondente ao número de indivíduos da população. A Figura 27 apresenta 4 amostras de cada conjunto, sendo a primeira para 100 indivíduos e a segunda para 50 indivíduos. Observa-se que o tempo entre um conjunto e o outro é de aproximadamente o dobro

do tempo, em conformidade com o tamanho da população. O resultado relativo ao número total de gerações foi levemente vantajoso para a população de 100 indivíduos em relação ao da outra população (88%). O resultado para o número de janelas finais foi aproximadamente o mesmo e todos os 8 resultados ficaram na faixa de 9 a 12 janelas. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $top\_quantidade = 10$ ,  $pm = 1\%$ ,  $pc = 80\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 100$ .

Figura 27 - Apresentação do processamento para população de 100 e 50 indivíduos - ID 1805.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

A Figura 28 apresenta o comportamento da resposta temporal para os valores de elite de 10 e 20 indivíduos. Foram coletadas 4 amostras de cada condição e observa-se um comportamento muito semelhante entre estas. Também o número total de gerações apresentou médias muito próximas entre si, assim como o número final de janelas. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $pm = 1\%$ ,  $pc = 80\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ .

Figura 28 - Apresentação do resultado de processamento para diferentes valores de elite - ID1805.

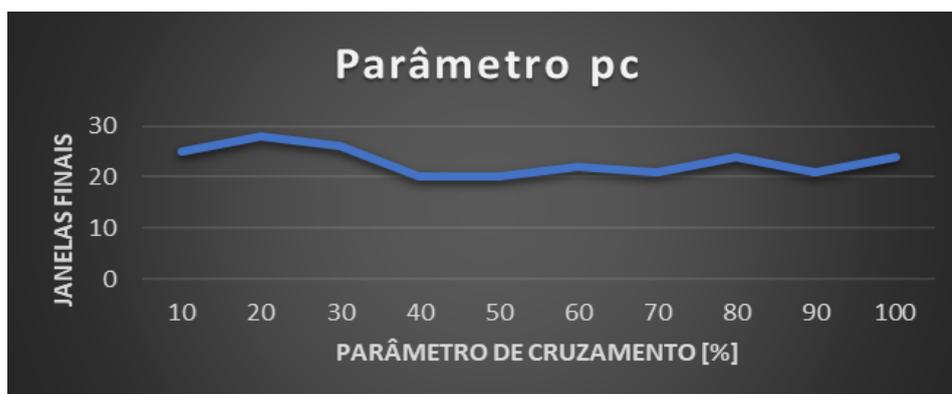


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Foi avaliado o parâmetro pc, variando do valor 10 até 100% em passos de 10. Foram realizados experimentos para duas escolas (ID 3700 e ID 1805). A Figura 29 mostra o resultado para a primeira escola e a Figura 30, para a segunda escola. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pm = 1\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ .

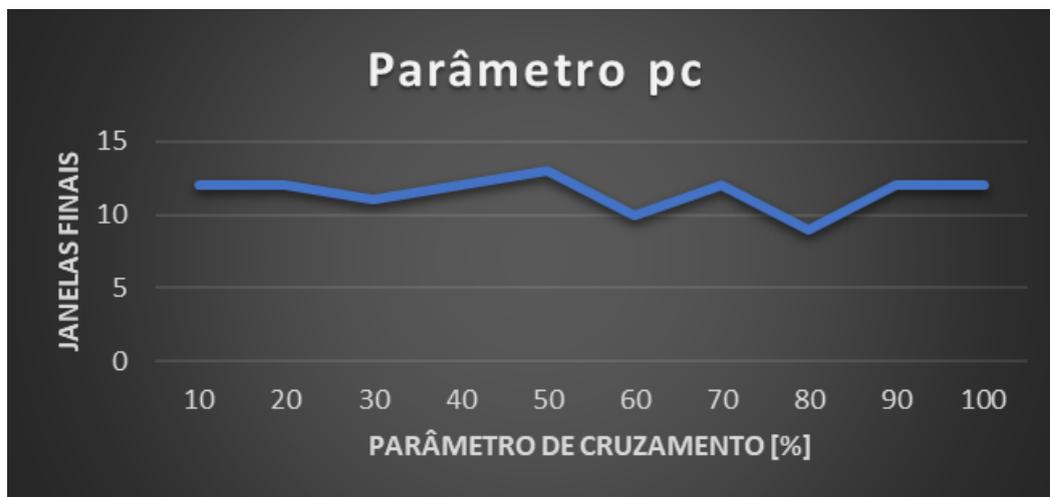
Analisando os gráficos das duas escolas, tendo-se como medida o número de janelas, percebe-se uma leve vantagem em adotar-se valores acima de 50% para o parâmetro de cruzamento (pc). Não há um valor que apresente um destaque mais acentuado nos dois gráficos.

Figura 29 - Avaliação do parâmetro pc para escola ID 3700.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

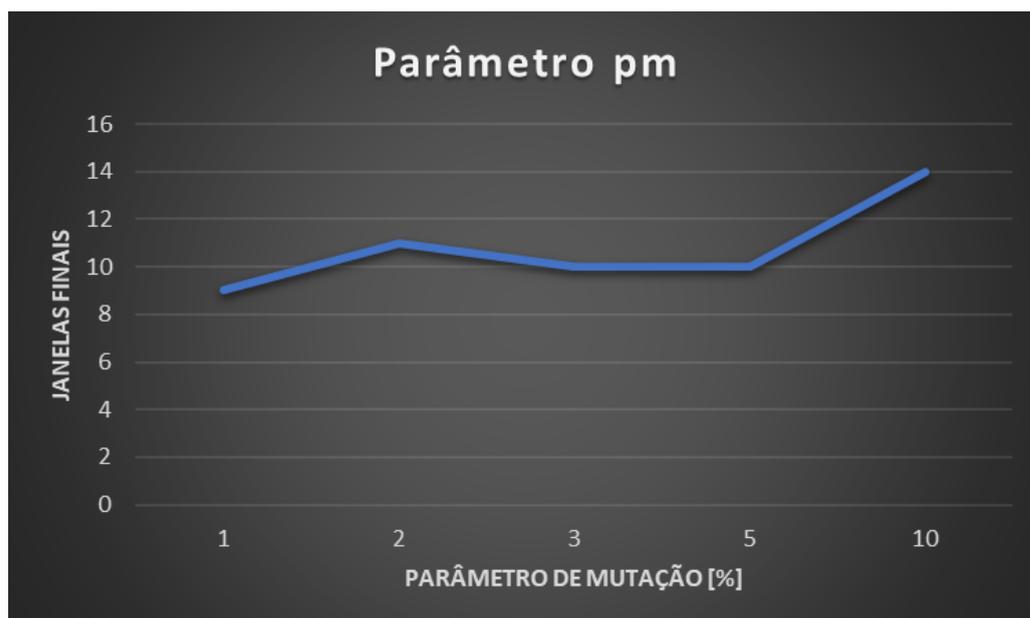
Figura 30 - Avaliação do parâmetro pc para escola ID 1805.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Para o parâmetro pm, também tendo-se como medida o número de janelas, percebe-se uma leve vantagem em adotar-se valores baixos, conforme Figura 31. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pc = 80\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ .

Figura 31 - Avaliação do parâmetro pm para escola ID 1805.

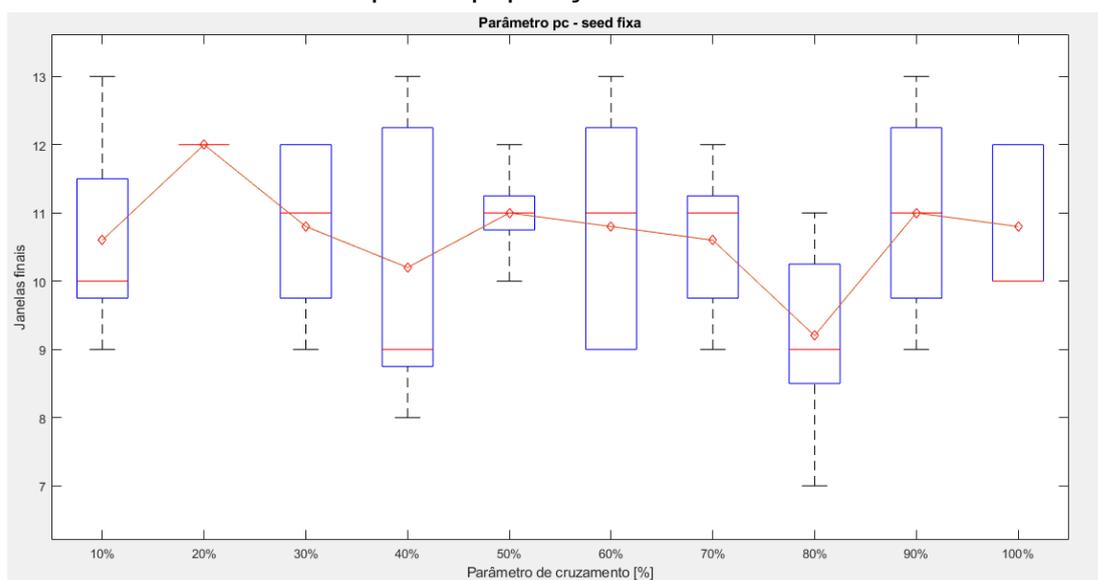


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Em todo o trabalho, a população inicial é gerada aleatoriamente. No entanto, para fins de uma avaliação mais ampla do impacto dos parâmetros **pc** e **pm**, foram realizados novos experimentos considerando-se a população inicial a partir de uma *seed* fixa, eliminando-se o fator aleatoriedade da população inicial. Os resultados são apresentados nas Figuras 32 e 33.

Para a Figura 32 foi analisado o parâmetro de cruzamento - foram avaliados 10 pontos de interesse, com valores variando de 10% a 100% em passos de 10, com uma amostra de tamanho 5 para cada um destes pontos. A escola analisada foi a de ID 1805. Para estes experimentos foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pm = 1\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ . Para esta avaliação, o valor que apresenta o melhor resultado médio (em número de janelas) é o valor de 80%.

Figura 32 - Avaliação parâmetro pc para escola ID 1805 a partir de semente fixa para a população inicial.

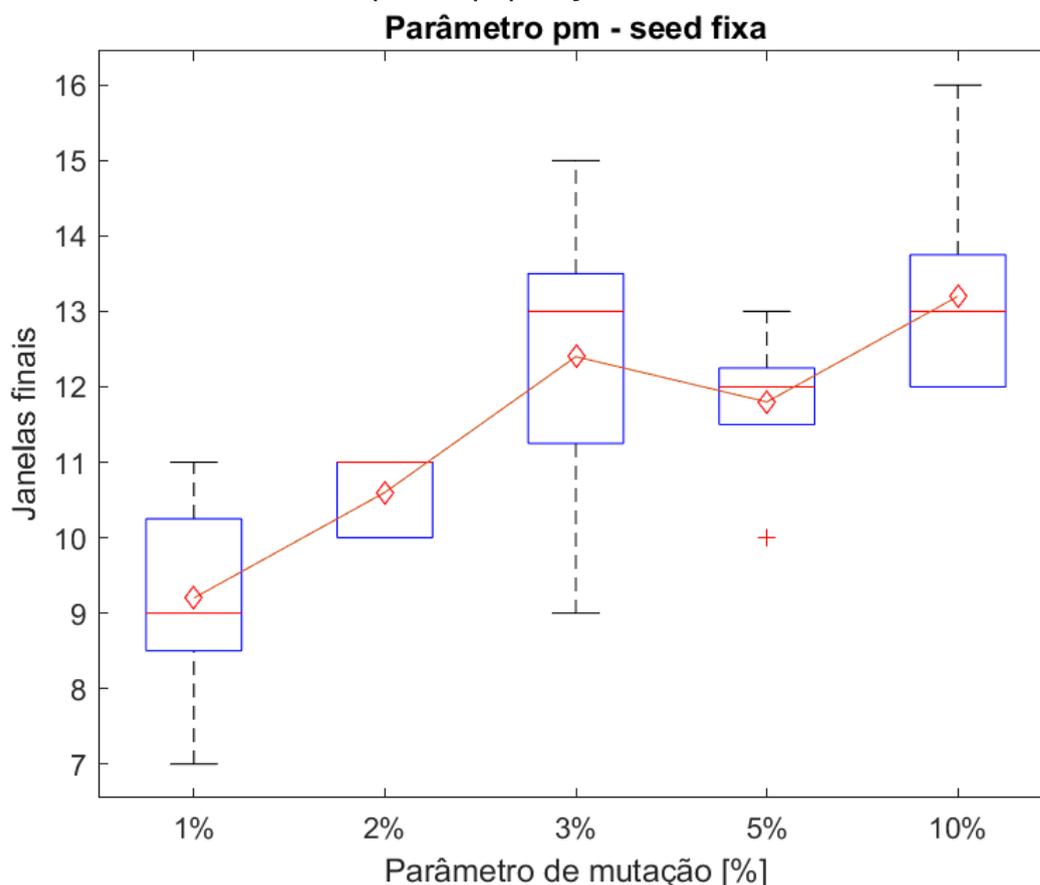


Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Para a Figura 33 foi analisado o parâmetro de mutação - foram avaliados 5 pontos de interesse, com valores de 1%, 2%, 3%, 5% e 10%, com uma amostra de tamanho 5 para cada um destes pontos. A escola analisada foi a de ID 1805. Para estes experimentos foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pc = 80\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ . Para

esta avaliação, o valor que apresenta o melhor resultado médio (em número de janelas) é o valor de 1%.

Figura 33 - Avaliação parâmetro pm para escola ID 1805 a partir de semente fixa para a população inicial.



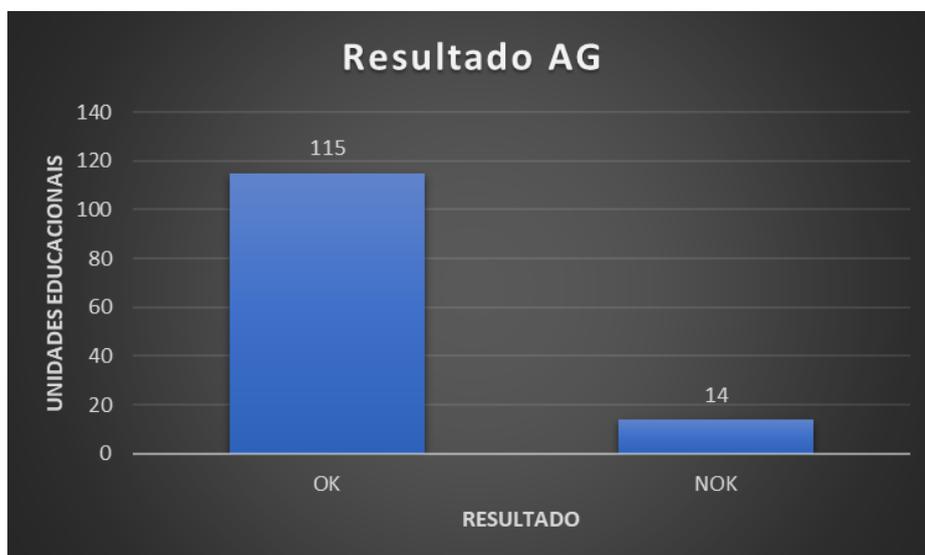
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Outro parâmetro de relevância, inserido na modalidade 2 do tratamento de janelas, é o passo da função objetivo. A Figura 26 apresenta os testes que mostram a vantagem de passos maiores frente a passos menores. Fica claro a tendência de menos janelas para passos maiores.

#### **4.9.2.2.5. Avaliação dos resultados para as 129 novas instâncias - referente Parte 3**

A Figura 34 mostra 14 instâncias que não foram resolvidas pelo AG. Destas, 8 são as mesmas que na avaliação por Programação Matemática. Os outros 6 não apresentaram uma solução final pelo AG.

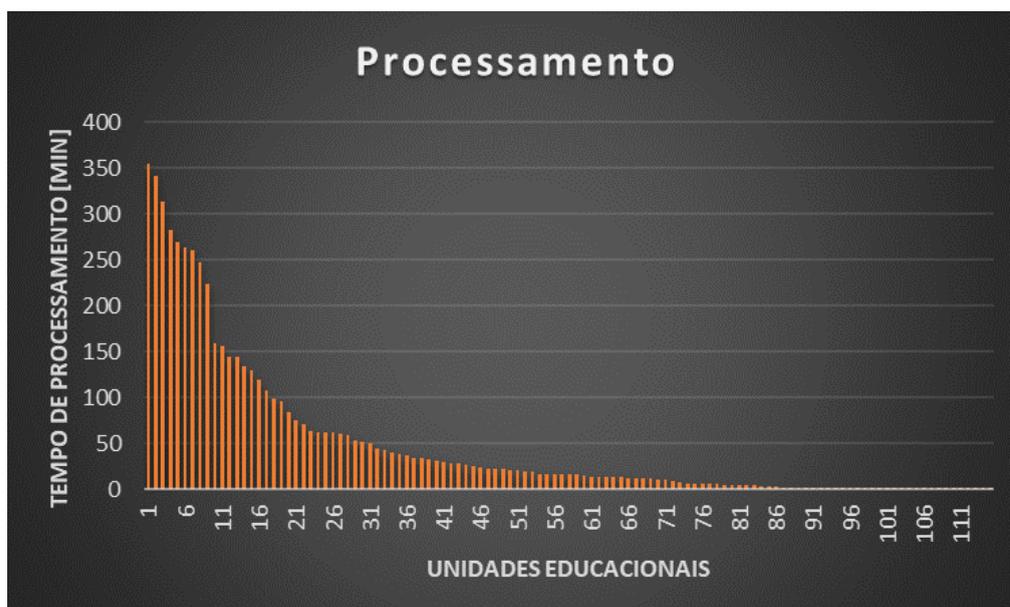
Figura 34 - Resultado do processamento (AG) por unidade educacional - visão geral.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Os tempos de processamento pelo AG são substancialmente muito superiores aos de processamento pela Programação Matemática. Pelo gráfico da Figura 35 podemos observar que a instância que levou mais tempo foi de cerca de 6 horas. Outra observação importante que se pode tirar do gráfico é que mais da metade das instâncias levou menos do que uma hora de processamento.

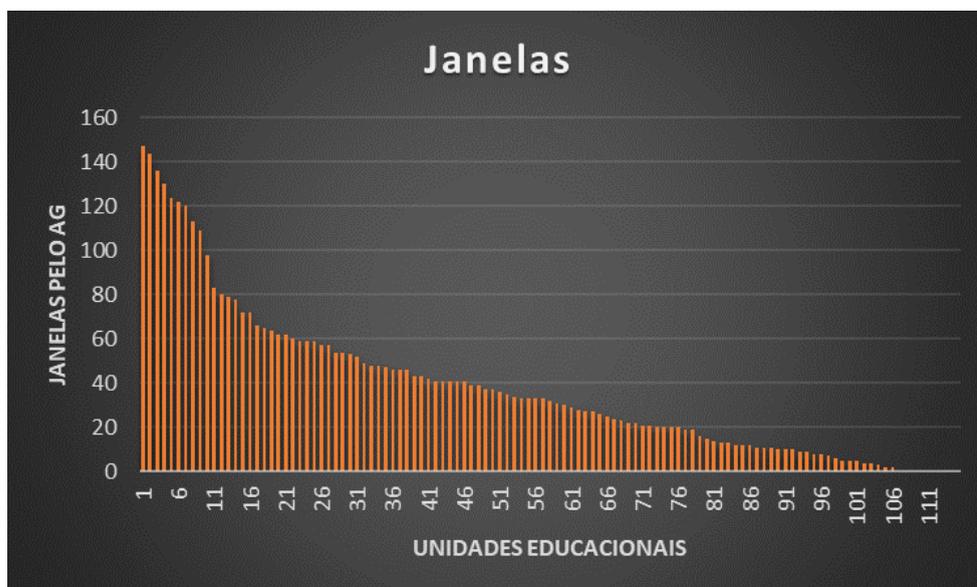
Figura 35 - Tempo de processamento (AG) por unidade educacional - visão geral.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

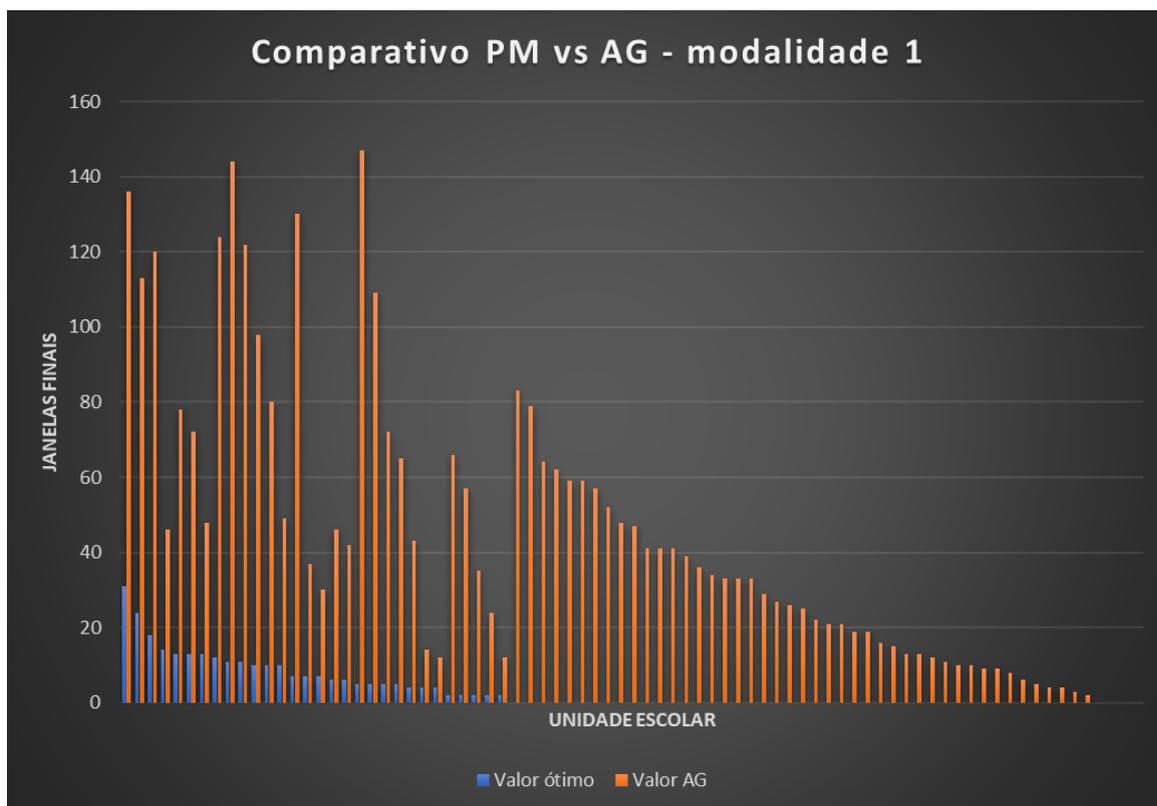
Da Figura 36 observamos que o número de janelas para o AG é superior ao número de janelas resultantes da Programação Matemática (valor ótimo). Importante ressaltar que o gráfico mostra um misto de modalidade 1 e modalidade 2 para tratamento da função objetivo. Na sequência, Figuras 37 e 38, apresento a estratificação do número final de janelas de cada escola, em função da modalidade utilizada, sendo que a Figura 37 apresenta 79 instâncias tratadas pela modalidade 1 e a Figura 38 as 36 instâncias tratadas pela modalidade 2 e sua comparação com o valor ótimo. Percebe-se que a adoção da modalidade 2 para o tratamento da função objetivo realmente traz uma vantagem grande em relação à modalidade 1.

Figura 36 - Janelas encontradas (AG) por unidade educacional - visão geral.



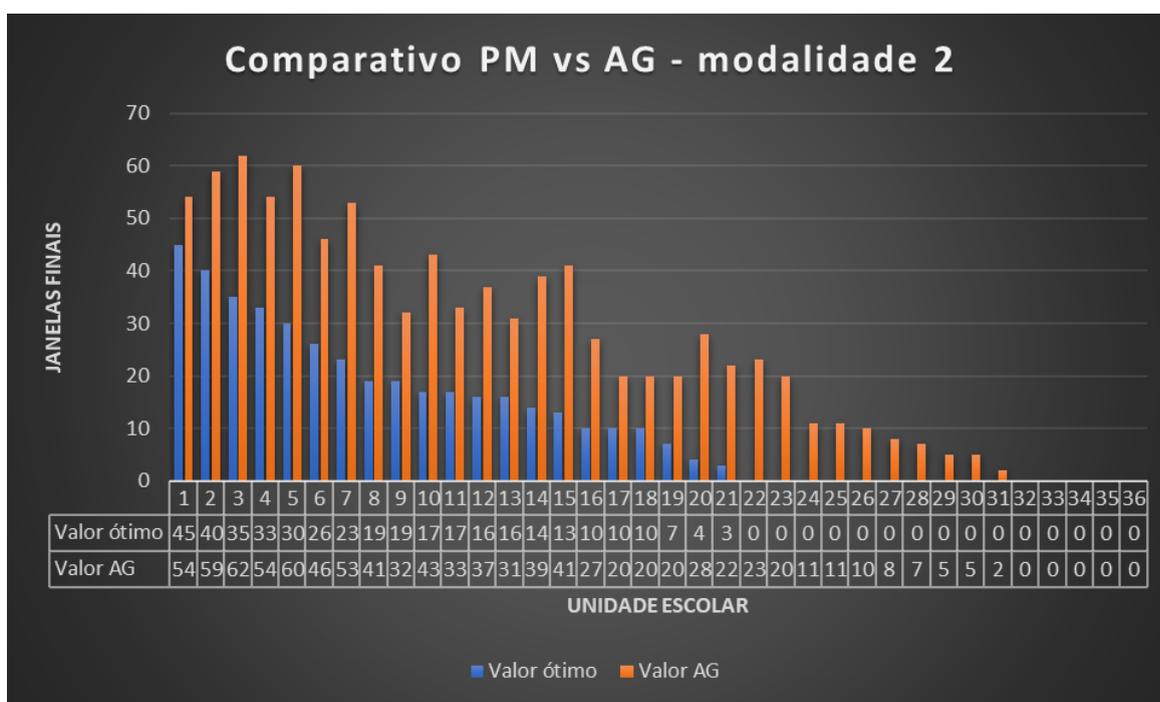
Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Figura 37 - Comparação PM versus AG para modalidade 1.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

Figura 38 - Comparação PM versus AG para modalidade 2.



Fonte: Elaborado pelo autor com base nos experimentos.

---

Se somarmos todos os valores das 79 janelas obtidas pelo AG na modalidade 1 (Figura 37) e dividirmos este total pela soma das respectivas janelas encontradas para estas mesmas instâncias pelo método PM (valores ótimos), obteremos um fator de 13,09. Realizando este mesmo procedimento para as 36 instâncias da Figura 38, que fazem uso da modalidade 2, obteremos um fator de 2,27. Se dividirmos o segundo fator pelo primeiro, teremos 0,17. Este valor traduz o quão mais eficaz a modalidade 2 é em relação à modalidade 1 na busca pelo resultado ótimo. Quanto menor esta relação, melhor o resultado.

## 5. CAPÍTULO 4 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Durante a realização deste trabalho foi possível alcançar alguns objetivos específicos. O primeiro deles é referente à avaliação do estado da arte. Isso nos permitiu entender o cenário do *timetabling*, da programação matemática e algoritmos genéticos e selecionar os trabalhos que acabaram trazendo uma maior contribuição a este trabalho. O estudo sobre Pesquisa Operacional foi iniciado no Grupo de Inteligência Artificial e Algoritmos da UFSC. Este estudo continuou durante o TCC permitindo formar um conhecimento que contribuiu decisivamente para a elaboração de uma modelagem matemática adequada. O resgate da documentação (Franco, 2021)<sup>4</sup> de reuniões ocorridas com o cliente permitiu entender os requisitos funcionais e não funcionais do negócio do cliente. A implementação da modelagem em si ocorreu durante o processo de TCC e, após sua definição, passou pela implementação via programação, utilizando linguagem Python, interagindo com a interface do Gurobi, ferramenta para solução matemática de sistemas de equações / inequações, bem como através da implementação de algoritmo genético que faz uso desta mesma estrutura matemática de equações / inequações. Os experimentos corresponderam à testagem do modelo frente aos seus resultados. Foi possível gerar uma documentação o mais visual possível (Parte 1 - Desenvolvimento Matemático para a Pesquisa Operacional) que pudesse apresentar o que foi realizado em termos de modelagem, ao mesmo tempo em que viesse a contribuir com trabalhos futuros. Foi realizada uma reunião com o cliente, onde foram apresentados os resultados práticos alcançados na Parte 2 e onde foi sinalizado pelo mesmo como sendo este o caminho, ao mesmo tempo em que foram solicitadas novas instâncias para o trabalho (novos dados sobre novas unidades educacionais e que nos foram encaminhados, conforme já relatado).

Referente à Parte 2 pode-se afirmar que todo o seu desenvolvimento foi concluído e que os resultados auferidos foram muito bons. Na primeira instância que foi submetida, os tempos de execução foram baixos para encontrar soluções ótimas. Da mesma forma, as novas instâncias não trouxeram problemas quanto aos resultados finais - todos foram ótimos.

---

<sup>4</sup> Documento particular de Franco, não publicado e disponibilizado para execução deste trabalho. FRANCO, Álvaro Junio Pereira. **Enturmação**. Florianópolis: UFSC, 2021. 10 p.

---

Quanto à Parte 3, o programa foi desenvolvido e os tempos de resposta foram altos, embora não sejam críticos. Tinha-se a expectativa de se melhorar a qualidade dos resultados, o que passa pela diminuição do número de janelas por instância. A implementação da modalidade 2 permitiu alcançar resultados muito superiores ao da modalidade 1.

Como trabalhos futuros podemos elencar:

- Realizar uma nova reunião com o cliente e seu ponto focal na Secretaria de Educação de Santa Catarina para definir uma entrada de dados que seja inequívoca;
- Avaliar a necessidade de se ter uma visão de relacionamento entre escolas, para cobrir situações como aquela em que um professor ministra aulas nas duas escolas e estas aulas não podem ocorrer em horários idênticos;
- Estabelecer novas restrições e função objetivo que permitam maior ganho final ao negócio do cliente;
- Implementar uma nova estratégia para o AG, trabalhando todas as turmas simultaneamente;
- Implementar um protocolo com a Interface Homem-máquina para que a mesma tenha o acompanhamento em tempo real das ações de baixo nível;
- Avaliar o uso de ferramenta de Programação Matemática que seja livre;
- Incorporar novas técnicas de *crossover*;
- Utilizar programação paralela;
- Possibilitar a oferta de mais de uma solução para a mesma instância;
- Utilizar outros métodos para a Parte 3.

---

## REFERÊNCIAS

- BORGES, Suzan Kelly. **Resolução de timetabling utilizando algoritmos genéticos e evolução cooperativa**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em Informática) - Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25068/D%20-%20BORGES%2c%20SUZAN%20KELLY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 out. 2023.
- CARTER, Michael W.; TOVEY, Craig A.. When Is the Classroom Assignment Problem Hard? **Operations Research**, [s.l.], v. 40, n. 11, supl. 1, p. 28-39, fev. 1992. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1287/opre.40.1.s28>. Acesso em: 20 out. 2023.
- EDISON, Thomas. **Famous Quotes by Thomas Edison**. Edison Innovation Foundation Charles Edison Fund. New Jersey, 2020. Disponível em: <https://www.thomasedison.org/edison-quotes>. Acesso em: 20 out. 2023.
- LIONS, J. Construction of Timetables for Ontario Schools using a Computer. *In*: O.E.C.D. paper, Paris, 1967.
- LUGER, George F. **Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos**. Tradução Paulo Engel. 4. ed. Porto Alegre: Bookmann, 2004.
- MALQUIAS, Neli Gomes Lisboa. **Uso de Algoritmos Genéticos para a Otimização de Rotas de Distribuição**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/14632/1/NGLMalaquiasDISPRT.pdf>. Acesso em: 19 maio 2023.
- PILLAY, Nelishia. A survey of school timetabling research. **Annals of Operations Research**, [s.l.], v. 218, p. 261–293, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-013-1321-8>. Acesso em: 20 out. 2023.
- PINTO, Matheus Henrique Tavares. **Seleção de variáveis usando um algoritmo genético**. 2022. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Matemática, Departamento de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48411/1/SelecaoVariaveisusando\\_Pinto\\_2022.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48411/1/SelecaoVariaveisusando_Pinto_2022.pdf). Acesso em: 20 maio 2023.
- RAGHAVJEE, Rushil; PILLAY, Nelishia. A Study of Genetic Algorithms to Solve the School Timetabling Problem. *In*: MEXICAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 12, 2013, Mexico City. **Proceedings [...]**, Mexico City, Mexico, 2013. p. 64-80. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-45111-9\\_6](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-45111-9_6). Acesso em: 20 out. 2023.
- REEVES, Colin R. Genetic algorithms for the operations researcher. **INFORMS journal on computing**, Catonsville v. 9, n. 3, p. 231-250, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1287/ijoc.9.3.231>. Acesso em: 20 out. 2023.

---

THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY. **What is Operatinal Research?** Birmingham, United Kingdom, [2023]. Disponível em: <https://www.theorsociety.com/>. Acesso em: 20 maio 2023.

WILHELM, Volmir; KLEINA, Mariana. **Pesquisa Operacional: Introdução**. [20--]. Disponível em: [https://docs.ufpr.br/~volmir/PO\\_I\\_01\\_introducao.pdf](https://docs.ufpr.br/~volmir/PO_I_01_introducao.pdf). Acesso em: 15 maio 2023.

WODTKE, Lucas Henrique Gonçalves. **Otimização na Gerência Acadêmica Utilizando Técnicas de Programação Linear e Inteira**. 2022. 117 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis (SC), 2022.

## APÊNDICE A - RESULTADO VISUAL DA GRADE DE PROFESSORES

Professor(a): VMV

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30			Turma: 100 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 30		
08:15	Turma: 100 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 1	Turma: 200 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 16			
09:00					Turma: 201 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 62
10:05			Turma: 101 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 33	Turma: 201 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 48	
10:50	Turma: 300 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 4	Turma: 101 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 19	Turma: 200 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 34		
****	****	****	****	****	****
13:30			Turma: 203 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 35	Turma: 302 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 50	
14:15	Turma: 202 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 6			Turma: 102 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 51	

15:00	Turma: 102	Turma: 202			Turma: 103	
	Disciplina: SOCIOLOGIA	Disciplina: SOCIOLOGIA			Disciplina: SOCIOLOGIA	
	Slot: 7	Slot: 22			Slot: 67	
+-----+						
16:05		Turma: 203				
		Disciplina: SOCIOLOGIA				
		Slot: 23				
+-----+						
16:50		Turma: 103				
		Disciplina: SOCIOLOGIA				
		Slot: 24				
+-----+						
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+						
18:30						
+-----+						
19:10						
+-----+						
19:50						
+-----+						
20:40						
+-----+						
21:20						
+-----+						

Professor(a): AGDQ

+-----+						
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
+-----+						
07:30	Turma: 80		Turma: 71			
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA			
	PORTUGUESA		PORTUGUESA			
	Slot: 0		Slot: 30			
+-----+						
08:15		Turma: 81		Turma: 80		
		Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA		
		PORTUGUESA		PORTUGUESA		

		Slot: 16		Slot: 46	
09:00		Turma: 71		Turma: 71	Turma: 71
		Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
		PORTUGUESA		PORTUGUESA	PORTUGUESA
		Slot: 17		Slot: 47	Slot: 62
10:05	Turma: 81	Turma: 80	Turma: 81	Turma: 81	Turma: 80
	Disciplina: LÍNGUA				
	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50	Turma: 70		Turma: 70	Turma: 70	Turma: 70
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	PORTUGUESA		PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 4		Slot: 34	Slot: 49	Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30		Turma: 73			
		Disciplina: LÍNGUA			
		PORTUGUESA			
		Slot: 20			
14:15	Turma: 73	Turma: 72	Turma: 82	Turma: 83	Turma: 73
	Disciplina: LÍNGUA				
	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
15:00	Turma: 83		Turma: 72	Turma: 82	Turma: 82
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	PORTUGUESA		PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 7		Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05	Turma: 82		Turma: 83	Turma: 73	
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	
	PORTUGUESA		PORTUGUESA	PORTUGUESA	
	Slot: 8		Slot: 38	Slot: 53	

16:50   Turma: 72   Turma: 83   Turma: 72
Disciplina: LÍNGUA   Disciplina: LÍNGUA   Disciplina: LÍNGUA
PORTUGUESA   PORTUGUESA   PORTUGUESA
Slot: 9   Slot: 24   Slot: 54
*****   *****   *****   *****   *****
18:30
19:10
19:50
20:40
21:20

Professor(a): GC

Hora   Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30				
Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.				
FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS				
Slot: 0   Slot: 15   Slot: 45   Slot: 60				
08:15   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30				
Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.				
FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS				
Slot: 1   Slot: 16   Slot: 31   Slot: 46   Slot: 61				
09:00   ** JANELA **   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30				
Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.				
FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS   FUND.- ANOS INICIAIS				
Slot: 17   Slot: 32   Slot: 47   Slot: 62				

10:05   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30
Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.
FUND.- ANOS INICIAIS
Slot: 3   Slot: 18   Slot: 33   Slot: 48   Slot: 63
10:50   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30   Turma: 30
Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.   Disciplina: LETRAS - ENS.
FUND.- ANOS INICIAIS
Slot: 4   Slot: 34   Slot: 34   Slot: 34   Slot: 34
*****   *****   *****   *****   *****   *****
13:30
14:15
15:00
16:05
16:50
*****   *****   *****   *****   *****   *****
18:30
19:10
19:50
20:40
21:20

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30					Turma: 92 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 65
14:15		Turma: 92 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 21			
15:00	Turma: 93 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 7	Turma: 62 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 22			
16:05	Turma: 62 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 8		Turma: 92 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 38		
16:50			Turma: 62 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 39	Turma: 93 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 54	Turma: 93 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					



13:30	Turma: 302		Turma: 103		Turma: 103
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA
	PORTUGUESA E LITERATURA		PORTUGUESA E LITERATURA		PORTUGUESA E LITERATURA
	Slot: 5		Slot: 35		Slot: 65
14:15					Turma: 203
					Disciplina: LÍNGUA
					PORTUGUESA E LITERATURA
					Slot: 66
15:00				Turma: 203	
				Disciplina: LÍNGUA	
				PORTUGUESA E LITERATURA	
				Slot: 52	
16:05	Turma: 203		Turma: 102	Turma: 103	
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	
	PORTUGUESA E LITERATURA		PORTUGUESA E LITERATURA	PORTUGUESA E LITERATURA	
	Slot: 8		Slot: 38	Slot: 53	
16:50	Turma: 102	Turma: 102	Turma: 302	Turma: 302	
	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	
	PORTUGUESA E LITERATURA	PORTUGUESA E LITERATURA	PORTUGUESA E LITERATURA	PORTUGUESA E LITERATURA	
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): MLSDSDS

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30			Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 30	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 45	
08:15	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 1	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 16	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 31	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 46	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 61
09:00	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 2	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 17	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 32	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 47	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 62
10:05	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 3	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 18	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 33	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 48	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 63
10:50	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 4	Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 19			Turma: 41 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30	Turma: 32 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 5		Turma: 32 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 35	Turma: 32 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 50	Turma: 32 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 65

14:15	Turma: 32				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
+-----+					
15:00	Turma: 32	Turma: 32	Turma: 32	Turma: 32	** JANELA **
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	
+-----+					
16:05	Turma: 32				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
+-----+					
16:50		Turma: 32			Turma: 32
		Disciplina: LETRAS - ENS.			Disciplina: LETRAS - ENS.
		FUND.- ANOS INICIAIS			FUND.- ANOS INICIAIS
		Slot: 24			Slot: 69
+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+					
18:30					
+-----+					
19:10					
+-----+					
19:50					
+-----+					
20:40					
+-----+					
21:20					
+-----+					

Professor(a): LSI

+-----+					
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+					

07:30	Turma: 70	Turma: 70	Turma: 81		Turma: 300	
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	
	Slot: 0	Slot: 15	Slot: 30		Slot: 60	
+-----+						
08:15	Turma: 81	Turma: 71	Turma: 71		Turma: 80	
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31		Slot: 61	
+-----+						
09:00	Turma: 300	Turma: 80	Turma: 70	Turma: 70		
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47		
+-----+						
10:05	Turma: 71	Turma: 81		Turma: 80		
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA		
	Slot: 3	Slot: 18		Slot: 48		
+-----+						
10:50	Turma: 80	Turma: 300		Turma: 81	Turma: 71	
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	
	Slot: 4	Slot: 19		Slot: 49	Slot: 64	
+-----+						
*****	*****	*****	*****	*****	*****	
+-----+						
13:30	Turma: 82	Turma: 83		Turma: 83	Turma: 73	
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	
	Slot: 5	Slot: 20		Slot: 50	Slot: 65	
+-----+						
14:15	Turma: 83		Turma: 302	Turma: 72		
	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		
	Slot: 6		Slot: 36	Slot: 51		
+-----+						
15:00	Turma: 72		Turma: 73	Turma: 73		
	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		
	Slot: 7		Slot: 37	Slot: 52		
+-----+						
16:05	Turma: 302	Turma: 82	Turma: 72	Turma: 302	Turma: 72	
	Disciplina: MATEMÁTICA					
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68	
+-----+						

16:50   Turma: 73	Turma: 82	Turma: 82	Turma: 83
Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA
Slot: 9	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****   *****   *****   *****	*****   *****   *****   *****	*****   *****   *****   *****	*****   *****   *****   *****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Professor(a): AMBS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora   Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30   Turma: 300	Turma: 100		Turma: 60	Turma: 101
Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE		Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE
Slot: 0	Slot: 15		Slot: 45	Slot: 60
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15   Turma: 101	Turma: 90	Turma: 200	Turma: 81	
Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	
Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
09:00   Turma: 201	Turma: 300	Turma: 100		
Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE		
Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32		
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:05	Turma: 60	Turma: 80		Turma: 61
	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE		Disciplina: ARTE
	Slot: 18	Slot: 33		Slot: 63
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

10:50		Turma: 61	Turma: 81	Turma: 80	Turma: 90
		Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE
		Slot: 19	Slot: 34	Slot: 49	Slot: 64
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					
13:30	Turma: 83	Turma: 82		Turma: 102	Turma: 82
	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE		Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE
	Slot: 5	Slot: 20		Slot: 50	Slot: 65
+-----+-----+-----+-----+-----+					
14:15		Turma: 302	Turma: 73	Turma: 62	Turma: 302
		Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE
		Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
+-----+-----+-----+-----+-----+					
15:00		Turma: 93	Turma: 83		Turma: 202
		Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE		Disciplina: ARTE
		Slot: 22	Slot: 37		Slot: 67
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:05	Turma: 92	Turma: 73	Turma: 93		Turma: 62
	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE		Disciplina: ARTE
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38		Slot: 68
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:50	Turma: 203	Turma: 72	Turma: 102	Turma: 92	Turma: 72
	Disciplina: ARTE				
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					
18:30					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:10					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:50					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
20:40					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
21:20					
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Professor(a): MLF

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 41 Disciplina: ARTE Slot: 0	Turma: 50 Disciplina: ARTE Slot: 15	Turma: 40 Disciplina: ARTE Slot: 30	Turma: 51 Disciplina: ARTE Slot: 45	Turma: 51 Disciplina: ARTE Slot: 60
08:15	Turma: 71 Disciplina: ARTE Slot: 1	Turma: 10 Disciplina: ARTE Slot: 16	Turma: 10 Disciplina: ARTE Slot: 31		Turma: 71 Disciplina: ARTE Slot: 61
09:00	Turma: 30 Disciplina: ARTE Slot: 2	Turma: 40 Disciplina: ARTE Slot: 17	Turma: 11 Disciplina: ARTE Slot: 32		Turma: 11 Disciplina: ARTE Slot: 62
10:05	Turma: 50 Disciplina: ARTE Slot: 3	Turma: 21 Disciplina: ARTE Slot: 18	Turma: 70 Disciplina: ARTE Slot: 33		Turma: 70 Disciplina: ARTE Slot: 63
10:50	Turma: 20 Disciplina: ARTE Slot: 4	Turma: 20 Disciplina: ARTE Slot: 19	Turma: 41 Disciplina: ARTE Slot: 34	Turma: 30 Disciplina: ARTE Slot: 49	Turma: 21 Disciplina: ARTE Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30	Turma: 52 Disciplina: ARTE Slot: 5	Turma: 42 Disciplina: ARTE Slot: 20	Turma: 52 Disciplina: ARTE Slot: 35	Turma: 53 Disciplina: ARTE Slot: 50	Turma: 53 Disciplina: ARTE Slot: 65
14:15		Turma: 43 Disciplina: ARTE Slot: 21	Turma: 33 Disciplina: ARTE Slot: 36	Turma: 103 Disciplina: ARTE Slot: 51	Turma: 42 Disciplina: ARTE Slot: 66
15:00		Turma: 12 Disciplina: ARTE			Turma: 32 Disciplina: ARTE

		Slot: 22			Slot: 67
16:05		Turma: 103			Turma: 43
		Disciplina: ARTE			Disciplina: ARTE
		Slot: 23			Slot: 68
16:50	Turma: 22	Turma: 22	Turma: 12	Turma: 32	Turma: 33
	Disciplina: ARTE				
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): SS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 81			Turma: 81	Turma: 90
	Disciplina: LÍNGUA			Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	ESTRANGEIRA - INGLÊS			ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS
	Slot: 0			Slot: 45	Slot: 60
08:15	Turma: 90			Turma: 200	
	Disciplina: LÍNGUA			Disciplina: LÍNGUA	
	ESTRANGEIRA - INGLÊS			ESTRANGEIRA - INGLÊS	
	Slot: 1			Slot: 46	

09:00	Turma: 80	Turma: 201	Turma: 90	Turma: 80	
	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:05			Turma: 201		Turma: 81
			Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA
			ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS
			Slot: 33		Slot: 63
+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:50			Turma: 80		Turma: 200
			Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA
			ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS
			Slot: 34		Slot: 64
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					
13:30	Turma: 202	Turma: 93	Turma: 73	Turma: 82	Turma: 83
	Disciplina: LÍNGUA				
	ESTRANGEIRA - INGLÊS				
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
+-----+-----+-----+-----+-----+					
14:15	Turma: 93	Turma: 82	Turma: 93	Turma: 73	Turma: 92
	Disciplina: LÍNGUA				
	ESTRANGEIRA - INGLÊS				
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
+-----+-----+-----+-----+-----+					
15:00	Turma: 92	Turma: 203	Turma: 202		Turma: 203
	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37		Slot: 67
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:05	Turma: 73	Turma: 83	Turma: 82		
	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA		
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS		
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38		
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:50	Turma: 83	Turma: 92			

	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA			
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS			
	Slot: 9	Slot: 24			
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): LACDR

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 71 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 15	Turma: 70 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 30	Turma: 71 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 45	Turma: 70 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 60
08:15			Turma: 61 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 31	Turma: 70 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 46	Turma: 60 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 61
09:00			Turma: 60 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 32		
10:05		Turma: 61 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 18	Turma: 71 Disciplina: GEOGRAFIA Slot: 33		

10:50   Turma: 61	Turma: 60			
Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA			
Slot: 4	Slot: 19			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****   *****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****   *****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Professor(a): MHMP

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora   Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30   Turma: 20	Turma: 20			Turma: 20
Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.			Disciplina: LETRAS - ENS.
FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS			FUND.- ANOS INICIAIS
Slot: 0	Slot: 15			Slot: 60

08:15	Turma: 20				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
09:00	Turma: 20				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Turma: 20				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50			Turma: 20	Turma: 20	
			Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	
			FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
			Slot: 34	Slot: 49	
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 22				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
14:15	Turma: 22				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
15:00	Turma: 22				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67

16:05   Turma: 22	Turma: 22	Turma: 22	Turma: 22	Turma: 22
Disciplina: LETRAS - ENS.				
FUND.- ANOS INICIAIS				
Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
+-----+				
16:50				
+-----+				
*****   *****	*****	*****	*****	*****
+-----+				
18:30				
+-----+				
19:10				
+-----+				
19:50				
+-----+				
20:40				
+-----+				
21:20				
+-----+				

Professor(a): PYDMF

+-----+				
Hora   Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+				
07:30			Turma: 300	
			Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
			Slot: 45	
+-----+				
08:15   Turma: 300				
Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA				
Slot: 1				
+-----+				
09:00				
+-----+				
10:05				
+-----+				
10:50				

*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): SF

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 15			Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 60
08:15	Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS.	Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS.	Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS.	Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS.	Turma: 40 Disciplina: LETRAS - ENS.

	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
09:00	Turma: 40	** JANELA **	Turma: 40	Turma: 40	Turma: 40
	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 2		Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Turma: 40				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50	Turma: 40	Turma: 40	Turma: 40	Turma: 40	
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Slot: 49	
****	****	****	****	****	****
13:30	Turma: 42		Turma: 42		Turma: 42
	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 5		Slot: 35		Slot: 65
14:15	Turma: 42	Turma: 42	Turma: 42	Turma: 42	** JANELA **
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	
15:00	Turma: 42				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05	Turma: 42				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				

	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
16:50		Turma: 42		Turma: 42	Turma: 42
		Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
		FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
		Slot: 24		Slot: 54	Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): LV

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 51	Turma: 51	Turma: 51		
	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.		
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS		
	Slot: 0	Slot: 15	Slot: 30		
08:15	Turma: 51				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
09:00	Turma: 51				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				

	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 3	Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 18	Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 33	Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 48	Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 63
10:50				Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 49	Turma: 51 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30		Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 20			
14:15	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 6	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 21	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 36	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 51	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 66
15:00	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 7	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 22	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 37	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 52	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 67
16:05	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 8	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 23	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 38	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 53	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 68
16:50	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 9		Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 39	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 54	Turma: 53 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 69

*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): GDFSM

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00		Turma: 100			
		Disciplina: BIOLOGIA			
		Slot: 17			
10:05	Turma: 100	Turma: 300			
	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA			
	Slot: 3	Slot: 18			
10:50			Turma: 101	Turma: 101	Turma: 300
			Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA
			Slot: 34	Slot: 49	Slot: 64
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 103				

	Disciplina: BIOLOGIA				
	Slot: 5				
-----					
14:15	Turma: 102				
	Disciplina: BIOLOGIA				
	Slot: 6				
-----					
15:00		Turma: 102	Turma: 302		
		Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA		
		Slot: 22	Slot: 37		
-----					
16:05				Turma: 302	
				Disciplina: BIOLOGIA	
				Slot: 68	
-----					
16:50				Turma: 103	
				Disciplina: BIOLOGIA	
				Slot: 69	
-----					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
-----					
18:30					
-----					
19:10					
-----					
19:50					
-----					
20:40					
-----					
21:20					
-----					

Professor(a): HCN

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
-----					
07:30					

08:15				Turma: 300	Turma: 300
				Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA
				Slot: 46	Slot: 61
09:00				Turma: 101	
				Disciplina: HISTÓRIA	
				Slot: 47	
10:05   Turma: 200		Turma: 100	Turma: 100		
Disciplina: HISTÓRIA		Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA		
Slot: 3		Slot: 33	Slot: 48		
10:50   Turma: 101	Turma: 200	Turma: 201		Turma: 201	
Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA		Disciplina: HISTÓRIA	
Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34		Slot: 64	
*****   *****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****   *****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					

21:20					
-------	--	--	--	--	--

Professor(a): RN

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30		Turma: 102 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 20	Turma: 202 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 35	Turma: 202 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 50	Turma: 102 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 65
14:15			Turma: 103 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 36	Turma: 203 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 51	
15:00				Turma: 103 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 52	
16:05		Turma: 302 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 23			
16:50		Turma: 203			Turma: 302

Disciplina: HISTÓRIA			Disciplina: HISTÓRIA		
Slot: 24			Slot: 69		
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): JDAM

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 90 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 15	Turma: 60 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 30	Turma: 90 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 45	Turma: 60 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 60
08:15				Turma: 60 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 46	
09:00	Turma: 61 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 2				
10:05					
10:50			Turma: 90 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 34	Turma: 61 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 49	Turma: 61 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 64

*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): RSB

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 60 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 0		Turma: 50 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 30	Turma: 80 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 45	Turma: 50 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 60
08:15	Turma: 70 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 1		Turma: 80 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 31	Turma: 71 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 46	Turma: 61 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 61

09:00	Turma: 71	Turma: 60		Turma: 61	Turma: 70
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Slot: 2	Slot: 17		Slot: 47	Slot: 62
10:05	Turma: 61	Turma: 70		Turma: 60	Turma: 71
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Slot: 3	Slot: 18		Slot: 48	Slot: 63
10:50	Turma: 51	Turma: 51	Turma: 51	Turma: 50	Turma: 80
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA				
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Slot: 49	Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30	Turma: 53	Turma: 52	Turma: 53		Turma: 52
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35		Slot: 65
14:15	Turma: 62	Turma: 73			Turma: 103
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA			Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Slot: 6	Slot: 21			Slot: 66
15:00	Turma: 103	Turma: 72		Turma: 72	Turma: 73
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Slot: 7	Slot: 22		Slot: 52	Slot: 67
16:05	Turma: 72	Turma: 62		Turma: 62	Turma: 202
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Slot: 8	Slot: 23		Slot: 53	Slot: 68
16:50	Turma: 202	Turma: 53	Turma: 73	Turma: 52	
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	
****	****	****	****	****	****
18:30					

19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): ALDC

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 15	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 30		Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 60
08:15	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 1	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 16	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 31	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 46	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 61
09:00	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 2	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 17	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 32	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 47	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 62
10:05	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 3	** JANELA **	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 33	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 48	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 63
10:50	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS	Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS		Turma: 21 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS	

	Slot: 4	Slot: 19		Slot: 49	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30	Turma: 33	Turma: 33	Turma: 33	Turma: 33	
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Slot: 20	Slot: 35		Slot: 65	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15	Turma: 33	Turma: 33	** JANELA **	Turma: 33	Turma: 33
	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 6	Slot: 21		Slot: 51	Slot: 66
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00	Turma: 33				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05	Turma: 33				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50	Turma: 33		Turma: 33	Turma: 33	
	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	
	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Slot: 9		Slot: 39	Slot: 54	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40					

21:20					
-------	--	--	--	--	--

Professor(a): DGC

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30			Turma: 201		Turma: 100
			Disciplina: FÍSICA		Disciplina: FÍSICA
			Slot: 30		Slot: 60
08:15			Turma: 300		Turma: 201
			Disciplina: FÍSICA		Disciplina: FÍSICA
			Slot: 31		Slot: 61
09:00	Turma: 100	Turma: 101	Turma: 101	Turma: 300	Turma: 200
	Disciplina: FÍSICA				
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05			Turma: 200		
			Disciplina: FÍSICA		
			Slot: 33		
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30		Turma: 103			
		Disciplina: FÍSICA			
		Slot: 20			
14:15		Turma: 202			
		Disciplina: FÍSICA			
		Slot: 21			
15:00		Turma: 302	Turma: 203		Turma: 102

		Disciplina: FÍSICA	Disciplina: FÍSICA		Disciplina: FÍSICA
		Slot: 22	Slot: 37		Slot: 67
16:05	Turma: 102		Turma: 302	Turma: 203	
	Disciplina: FÍSICA		Disciplina: FÍSICA	Disciplina: FÍSICA	
	Slot: 8		Slot: 38	Slot: 53	
16:50	Turma: 103		Turma: 202		
	Disciplina: FÍSICA		Disciplina: FÍSICA		
	Slot: 9		Slot: 39		
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): AFFFV

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 81	Turma: 300	Turma: 100	Turma: 81
		Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA
		Slot: 15	Slot: 30	Slot: 45	Slot: 60
08:15	Turma: 80	Turma: 80	Turma: 100		
	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA		
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31		
09:00	Turma: 81	Turma: 200	Turma: 80		

	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA		
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32		
10:05	Turma: 300	Turma: 201		Turma: 101	
	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA		Disciplina: GEOGRAFIA	
	Slot: 3	Slot: 18		Slot: 48	
10:50	Turma: 201			Turma: 200	Turma: 101
	Disciplina: GEOGRAFIA			Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA
	Slot: 4			Slot: 49	Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30		Turma: 202	Turma: 82	Turma: 73	
		Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	
		Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	
14:15	Turma: 203	Turma: 103	Turma: 72	Turma: 302	Turma: 82
	Disciplina: GEOGRAFIA				
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
15:00	Turma: 202	Turma: 82	Turma: 102	Turma: 102	Turma: 83
	Disciplina: GEOGRAFIA				
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05	Turma: 83	Turma: 72	Turma: 103	Turma: 72	Turma: 203
	Disciplina: GEOGRAFIA				
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
16:50	Turma: 302	Turma: 73		Turma: 83	Turma: 73
	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA		Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA
	Slot: 9	Slot: 24		Slot: 54	Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					

19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): CMP

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 201   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 0	Turma: 200   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 15	Turma: 200   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 30		
08:15			Turma: 201   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 31		
09:00			Turma: 300   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 32	Turma: 100   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 47	Turma: 300   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 62
10:05		Turma: 101   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 18			
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 102   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 5	Turma: 302   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 20	Turma: 302   Disciplina: FILOSOFIA   Slot: 35		
14:15	Turma: 103				

	Disciplina: FILOSOFIA				
	Slot: 6				
15:00	Turma: 203			Turma: 202	
	Disciplina: FILOSOFIA			Disciplina: FILOSOFIA	
	Slot: 7			Slot: 52	
16:05					
16:50		Turma: 202	Turma: 203		
		Disciplina: FILOSOFIA	Disciplina: FILOSOFIA		
		Slot: 24	Slot: 39		
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): MAL

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30				Turma: 70	
				Disciplina: HISTÓRIA	
				Slot: 45	
08:15		Turma: 61			Turma: 70
		Disciplina: HISTÓRIA			Disciplina: HISTÓRIA
		Slot: 16			Slot: 61

09:00	Turma: 60				Turma: 60
	Disciplina: HISTÓRIA				Disciplina: HISTÓRIA
	Slot: 2				Slot: 62
10:05			Turma: 61	Turma: 61	
			Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	
			Slot: 33	Slot: 48	
10:50		Turma: 70	Turma: 60		
		Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA		
		Slot: 19	Slot: 34		
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 73	Turma: 72	Turma: 92	Turma: 72	Turma: 93
	Disciplina: HISTÓRIA				
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
14:15	Turma: 82		Turma: 62	Turma: 93	Turma: 83
	Disciplina: HISTÓRIA		Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA
	Slot: 6		Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
15:00			Turma: 93	Turma: 83	Turma: 72
			Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA
			Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05		Turma: 92	Turma: 73	Turma: 82	Turma: 92
		Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA
		Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
16:50	Turma: 62	Turma: 82	Turma: 83	Turma: 73	Turma: 62
	Disciplina: HISTÓRIA				
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					

19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): MDOC

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 0			Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 45	
08:15	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 1	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 16	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 31	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 46	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 61
09:00	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 2	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 17	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 32	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 47	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 62
10:05	** JANELA **	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 18	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 33	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 48	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS   Slot: 63
10:50	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS	Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS		Turma: 50   Disciplina: LETRAS - ENS.   FUND.- ANOS INICIAIS

	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34		Slot: 64
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30				Turma: 52	
				Disciplina: LETRAS - ENS.	
				FUND.- ANOS INICIAIS	
				Slot: 50	
14:15	Turma: 52				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
15:00	Turma: 52				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05	Turma: 52				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
16:50	Turma: 52	Turma: 52	Turma: 52		Turma: 52
	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39		Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					

21:20					
-------	--	--	--	--	--

Professor(a): DJDSG

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 61 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 15			
08:15	Turma: 61 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 1	Turma: 60 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 16		Turma: 61 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 46	Turma: 200 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 61
09:00	Turma: 200 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 2		Turma: 201 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 32	Turma: 60 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 47	
10:05	Turma: 201 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 3		Turma: 60 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 33	Turma: 200 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 48	
10:50	Turma: 60 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 4	Turma: 201 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 19	Turma: 61 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 34		
****	****	****	****	****	****
13:30	Turma: 203 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 5		Turma: 62 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 35	Turma: 62 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 50	Turma: 203 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 65
14:15		Turma: 203 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 21	Turma: 102 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 36		Turma: 202 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 66

15:00		Turma: 103			Turma: 62	
		Disciplina: MATEMÁTICA			Disciplina: MATEMÁTICA	
		Slot: 22			Slot: 67	
16:05	Turma: 202	Turma: 102		Turma: 202	Turma: 103	
	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	
	Slot: 8	Slot: 23		Slot: 53	Slot: 68	
16:50		Turma: 62		Turma: 103	Turma: 102	
		Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	
		Slot: 24		Slot: 54	Slot: 69	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	
18:30						
19:10						
19:50						
20:40						
21:20						

Professor(a): PDOE

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 10				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 0	Slot: 15	Slot: 30	Slot: 45	Slot: 60
08:15	Turma: 10	** JANELA **	** JANELA **	Turma: 10	Turma: 10
	Disciplina: LETRAS - ENS.			Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.

	FUND.- ANOS INICIAIS			FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 1			Slot: 46	Slot: 61
09:00	Turma: 10				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Turma: 10				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50		Turma: 10	Turma: 10		
		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.		
		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS		
		Slot: 19	Slot: 34		
****	****	****	****	****	****
13:30		Turma: 12	Turma: 12		Turma: 12
		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.
		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS
		Slot: 20	Slot: 35		Slot: 65
14:15	Turma: 12				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
15:00	Turma: 12	** JANELA **	Turma: 12	Turma: 12	Turma: 12
	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 7		Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05	Turma: 12				
	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				

	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
16:50	Turma: 12 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 9	Turma: 12 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 24		Turma: 12 Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Slot: 54	
18:30	*****	*****	*****	*****	*****
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): TSB

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 71 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 0	Turma: 80 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 15	Turma: 80 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 30		Turma: 80 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 60
08:15			Turma: 90 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 31		
09:00			Turma: 71 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 32	Turma: 81 Disciplina: HISTÓRIA Slot: 47	
10:05				Turma: 71	

					Disciplina: HISTÓRIA	
					Slot: 48	
10:50	Turma: 90	Turma: 81		Turma: 90	Turma: 81	
	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA		Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: HISTÓRIA	
	Slot: 4	Slot: 19		Slot: 49	Slot: 64	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	
13:30						
14:15						
15:00						
16:05						
16:50						
*****	*****	*****	*****	*****	*****	
18:30						
19:10						
19:50						
20:40						
21:20						

Professor(a): DAM

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					

08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 62				
	Disciplina: GEOGRAFIA				
	Slot: 20				
14:15					
15:00		Turma: 62	Turma: 62		
		Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA		
		Slot: 37	Slot: 52		
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): AJDG

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 90 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 0			Turma: 101 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 45	
08:15		Turma: 100 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 16	Turma: 101 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 31	Turma: 100 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 46	
09:00		Turma: 90 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 17		Turma: 90 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 47	Turma: 90 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 62
10:05	Turma: 101 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 3				
10:50	Turma: 100 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 4				
****	****	****	****	****	****
13:30		Turma: 92 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 20		Turma: 93 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 50	
14:15			Turma: 92 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 36		Turma: 93 Disciplina: MATEMÁTICA Slot: 66
15:00					
16:05		Turma: 93		Turma: 92	

		Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: MATEMÁTICA	
		Slot: 23		Slot: 53	
16:50	Turma: 93				Turma: 92
	Disciplina: MATEMÁTICA				Disciplina: MATEMÁTICA
	Slot: 9				Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): PRDR

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 0	Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 15	Turma: 90 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 30	Turma: 201 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 45	Turma: 200 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 60
08:15	Turma: 200 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 1	Turma: 201 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 16	Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 31	Turma: 90 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 46	Turma: 90 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 61
09:00	Turma: 90 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA	Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA	Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA		Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA

	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32		Slot: 62
10:05	Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 3	Turma: 200 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 18			Turma: 201 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 63
10:50					Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30				Turma: 92 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 50	
14:15	Turma: 92 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 6	Turma: 62 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 21	Turma: 202 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 36		Turma: 62 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 66
15:00	Turma: 62 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 7	Turma: 92 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 22			Turma: 92 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 67
16:05		Turma: 202 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 23		Turma: 93 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 53	Turma: 93 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 68
16:50		Turma: 93 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 24	Turma: 93 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 39	Turma: 62 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Slot: 54	Turma: 202 Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Slot: 69

*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): ASDMS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15	Turma: 201 Disciplina: BIOLOGIA Slot: 1	Turma: 70 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 16			Turma: 81 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 61
09:00	Turma: 70 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 2		Turma: 81 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 32	Turma: 200 Disciplina: BIOLOGIA Slot: 47	Turma: 80 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 62
10:05	Turma: 80 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 3			Turma: 70 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 48	Turma: 200 Disciplina: BIOLOGIA Slot: 63
10:50	Turma: 81 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 4	Turma: 80 Disciplina: CIÊNCIAS Slot: 19		Turma: 201 Disciplina: BIOLOGIA Slot: 49	
*****	*****	*****	*****	*****	*****

13:30	Turma: 72	Turma: 203	Turma: 83	Turma: 203	Turma: 72
	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: CIÊNCIAS
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
14:15		Turma: 83		Turma: 82	
		Disciplina: CIÊNCIAS		Disciplina: CIÊNCIAS	
		Slot: 21		Slot: 51	
15:00					
16:05			Turma: 202		Turma: 83
			Disciplina: BIOLOGIA		Disciplina: CIÊNCIAS
			Slot: 38		Slot: 68
16:50	Turma: 82		Turma: 72	Turma: 202	Turma: 82
	Disciplina: CIÊNCIAS		Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: CIÊNCIAS
	Slot: 9		Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): MMSDF

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					

08:15					
09:00					
10:05				Turma: 90	Turma: 90
				Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA
				Slot: 48	Slot: 63
10:50		Turma: 90			
		Disciplina: GEOGRAFIA			
		Slot: 19			
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 93				
	Disciplina: GEOGRAFIA				
	Slot: 5				
14:15		Turma: 93		Turma: 92	
		Disciplina: GEOGRAFIA		Disciplina: GEOGRAFIA	
		Slot: 21		Slot: 51	
15:00			Turma: 92	Turma: 93	
			Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: GEOGRAFIA	
			Slot: 37	Slot: 52	
16:05					
16:50	Turma: 92				
	Disciplina: GEOGRAFIA				
	Slot: 9				
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					

19:50				
20:40				
21:20				

Professor(a): LRDS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 33   Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Slot: 5	Turma: 32   Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Slot: 20		Turma: 33   Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Slot: 50	
14:15					
15:00					
16:05					
16:50	Turma: 32   Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Slot: 9	Turma: 33   Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Slot: 24	Turma: 32   Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Slot: 39		

*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): ASDS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 100 Disciplina: QUÍMICA Slot: 0			Turma: 200 Disciplina: QUÍMICA Slot: 45	Turma: 201 Disciplina: QUÍMICA Slot: 60
08:15				Turma: 101 Disciplina: QUÍMICA Slot: 46	Turma: 101 Disciplina: QUÍMICA Slot: 61
09:00				Turma: 201 Disciplina: QUÍMICA Slot: 47	Turma: 100 Disciplina: QUÍMICA Slot: 62
10:05					Turma: 300 Disciplina: QUÍMICA Slot: 63
10:50	Turma: 200 Disciplina: QUÍMICA Slot: 4		Turma: 300 Disciplina: QUÍMICA Slot: 34		

*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30			Turma: 102	Turma: 103	Turma: 202
			Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: QUÍMICA
			Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
14:15			Turma: 203	Turma: 202	
			Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: QUÍMICA	
			Slot: 36	Slot: 51	
15:00			Turma: 103	Turma: 302	
			Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: QUÍMICA	
			Slot: 37	Slot: 52	
16:05				Turma: 102	
				Disciplina: QUÍMICA	
				Slot: 53	
16:50		Turma: 302		Turma: 203	
		Disciplina: QUÍMICA		Disciplina: QUÍMICA	
		Slot: 24		Slot: 54	
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

+	+	+	+	+	+	+
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
+	+	+	+	+	+	+
07:30						
+	+	+	+	+	+	+
08:15						
+	+	+	+	+	+	+
09:00						
+	+	+	+	+	+	+
10:05						
+	+	+	+	+	+	+
10:50						
+	+	+	+	+	+	+
*****	*****	*****	*****	*****	*****	
+	+	+	+	+	+	+
13:30	Turma: 62		Turma: 72		Turma: 62	
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	
	ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS	
	Slot: 5		Slot: 35		Slot: 65	
+	+	+	+	+	+	+
14:15	Turma: 72	Turma: 102			Turma: 72	
	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA			Disciplina: LÍNGUA	
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	ESTRANGEIRA - INGLÊS			ESTRANGEIRA - INGLÊS	
	Slot: 6	Slot: 21			Slot: 66	
+	+	+	+	+	+	+
15:00	Turma: 302				Turma: 302	
	Disciplina: LÍNGUA				Disciplina: LÍNGUA	
	ESTRANGEIRA - INGLÊS				ESTRANGEIRA - INGLÊS	
	Slot: 7				Slot: 67	
+	+	+	+	+	+	+
16:05	Turma: 103		Turma: 62		Turma: 102	
	Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: LÍNGUA	
	ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS		ESTRANGEIRA - INGLÊS	
	Slot: 8		Slot: 38		Slot: 68	
+	+	+	+	+	+	+
16:50			Turma: 103			
			Disciplina: LÍNGUA			
			ESTRANGEIRA - INGLÊS			

				Slot: 39		
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30						
19:10						
19:50						
20:40						
21:20						

Professor(a): VDSS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Turma: 200 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 0	Turma: 201 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 15			
08:15		Turma: 101 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 16	Turma: 81 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 31	Turma: 201 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 46	Turma: 100 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 61
09:00		Turma: 81 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 17	Turma: 200 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 32		Turma: 81 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 62
10:05	Turma: 90 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 3	Turma: 90 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 18	Turma: 90 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 33		Turma: 101 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Slot: 63
10:50				Turma: 100 Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	

					Slot: 49	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Turma: 92		Turma: 93		Turma: 302	
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
	Slot: 5		Slot: 35		Slot: 65	
14:15	Turma: 302		Turma: 83		Turma: 102	
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
	Slot: 6		Slot: 36		Slot: 66	
15:00	Turma: 82	Turma: 83	Turma: 82	Turma: 92	Turma: 93	
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA					
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67	
16:05	Turma: 93		Turma: 203	Turma: 83	Turma: 82	
	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
	Slot: 8		Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68	
16:50			Turma: 92	Turma: 102	Turma: 203	
			Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
			Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69	
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30						
19:10						
19:50						
20:40						
21:20						

Professor(a): SDOG

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Turma: 101 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 15	Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 30	Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 45	Turma: 61 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 60
08:15	Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 1	Turma: 300 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 16	Turma: 70 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 31		
09:00	Turma: 101 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 2	Turma: 70 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 17			
10:05	Turma: 70 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 3	Turma: 71 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 18		Turma: 300 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 48	Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 63
10:50	Turma: 71 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 4	Turma: 100 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 19	Turma: 71 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 34	Turma: 60 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 49	Turma: 100 Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					

16:50					
*****   *****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Professor(a): NLB

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					Turma: 71
					Disciplina: CIÊNCIAS
					Slot: 60
08:15					
09:00					
10:05					
10:50		Turma: 71		Turma: 71	
		Disciplina: CIÊNCIAS		Disciplina: CIÊNCIAS	
		Slot: 19		Slot: 49	
*****   *****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					

14:15					
15:00	Turma: 73	Turma: 73			
	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: CIÊNCIAS			
	Slot: 7	Slot: 22			
16:05				Turma: 73	
				Disciplina: CIÊNCIAS	
				Slot: 68	
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

### APÊNDICE B - RESULTADO VISUAL DA GRADE DE TURMAS

Turma: 100 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 0	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 15	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 30	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 45	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 60
08:15	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 1	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 16	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 31	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 46	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 61
09:00	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 2	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): GDFSM Slot: 17	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 32	Disciplina: FILOSOFIA Professor(a): CMP Slot: 47	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 62
10:05	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): GDFSM Slot: 3	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 18	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 33	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 48	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 63
10:50	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 4	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 19	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 34	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 49	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					

16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 101 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 0	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 15	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 30	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 45	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 60
08:15	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 1	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 16	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 31	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 46	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 61
09:00	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 2	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 17	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 32	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 47	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 62
10:05	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 3	Disciplina: FILOSOFIA Professor(a): CMP Slot: 18	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 33	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 48	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 63

10:50	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: SOCIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: GEOGRAFIA
	Professor(a): HCN	Professor(a): VMV	Professor(a): GDFSM	Professor(a): GDFSM	Professor(a): AFPFV
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Slot: 49	Slot: 64
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 200 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: FILOSOFIA	Disciplina: FILOSOFIA	Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): VDSS	Professor(a): CMP	Professor(a): CMP	Professor(a): ASDS	PORTUGUESA E LITERATURA
	Slot: 0	Slot: 15	Slot: 30	Slot: 45	Professor(a): PRDR

					Slot: 60
08:15	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): PRDR Slot: 1	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 16	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 31	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 46	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 61
09:00	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 2	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 17	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 32	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): ASDMS Slot: 47	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 62
10:05	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 3	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): PRDR Slot: 18	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 33	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 48	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): ASDMS Slot: 63
10:50	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 4	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 19	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 34	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 49	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					

19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 201 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: FILOSOFIA Professor(a): CMP Slot: 0	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 15	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 30	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): PRDR Slot: 45	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 60
08:15	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): ASDMS Slot: 1	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): PRDR Slot: 16	Disciplina: FILOSOFIA Professor(a): CMP Slot: 31	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 46	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 61
09:00	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 2	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 17	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 32	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 47	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 62
10:05	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 3	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): APFFV Slot: 18	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 33	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 48	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): PRDR Slot: 63
10:50	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): APFFV Slot: 4	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 19	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 34	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): ASDMS Slot: 49	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 64
****	****	****	****	****	****

13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 300 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 0	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 15	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPV Slot: 30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): PYDMF Slot: 45	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 60
08:15	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): PYDMF Slot: 1	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 16	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 31	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 46	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 61

09:00	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: ARTE	Disciplina: FILOSOFIA	Disciplina: FÍSICA	Disciplina: FILOSOFIA
	Professor(a): LSI	Professor(a): AMBS	Professor(a): CMP	Professor(a): DGC	Professor(a): CMP
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: QUÍMICA
	Professor(a): AFPPV	Professor(a): GDFSM	PORTUGUESA E LITERATURA	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): ASDS
	Slot: 3	Slot: 18	Professor(a): LFR	Professor(a): SDOG	Slot: 63
			Slot: 33	Slot: 48	
10:50	Disciplina: SOCIOLOGIA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: BIOLOGIA
	Professor(a): VMV	Professor(a): LSI	Professor(a): ASDS	PORTUGUESA E LITERATURA	Professor(a): GDFSM
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Professor(a): LFR	Slot: 64
				Slot: 49	
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 102 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO					
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30	Disciplina: FILOSOFIA Professor(a): CMP Slot: 5	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): RN Slot: 20	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 35	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 50	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): RN Slot: 65
14:15	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): GDFSM Slot: 6	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): JDR Slot: 21	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 36	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 51	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 66
15:00	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 7	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): GDFSM Slot: 22	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 37	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPFV Slot: 52	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 67
16:05	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 8	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): DJDSG Slot: 23	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 38	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 53	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): JDR Slot: 68
16:50	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: ARTE	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: MATEMÁTICA

	PORTUGUESA E LITERATURA	PORTUGUESA E LITERATURA	Professor(a): AMBS	Professor(a): VDSS	Professor(a): DJDSG
	Professor(a): LFR	Professor(a): LFR	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
	Slot: 9	Slot: 24			
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 103 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): GDFSM	Professor(a): DGC	PORTUGUESA E LITERATURA	Professor(a): ASDS	PORTUGUESA E LITERATURA
	Slot: 5	Slot: 20	Professor(a): LFR	Slot: 50	Professor(a): LFR
			Slot: 35		Slot: 65

14:15	Disciplina: FILOSOFIA   Professor(a): CMP   Slot: 6	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): AFFFV   Slot: 21	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): RN   Slot: 36	Disciplina: ARTE   Professor(a): MLF   Slot: 51	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 66
15:00	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 7	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 22	Disciplina: QUÍMICA   Professor(a): ASDS   Slot: 37	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): RN   Slot: 52	Disciplina: SOCIOLOGIA   Professor(a): VMV   Slot: 67
16:05	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 8	Disciplina: ARTE   Professor(a): MLF   Slot: 23	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): AFFFV   Slot: 38	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): LFR   Slot: 53	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 68
16:50	Disciplina: FÍSICA   Professor(a): DGC   Slot: 9	Disciplina: SOCIOLOGIA   Professor(a): VMV   Slot: 24	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 39	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 54	Disciplina: BIOLOGIA   Professor(a): GDFSM   Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 202 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					

08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): SS   Slot: 5	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): AFFFV   Slot: 20	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): RN   Slot: 35	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): RN   Slot: 50	Disciplina: QUÍMICA   Professor(a): ASDS   Slot: 65
14:15	Disciplina: SOCIOLOGIA   Professor(a): VMV   Slot: 6	Disciplina: FÍSICA   Professor(a): DGC   Slot: 21	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): PRDR   Slot: 36	Disciplina: QUÍMICA   Professor(a): ASDS   Slot: 51	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 66
15:00	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): AFFFV   Slot: 7	Disciplina: SOCIOLOGIA   Professor(a): VMV   Slot: 22	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): SS   Slot: 37	Disciplina: FILOSOFIA   Professor(a): CMP   Slot: 52	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 67
16:05	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 8	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): PRDR   Slot: 23	Disciplina: BIOLOGIA   Professor(a): ASDMS   Slot: 38	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 53	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 68
16:50	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 9	Disciplina: FILOSOFIA   Professor(a): CMP   Slot: 24	Disciplina: FÍSICA   Professor(a): DGC   Slot: 39	Disciplina: BIOLOGIA   Professor(a): ASDMS   Slot: 54	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): PRDR   Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****

18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 203 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
09:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: SOCIOLOGIA	Disciplina: BIOLOGIA	Disciplina: MATEMÁTICA
	Professor(a): DJDSG	Professor(a): ASDMS	Professor(a): VMV	Professor(a): ASDMS	Professor(a): DJDSG
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: QUÍMICA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): APFV	Professor(a): DJDSG	Professor(a): ASDS	Professor(a): RN	PORTUGUESA E LITERATURA
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Professor(a): LFR
					Slot: 66
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00	Disciplina: FILOSOFIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA

		Professor(a): CMP		ESTRANGEIRA - INGLÊS		Professor(a): DGC		PORTUGUESA E LITERATURA		ESTRANGEIRA - INGLÊS		
		Slot: 7		Professor(a): SS		Slot: 37		Professor(a): LFR		Professor(a): SS		
				Slot: 22				Slot: 52		Slot: 67		
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	16:05		Disciplina: LÍNGUA		Disciplina: SOCIOLOGIA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA		Disciplina: FÍSICA		Disciplina: GEOGRAFIA	
			PORTUGUESA E LITERATURA		Professor(a): VMV		Professor(a): VDSS		Professor(a): DGC		Professor(a): AFPFV	
			Professor(a): LFR		Slot: 23		Slot: 38		Slot: 53		Slot: 68	
			Slot: 8									
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	16:50		Disciplina: ARTE		Disciplina: HISTÓRIA		Disciplina: FILOSOFIA		Disciplina: QUÍMICA		Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	
			Professor(a): AMBS		Professor(a): RN		Professor(a): CMP		Professor(a): ASDS		Professor(a): VDSS	
			Slot: 9		Slot: 24		Slot: 39		Slot: 54		Slot: 69	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	****		****		****		****		****		****	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	18:30											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	19:10											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	19:50											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	20:40											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	21:20											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												

Turma: 302 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	Hora		Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	07:30											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	08:15											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	09:00											
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+												
	10:05											

10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): LFR   Slot: 5	Disciplina: FILOSOFIA   Professor(a): CMP   Slot: 20	Disciplina: FILOSOFIA   Professor(a): CMP   Slot: 35	Disciplina: SOCIOLOGIA   Professor(a): VMV   Slot: 50	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): VDSS   Slot: 65
14:15	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): VDSS   Slot: 6	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 21	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): LSI   Slot: 36	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): AFPFV   Slot: 51	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 66
15:00	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 7	Disciplina: FÍSICA   Professor(a): DGC   Slot: 22	Disciplina: BIOLOGIA   Professor(a): GDFSM   Slot: 37	Disciplina: QUÍMICA   Professor(a): ASDS   Slot: 52	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 67
16:05	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): LSI   Slot: 8	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): RN   Slot: 23	Disciplina: FÍSICA   Professor(a): DGC   Slot: 38	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): LSI   Slot: 53	Disciplina: BIOLOGIA   Professor(a): GDFSM   Slot: 68
16:50	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): AFPFV   Slot: 9	Disciplina: QUÍMICA   Professor(a): ASDS   Slot: 24	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): LFR   Slot: 39	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA E LITERATURA   Professor(a): LFR   Slot: 54	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): RN   Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					

21:20					
-----					
Turma: 70 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS					
-----					
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
-----					
07:30	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: GEOGRAFIA
	Professor(a): LSI	Professor(a): LSI	Professor(a): LACDR	Professor(a): MAL	Professor(a): LACDR
	Slot: 0	Slot: 15	Slot: 30	Slot: 45	Slot: 60
-----					
08:15	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: HISTÓRIA
	Professor(a): RSB	Professor(a): ASDMS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): LACDR	Professor(a): MAL
	Slot: 1	Slot: 16	Professor(a): SDOG	Slot: 46	Slot: 61
			Slot: 31		
-----					
09:00	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Professor(a): ASDMS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): LSI	Professor(a): LSI	Professor(a): RSB
	Slot: 2	Professor(a): SDOG	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
		Slot: 17			
-----					
10:05	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: ARTE	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: ARTE
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): RSB	Professor(a): MLF	Professor(a): ASDMS	Professor(a): MLF
	Professor(a): SDOG	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
	Slot: 3				
-----					
10:50	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	PORTUGUESA	Professor(a): MAL	PORTUGUESA	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Professor(a): AGDQ	Slot: 19	Professor(a): AGDQ	Professor(a): AGDQ	Professor(a): AGDQ
	Slot: 4		Slot: 34	Slot: 49	Slot: 64
-----					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
-----					
13:30					
-----					
14:15					
-----					

15:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 71 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: CIÊNCIAS
	Professor(a): TSB	Professor(a): LACDR	PORTUGUESA	Professor(a): LACDR	Professor(a): NLB
	Slot: 0	Slot: 15	Professor(a): AGDQ	Slot: 45	Slot: 60
			Slot: 30		
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15	Disciplina: ARTE	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: ARTE
	Professor(a): MLF	Professor(a): LSI	Professor(a): LSI	Professor(a): RSB	Professor(a): MLF
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
09:00	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): RSB	PORTUGUESA	Professor(a): TSB	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 2	Professor(a): AGDQ	Slot: 32	Professor(a): AGDQ	Professor(a): AGDQ
		Slot: 17		Slot: 47	Slot: 62
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

10:05	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Professor(a): LSI	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): LACDR	Professor(a): TSB	Professor(a): RSB
	Slot: 3	Professor(a): SDOG	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
		Slot: 18			
+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:50	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: MATEMÁTICA
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): NLB	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): NLB	Professor(a): LSI
	Professor(a): SDOG	Slot: 19	Professor(a): SDOG	Slot: 49	Slot: 64
	Slot: 4		Slot: 34		
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					
13:30					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
14:15					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
15:00					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:05					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:50					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					
18:30					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:10					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:50					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
20:40					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
21:20					
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Turma: 80 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

+-----+-----+-----+-----+-----+

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 0	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 15	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): RSB Slot: 45	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 60
08:15	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPV Slot: 1	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPV Slot: 16	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): RSB Slot: 31	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 46	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 61
09:00	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 2	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 17	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPV Slot: 32	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 47	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 62
10:05	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 3	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 18	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 33	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 48	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 63
10:50	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 4	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 19	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 34	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 49	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): RSB Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					

*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 81 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 0	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPFV Slot: 15	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 30	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 45	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPFV Slot: 60
08:15	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 1	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 16	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 31	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 46	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 61
09:00	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPFV Slot: 2	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 17	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 32	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 47	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 62
10:05	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 3	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 18	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 33	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 48	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 63

10:50	Disciplina: CIÊNCIAS		Disciplina: HISTÓRIA		Disciplina: ARTE		Disciplina: MATEMÁTICA		Disciplina: HISTÓRIA	
	Professor(a): ASDMS		Professor(a): TSB		Professor(a): AMBS		Professor(a): LSI		Professor(a): TSB	
	Slot: 4		Slot: 19		Slot: 34		Slot: 49		Slot: 64	
+-----+	*****	+-----+	*****	+-----+	*****	+-----+	*****	+-----+	*****	+-----+
13:30										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
14:15										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
15:00										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
16:05										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
16:50										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
*****	*****		*****		*****		*****		*****	
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
18:30										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
19:10										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
19:50										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
20:40										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
21:20										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+

Turma: 72 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
Hora	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta	
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
07:30										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+
08:15										
+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+		+-----+

09:00					
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:05					
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:50					
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
13:30	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: CIÊNCIAS
	Professor(a): ASDMS	Professor(a): MAL	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): MAL	Professor(a): ASDMS
	Slot: 5	Slot: 20	Professor(a): JDR	Slot: 50	Slot: 65
			Slot: 35		
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
14:15	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: LÍNGUA
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	PORTUGUESA	Professor(a): AFFFV	Professor(a): LSI	ESTRANGEIRA - INGLÊS
	Professor(a): JDR	Professor(a): AGDQ	Slot: 36	Slot: 51	Professor(a): JDR
	Slot: 6	Slot: 21			Slot: 66
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
15:00	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: HISTÓRIA
	Professor(a): LSI	Professor(a): RSB	PORTUGUESA	Professor(a): RSB	Professor(a): MAL
	Slot: 7	Slot: 22	Professor(a): AGDQ	Slot: 52	Slot: 67
			Slot: 37		
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:05	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA
	Professor(a): RSB	Professor(a): AFFFV	Professor(a): LSI	Professor(a): AFFFV	Professor(a): LSI
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:50	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: ARTE	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: ARTE
	PORTUGUESA	Professor(a): AMBS	Professor(a): ASDMS	PORTUGUESA	Professor(a): AMBS
	Professor(a): AGDQ	Slot: 24	Slot: 39	Professor(a): AGDQ	Slot: 69
	Slot: 9			Slot: 54	
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
18:30					
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:10					
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+					

19:50				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 73 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
09:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA
	Professor(a): MAL	PORTUGUESA	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): AFPFV	Professor(a): LSI
	Slot: 5	Professor(a): AGDQ	Professor(a): SS	Slot: 50	Slot: 65
		Slot: 20	Slot: 35		
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: ARTE	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	PORTUGUESA	Professor(a): RSB	Professor(a): AMBS	ESTRANGEIRA - INGLÊS	PORTUGUESA
	Professor(a): AGDQ	Slot: 21	Slot: 36	Professor(a): SS	Professor(a): AGDQ
	Slot: 6			Slot: 51	Slot: 66
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Professor(a): NLB	Professor(a): NLB	Professor(a): LSI	Professor(a): LSI	Professor(a): RSB
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

16:05	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: ARTE	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): AMBS	Professor(a): MAL	PORTUGUESA	Professor(a): NLB
	Professor(a): SS	Slot: 23	Slot: 38	Professor(a): AGDQ	Slot: 68
	Slot: 8			Slot: 53	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
16:50	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: GEOGRAFIA
	Professor(a): LSI	Professor(a): AFPFV	Professor(a): RSB	Professor(a): MAL	Professor(a): AFPFV
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					
18:30					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:10					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
19:50					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
20:40					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
21:20					
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Turma: 82 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

+-----+-----+-----+-----+-----+					
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+-----+-----+-----+-----+					
07:30					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
08:15					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
09:00					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:05					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
10:50					
+-----+-----+-----+-----+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+-----+-----+-----+-----+					

13:30	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: ARTE	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: ARTE
	Professor(a): LSI	Professor(a): AMBS	Professor(a): APFFV	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): AMBS
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Professor(a): SS	Slot: 65
				Slot: 50	
14:15	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: GEOGRAFIA
	Professor(a): MAL	ESTRANGEIRA - INGLÊS	PORTUGUESA	Professor(a): ASDMS	Professor(a): APFFV
	Slot: 6	Professor(a): SS	Professor(a): AGDQ	Slot: 51	Slot: 66
		Slot: 21	Slot: 36		
15:00	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): VDSS	Professor(a): APFFV	Professor(a): VDSS	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Professor(a): AGDQ	Professor(a): AGDQ
				Slot: 52	Slot: 67
16:05	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	PORTUGUESA	Professor(a): LSI	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): MAL	Professor(a): VDSS
	Professor(a): AGDQ	Slot: 23	Professor(a): SS	Slot: 53	Slot: 68
	Slot: 8		Slot: 38		
16:50	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: CIÊNCIAS
	Professor(a): ASDMS	Professor(a): MAL	Professor(a): LSI	Professor(a): LSI	Professor(a): ASDMS
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 83 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 5	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 20	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 35	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 50	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 65
14:15	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): LSI Slot: 6	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 21	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 36	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 51	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): MAL Slot: 66
15:00	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 7	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 22	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 37	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): MAL Slot: 52	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPFV Slot: 67
16:05	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFPPFV Slot: 8	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 23	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): AGDQ Slot: 38	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 53	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ASDMS Slot: 68
16:50	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA

	ESTRANGEIRA - INGLÊS	PORTUGUESA	Professor(a): MAL	Professor(a): AFPFV	Professor(a): LSI	
	Professor(a): SS	Professor(a): AGDQ	Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69	
	Slot: 9	Slot: 24				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	*****	*****	*****	*****	*****	
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	20:40					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	21:20					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 30 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	07:30	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
		Professor(a): GC	Professor(a): GC		Professor(a): GC	Professor(a): GC
		Slot: 0	Slot: 15		Slot: 45	Slot: 60
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	08:15	Disciplina: LETRAS - ENS.				
		FUND.- ANOS INICIAIS				
		Professor(a): GC				
		Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	09:00	Disciplina: ARTE	Disciplina: LETRAS - ENS.			
		Professor(a): MLF	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
		Slot: 2	Professor(a): GC	Professor(a): GC	Professor(a): GC	Professor(a): GC
			Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
	10:05	Disciplina: LETRAS - ENS.				

	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): GC	Professor(a): GC	Professor(a): GC	Professor(a): GC	Professor(a): GC
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50	Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: ARTE	
	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF	
	Professor(a): GC		Professor(a): GC	Slot: 49	
	Slot: 4		Slot: 34		
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 62 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
------	---------	-------	--------	--------	-------

07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 5	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): DAM   Slot: 20	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 35	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 50	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 65
14:15	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 6	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 21	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): MAL   Slot: 36	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 51	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 66
15:00	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 7	Disciplina: CIÊNCIAS   Professor(a): ICTCDA   Slot: 22	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): DAM   Slot: 37	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): DAM   Slot: 52	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 67
16:05	Disciplina: CIÊNCIAS   Professor(a): ICTCDA   Slot: 8	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 23	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): JDR   Slot: 38	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 53	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 68
16:50	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): MAL   Slot: 9	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 24	Disciplina: CIÊNCIAS   Professor(a): ICTCDA   Slot: 39	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 54	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): MAL   Slot: 69

*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 92 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 5	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 20	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): MAL Slot: 35	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 50	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ICTCDA Slot: 65
14:15	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ICTCDA Slot: 21	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 36	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): MMSDF Slot: 51	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS

	Slot: 6				Slot: 66
15:00	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 7	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 22	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): MMSDF Slot: 37	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 52	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 67
16:05	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 8	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): MAL Slot: 23	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): ICTCDA Slot: 38	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 53	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): MAL Slot: 68
16:50	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): MMSDF Slot: 9	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 24	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 39	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 54	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 93 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					

09:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: HISTÓRIA
	Professor(a): MMSDF	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): VDSS	Professor(a): AJDG	Professor(a): MAL
	Slot: 5	Professor(a): SS	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
		Slot: 20			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: MATEMÁTICA
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): MMSDF	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): MAL	Professor(a): AJDG
	Professor(a): SS	Slot: 21	Professor(a): SS	Slot: 51	Slot: 66
	Slot: 6		Slot: 36		
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: ARTE	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA
	Professor(a): ICTCDA	Professor(a): AMBS	Professor(a): MAL	Professor(a): MMSDF	Professor(a): VDSS
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: ARTE	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): VDSS	Professor(a): AJDG	Professor(a): AMBS	PORTUGUESA	PORTUGUESA
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Professor(a): PRDR	Professor(a): PRDR
				Slot: 53	Slot: 68
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: CIÊNCIAS
	Professor(a): AJDG	PORTUGUESA	PORTUGUESA	Professor(a): ICTCDA	Professor(a): ICTCDA
	Slot: 9	Professor(a): PRDR	Professor(a): PRDR	Slot: 54	Slot: 69
		Slot: 24	Slot: 39		
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

19:50				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20				
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 32 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
09:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): LRDS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): MLDSDS	Slot: 20	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS
	Slot: 5		Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: ARTE
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF
	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Slot: 67
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	

16:05	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 8	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 23	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 38	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 53	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 68
16:50	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): LRDS Slot: 9	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 24	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): LRDS Slot: 39	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 54	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 41 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 0		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 30	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 45	
08:15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 1	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 16	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 31	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 46	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MLDSDS Slot: 61

09:00	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): MLDSDS				
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): MLDSDS				
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: ARTE		Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF		FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): MLDSDS	Professor(a): MLDSDS	Slot: 34		Professor(a): MLDSDS
	Slot: 4	Slot: 19			Slot: 64
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
21:20					
Turma: 90 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS					
07:30	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 0	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): JDAM Slot: 15	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 30	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): JDAM Slot: 45	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 60
08:15	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 1	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 16	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 31	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 46	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 61
09:00	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA Professor(a): PRDR Slot: 2	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 17	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SS Slot: 32	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 47	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 62
10:05	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 3	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 18	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 33	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): MMSDF Slot: 48	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): MMSDF Slot: 63
10:50	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 4	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): MMSDF Slot: 19	Disciplina: CIÊNCIAS Professor(a): JDAM Slot: 34	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): TSB Slot: 49	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					

16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 60 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: ARTE	Disciplina: CIÊNCIAS
	Professor(a): RSB	PORTUGUESA	Professor(a): JDAM	Professor(a): AMBS	Professor(a): JDAM
	Slot: 0	Professor(a): PRDR	Slot: 30	Slot: 45	Slot: 60
		Slot: 15			
08:15	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: CIÊNCIAS	Disciplina: GEOGRAFIA
	ESTRANGEIRA - INGLÊS	Professor(a): DJDSG	PORTUGUESA	Professor(a): JDAM	Professor(a): LACDR
	Professor(a): SDOG	Slot: 16	Professor(a): PRDR	Slot: 46	Slot: 61
	Slot: 1		Slot: 31		
09:00	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: HISTÓRIA
	Professor(a): MAL	Professor(a): RSB	Professor(a): LACDR	Professor(a): DJDSG	Professor(a): MAL
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: ARTE	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LÍNGUA

	PORTUGUESA	Professor(a): AMBS	Professor(a): DJDSG	Professor(a): RSB	ESTRANGEIRA - INGLÊS
	Professor(a): PRDR	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Professor(a): SDOG
	Slot: 3				Slot: 63
10:50	Disciplina: MATEMÁTICA	Disciplina: GEOGRAFIA	Disciplina: HISTÓRIA	Disciplina: LÍNGUA	Disciplina: LÍNGUA
	Professor(a): DJDSG	Professor(a): LACDR	Professor(a): MAL	ESTRANGEIRA - INGLÊS	PORTUGUESA
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Professor(a): SDOG	Professor(a): PRDR
				Slot: 49	Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 61 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS FINAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
------	---------	-------	--------	--------	-------

07:30	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 0	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 15	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): SDOG   Slot: 30	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): SDOG   Slot: 45	Disciplina: LÍNGUA   ESTRANGEIRA - INGLÊS   Professor(a): SDOG   Slot: 60
08:15	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 1	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): MAL   Slot: 16	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): LACDR   Slot: 31	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 46	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 61
09:00	Disciplina: CIÊNCIAS   Professor(a): JDAM   Slot: 2	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 17	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 32	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 47	Disciplina: LÍNGUA   PORTUGUESA   Professor(a): PRDR   Slot: 62
10:05	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA   Professor(a): RSB   Slot: 3	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): LACDR   Slot: 18	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): MAL   Slot: 33	Disciplina: HISTÓRIA   Professor(a): MAL   Slot: 48	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 63
10:50	Disciplina: GEOGRAFIA   Professor(a): LACDR   Slot: 4	Disciplina: ARTE   Professor(a): AMBS   Slot: 19	Disciplina: MATEMÁTICA   Professor(a): DJDSG   Slot: 34	Disciplina: CIÊNCIAS   Professor(a): JDAM   Slot: 49	Disciplina: CIÊNCIAS   Professor(a): JDAM   Slot: 64
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					

19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 21 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 30		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 60
08:15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 1	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 16	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 31	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 46	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 61
09:00	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 2	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 17	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 32	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 47	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 62
10:05	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 3	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 18	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 33	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 48	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 63
10:50	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 64

	Slot: 4	Slot: 19		Slot: 49	
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 20 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 0	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 15			Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 60
08:15	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.

	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): MHMP				
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
09:00	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): MHMP				
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): MHMP				
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	
	Professor(a): MLF	Professor(a): MLF	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Slot: 4	Slot: 19	Professor(a): MHMP	Professor(a): MHMP	
			Slot: 34	Slot: 49	
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					



13:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****   *****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 11 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora   Segunda   Terça   Quarta		Quinta   Sexta			
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
09:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
10:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

10:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
13:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 40 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): SF Slot: 15	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 30		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): SF Slot: 60
08:15	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.

	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): SF				
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
09:00	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: ARTE	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): SF	Slot: 17	Professor(a): SF	Professor(a): SF	Professor(a): SF
	Slot: 2		Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
10:05	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): SF				
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
10:50	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	
	Professor(a): SF	Professor(a): SF	Professor(a): SF	Professor(a): SF	
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Slot: 49	
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					



13:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
14:15					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
15:00					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:05					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
16:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
18:30					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:10					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
19:50					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
20:40					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
21:20					
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

Turma: 51 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
07:30	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF	Professor(a): MLF
	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Slot: 45	Slot: 60
	Slot: 0	Slot: 15	Slot: 30		
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+
08:15	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): LV				
	Slot: 1	Slot: 16	Slot: 31	Slot: 46	Slot: 61
+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+	+-----+

09:00	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV
	Slot: 2	Slot: 17	Slot: 32	Slot: 47	Slot: 62
+-----+					
10:05	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV
	Slot: 3	Slot: 18	Slot: 33	Slot: 48	Slot: 63
+-----+					
10:50	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	Professor(a): RSB	Professor(a): RSB	Professor(a): RSB	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Slot: 4	Slot: 19	Slot: 34	Professor(a): LV	Professor(a): LV
				Slot: 49	Slot: 64
+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+					
13:30					
+-----+					
14:15					
+-----+					
15:00					
+-----+					
16:05					
+-----+					
16:50					
+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+					
18:30					
+-----+					
19:10					
+-----+					
19:50					
+-----+					
20:40					
+-----+					
21:20					

Turma: 12 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS						
Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	
07:30						
08:15						
09:00						
10:05						
10:50						
****	****	****	****	****	****	
13:30		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 20	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 35		Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 65	
14:15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 6	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 21	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 36	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 51	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 66	
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 7	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 22	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 37	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 52	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 67	
16:05	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 8	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 23	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 38	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 53	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 68	

16:50	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 9	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 24	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 39	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): PDOE Slot: 54
****	****	****	****	****
18:30				
19:10				
19:50				
20:40				
21:20				

Turma: 22 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS				

	Professor(a): MHMP	Professor(a): MHMP	Professor(a): MHMP	Professor(a): MHMP	Professor(a): MHMP
	Slot: 5	Slot: 20	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
14:15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 6	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 21	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 36	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 51	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 66
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 7	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 22	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 37	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 52	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 67
16:05	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 8	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 23	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 38	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 53	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MHMP Slot: 68
16:50	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 9	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 24			
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 33 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): LRDS Slot: 5	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 20	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 35	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): LRDS Slot: 50	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 65
14:15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 6	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 21	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 36	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 51	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 66
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 7	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 22	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 37	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 52	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 67
16:05	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 8	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 23	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 38	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 53	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 68
16:50	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 9	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): LRDS Slot: 24	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 39	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): ALDC Slot: 54	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 69

*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 43 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30					
14:15		Disciplina: ARTE			
		Professor(a): MLF			
		Slot: 21			
15:00					



	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF	FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): SF	Slot: 20	Professor(a): SF		Professor(a): SF
	Slot: 5		Slot: 35		Slot: 65
14:15	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: ARTE			
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): MLF
	Professor(a): SF	Professor(a): SF	Professor(a): SF	Professor(a): SF	Slot: 66
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): SF				
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
16:05	Disciplina: LETRAS - ENS.				
	FUND.- ANOS INICIAIS				
	Professor(a): SF				
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
16:50		Disciplina: LETRAS - ENS.		Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
		FUND.- ANOS INICIAIS		FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
		Professor(a): SF		Professor(a): SF	Professor(a): SF
		Slot: 24		Slot: 54	Slot: 69
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 52 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Horas	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
****	****	****	****	****	****
13:30	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 5	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): RSB Slot: 20	Disciplina: ARTE Professor(a): MLF Slot: 35	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 50	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): RSB Slot: 65
14:15	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 6	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 21	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 36	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 51	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 66
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 7	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 22	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 37	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 52	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 67
16:05	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 8	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 23	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 38	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 53	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS Professor(a): MDOC Slot: 68
16:50	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): RSB	Disciplina: LETRAS - ENS. FUND.- ANOS INICIAIS

	Professor(a): MDOC	Professor(a): MDOC	Professor(a): MDOC	Slot: 54	Professor(a): MDOC
	Slot: 9	Slot: 24	Slot: 39		Slot: 69
*****	*****	*****	*****	*****	*****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

Turma: 53 Área de Ensino: ENS.FUND.ANOS INICIAIS

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30					
08:15					
09:00					
10:05					
10:50					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
13:30	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: ARTE	Disciplina: ARTE
	Professor(a): RSB	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): RSB	Professor(a): MLF	Professor(a): MLF
	Slot: 5	Professor(a): LV	Slot: 35	Slot: 50	Slot: 65
		Slot: 20			

14:15	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV
	Slot: 6	Slot: 21	Slot: 36	Slot: 51	Slot: 66
+-----+					
15:00	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV
	Slot: 7	Slot: 22	Slot: 37	Slot: 52	Slot: 67
+-----+					
16:05	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV
	Slot: 8	Slot: 23	Slot: 38	Slot: 53	Slot: 68
+-----+					
16:50	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.	Disciplina: LETRAS - ENS.
	FUND.- ANOS INICIAIS	Professor(a): RSB	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS	FUND.- ANOS INICIAIS
	Professor(a): LV	Slot: 24	Professor(a): LV	Professor(a): LV	Professor(a): LV
	Slot: 9		Slot: 39	Slot: 54	Slot: 69
+-----+					
*****	*****	*****	*****	*****	*****
+-----+					
18:30					
+-----+					
19:10					
+-----+					
19:50					
+-----+					
20:40					
+-----+					
21:20					
+-----+					

---

## APÊNDICE C - CÓDIGO FONTE DO PROGRAMA

Conforme já mencionado anteriormente, face ao fato de o código ser extenso, o mesmo está sendo disponibilizado no endereço eletrônico:

[https://github.com/EdmilsonDomingues/TCC\\_Edmilson-Domingues](https://github.com/EdmilsonDomingues/TCC_Edmilson-Domingues)

## APÊNDICE D - RESTRIÇÕES / VISÃO COMPUTACIONAL

Neste apêndice são apresentadas as mesmas restrições da seção “PARTE 1 - DESENVOLVIMENTO DO MODELO MATEMÁTICO PARA A PESQUISA OPERACIONAL / Restrições”, porém adotando-se uma notação diferente em relação àquela, na busca por um viés mais computacional.

### Restrição 1:

$$\left[ \sum_{\text{tuplas (d, p)}} x_{tdps} \leq 1 \right] \text{ para toda tupla (t, s)}$$

### Restrição 2:

$$\left[ \sum_{\text{tuplas (t, d)}} x_{tdps} \leq 1 \right] \text{ para toda tupla (p, s)}$$

### Restrição 3:

$$\left[ \left[ \sum_{\text{tuplas (p, s) com s em Si}} x_{tdps} \leq 1 \right] \text{ para todo Si} \right] \text{ para toda tupla (t, d)}$$

### Restrição 4:

$$\left[ \left[ \sum_{\text{tuplas (p, s) com s em Si}} x_{tdps} \leq 2 \right] \text{ para todo Si} \right] \text{ para toda tupla (t, Gd)}$$

### Restrição 5:

$$\left[ \sum_{\text{tuplas (t, d, s)}} x_{tdps} = Cp \right] \text{ para todo professor (p)}$$

**Restrição 6:**

$$\left[ \sum_{\text{tuplas } (p, s)} x_{tdps} = Cd \right] \text{ para toda tupla } (t, d)$$

**Restrição 7:**

$$\left[ \left[ \sum_{\text{tuplas } (p, s) \text{ com } s \text{ em Sci}} x_{tdps} \leq 1 \right] \text{ para todo Sci} \right] \text{ para toda tupla } (t, d)$$

**Restrição 8:**

$$\left[ \left[ \sum_{\text{tuplas } (t, d)} x_{tdps} \leq 1 \right] \text{ para todo Sg} \right] \text{ para todo professor } (p) \text{ com grade dupla}$$

**Restrição 9:**

$$\left[ \left[ \sum_s x_{tdps} = Cd \cdot z_{tdp} \right] \text{ para toda tupla } (t, d) \right] \text{ para todo professor } (p) \text{ de } d$$

$$\left[ \sum_p z_{tdp} = 1 \right] \text{ para toda tupla } (t, d)$$

**APÊNDICE E - SBC PAPER****Planejamento de agenda escolar fazendo uso de técnicas de programação matemática e algoritmo genético****Edmilson Domingues<sup>1</sup>, Prof. Álvaro Junio Pereira Franco<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Informática e Estatística  
Universidade Federal de Santa Catarina  
CEP 88040-370 - Carvoeira, Florianópolis - SC - Brazil

edmilson.domingues1@gmail.com, alvaro.junio@ufsc.br

**ABSTRACT.** *This work is inserted in the field of Operational Research and seeks to present solutions to a school agenda problem. Operational Research is one of the curricular contents of the technological training of Bachelor's degrees in Information Systems. The school agenda problem is a real problem and its input data originates from 129 school units that are in operation in the state of Santa Catarina. One solution to the problem suggests allocating timetables to the subjects in a class. Some constraints must be met, for example, a fixed timetable cannot be occupied by two different subjects in the same class. Other constraints are less demanding, but must be met as best as possible, for example, subjects with a common teacher must be taught contiguously as much as possible. To find a solution, two approaches were used - one, using mathematical programming and the other, using a genetic algorithm. The results found for both one approach and the other showed that its application in practice is possible. These results are presented and analyzed in detail at the end of this work.*

**RESUMO.** *Este trabalho está inserido no campo da Pesquisa Operacional e busca apresentar soluções para um problema de agenda escolar. A Pesquisa Operacional é um dos conteúdos curriculares da formação tecnológica dos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação. O problema da agenda escolar é um problema real e seus dados de entrada são originários de 129 unidades escolares que estão em operação no estado de Santa Catarina. Uma solução para o problema sugere uma alocação de horários para as disciplinas de uma turma. Algumas restrições devem ser atendidas como, por exemplo, um horário fixo não pode ser ocupado por duas disciplinas diferentes de uma mesma turma. Outras restrições são menos exigentes, mas devem ser atendidas da melhor forma possível como, por exemplo, as disciplinas com um professor comum devem ser ministradas de forma contígua, tanto quanto possível. Para encontrar uma solução, foram utilizadas duas abordagens - uma, fazendo uso de programação matemática e a outra, de um algoritmo genético. Os resultados encontrados tanto para uma abordagem quanto para a outra mostraram que é possível a sua aplicação na prática. Estes resultados são apresentados e analisados em detalhes no final deste trabalho.*

## 1. Introdução

A busca por um tema que me permitisse aplicar, de forma prática, os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Sistemas de Informação, foi rapidamente concluída quando me deparei com o problema da agenda escolar. Foi a partir dele que tive a oportunidade de conhecer a área da Pesquisa Operacional (PO) e ter contato com outros tantos casos que me ajudaram a entender os caminhos que precisaria percorrer para propor soluções adequadas. Este trabalho aborda o tema *School Timetabling Problem*<sup>5</sup> [Lions, 1967], sua caracterização e propostas de solução [Pillay, 2014].

Dentre as muitas tarefas associadas ao gerenciamento escolar está uma que é realizada periodicamente, a da alocação de professores nas disciplinas / turmas no quadro de horários. Cada entidade de ensino é um prestador de serviços educacionais para a sociedade e está sujeito à demanda originária dos alunos, que dela dependem para continuar os seus estudos. Esta oferta está sujeita a uma série de restrições a serem consideradas na alocação de professores, tais como ministrar, em sua totalidade, as disciplinas integrantes dos currículos, trabalhar com os recursos físicos existentes, atender de forma adequada alunos com necessidades especiais, gerir estruturas físicas para ensino especializado - como laboratórios e quadras de esporte, gerir o quadro de professores com suas cargas horárias contratadas, dentre tantas outras. Este enorme conjunto de recursos limitados caracteriza o problema com que o gestor educacional lida. Pode-se notar que o problema a ser resolvido não é um problema trivial, mas ao contrário, sujeito a diversas restrições, uma vez que os recursos são finitos e requerem um tratamento adequado para que se possa obter o melhor resultado possível, sendo este caracterizado com base nos objetivos gerenciais estabelecidos.

Este problema de alocação é conhecido na literatura como *School Timetabling Problem* (STP) [Lions, 1967] e sua solução também passa pela PO, área do conhecimento humano que busca apoiar a tomada de decisões em cenários complexos [The Operational Research Society, 2023].

O problema de alocação descrito acima possui características particulares, como as restrições e a função objetivo consideradas. O item “Detalhamento Técnico do Problema” apresenta estas características.

Diante da caracterização do problema, conclui-se que para fazê-lo sem o apoio de uma ferramenta computacional de suporte à decisão, a tarefa pode ser considerada árdua, podendo inclusive não alcançar os objetivos iniciais do gestor. O presente trabalho busca oferecer alternativas que sirvam como solução ao problema ora apresentado.

Do ponto de vista tecnológico este problema é classificado como um problema de otimização e até o momento não existe um algoritmo de ordem polinomial que possa ser a ele aplicado para alcançar-se uma solução. Assim, técnicas como Programação Matemática (PM) e Algoritmos Genéticos (AG) são então aplicadas ao problema, na busca por soluções factíveis.

Diante da demanda apresentada através deste estudo de caso, onde o usuário (real) pretende disponibilizar uma ferramenta própria para apresentação visual do agendamento de professores e turmas, é proposto um modelo que possa atender aos requisitos e regras de negócio especificados pelos demandantes deste trabalho, além de apresentar soluções factíveis

---

<sup>5</sup> Este problema e suas alternativas de resolução estão inseridos na Grande Área de Ciências Exatas e da Terra, Área de Ciência da Computação, Subárea de Matemática da Computação, Especialidade Otimização Combinatória.

a partir das suas entradas de dados. A motivação surge da oportunidade que nos foi dada de poder contribuir de forma direta nesta parceria, uma vez que o departamento dispõe do conhecimento e acesso às tecnologias necessárias. Viabilizar uma ferramenta como esta, com base em métodos da PO, é contribuir de forma determinante para a melhoria da gestão do nosso cliente, visto que serão buscadas soluções que vão ao encontro dos objetivos definidos pelo cliente (soluções ótimas).

Muitos são os trabalhos correlatos, mas o que se observa é que a maior parte deles também busca resolver casos específicos, especialmente pelo fato de que as restrições aplicadas a cada problema são muito próprias dos mesmos, como apontado em Pillay (2014). Merece um especial destaque o trabalho [Reeves, 1997] que aborda a utilização de AGs para a resolução de problemas da PO. Já o trabalho de Pillay (2014) promove uma visão ampla sobre o STP.

A presente proposta visa a solução de instâncias reais do STP. Esta classe de problemas passou, pela sua importância, a constituir um segmento de pesquisas em PO. Este trabalho se propõe a resolver um caso real, apresentando não só uma solução por PM, como também uma solução baseada em AG. Além disso, o estudo das restrições foi além daquelas voltadas ao presente problema, pois foram resultados de indagações próprias sobre situações gerais que poderiam ocorrer normalmente em algumas outras escolas. Assim, na seção “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático para a Pesquisa Operacional” estas restrições são apresentadas, como forma de contribuição para outros trabalhos, tornando a proposta mais abrangente. Outra proposta deste trabalho está em se buscar uma abrangência das técnicas. São um total de 129 escolas analisadas para a realização deste trabalho.

## 2. Desenvolvimento da Proposta

Este desenvolvimento está dividido em 3 partes principais:

- **Parte 1:** elaboração de um modelo para solução do problema de PO apresentado;
- **Parte 2:** solução do problema, adotando ferramentas de programação matemática;
- **Parte 3:** solução do problema, adotando uma abordagem por algoritmo genético;

Antes de discorrer sobre cada uma das partes citadas, faz-se necessário tratar de pontos comuns entre as mesmas. O item a seguir trata da apresentação do detalhamento do problema, onde será utilizada uma abordagem técnica.

### 2.1. Detalhamento técnico do problema

Da mesma forma como são tratados os problemas em PO, faz-se aqui necessário que se realize um levantamento das variáveis envolvidas, restrições impostas e objetivo delineado para o problema, de forma mais abrangente possível, caracterizando os principais pontos encontrados na pesquisa realizada, para o maior entendimento deste problema. Para isto, buscou-se alguns problemas semelhantes e procurou-se resumir estas características na seção intitulada “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático para a Pesquisa Operacional”, para que seja utilizada neste trabalho, mas para que também possa servir de consulta a outros trabalhos futuros. Embora se tenha procurado dar uma certa amplitude às restrições e sirva como uma forma de compartilhar conhecimento, deve ficar claro que este não é um trabalho exaustivo, até porque cada problema apresenta suas especificidades, não sendo possível uma documentação completa. No entanto, quem acessá-la poderá entender mais facilmente como se dá a construção do modelo. Reforço aqui que esta documentação é comum a todas as partes

do trabalho e se em uma outra oportunidade vier a ser incluído mais um método para resolução do mesmo problema, este conhecimento far-se-á necessário.

O levantamento de requisitos com o cliente mostrou que o escopo da aplicação é um subconjunto da referida seção. Neste trabalho estão sendo consideradas algumas variáveis, algumas restrições *hard*, bem como a função objetivo, que serão apresentadas ao final da seção “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático Para a Pesquisa Operacional”.

A linguagem computacional adotada foi Python. Neste trabalho, embora as Partes 2 e 3 sejam totalmente diferentes no seu processo de solução do mesmo problema, a Parte 1, relativa ao modelo, vale para ambas. Isto significa que uma vez constituída uma restrição na Parte 1, ela irá servir tanto para a Parte 2 quanto para a Parte 3. Além disso, procurou-se utilizar uma estrutura de dados que fosse comum às partes.

## 2.2. Dados de entrada

Neste trabalho estamos considerando os termos:

- turma (referente a *class*);
- disciplina (referente a *subject*);
- professor (referente a *resource*);
- *slot* (referente a *period*).

Enquanto tinha-se apenas uma única instância, a entrada de dados se deu pela leitura de arquivo padrão Planilha OpenDocument (.ods) fornecido pelo cliente. Utilizou-se a biblioteca Pandas para a leitura e criação de um *dataframe*. Este arquivo é originário do cliente e apresenta a formatação do cliente. Esta instância apresenta os seguintes elementos:

- 1 escola;
- 41 turmas;
- 40 professores;
- 80 disciplinas;
- 952 aulas semanais.

O elemento “aulas semanais” refere-se ao total de aulas ministradas em toda a escola, durante uma semana.

Na Figura 1 são apresentadas todas as colunas do *dataset*. As colunas utilizadas neste trabalho são as colunas 1, 3, 4, 5, 7, 8, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24 e 25. Estas colunas representam as informações que são carregadas nos objetos t, d, p, s, sendo t uma turma, d uma disciplina, p um professor e s um *slot*.

```
Data columns (total 27 columns):
```

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	Ano	301 non-null	int64
1	Cod. Esc.	301 non-null	int64
2	Nome Esc	301 non-null	object
3	Matriz curricular	301 non-null	int64
4	Etapa (séries)	301 non-null	int64
5	Número da turma	301 non-null	int64
6	Tipo de turma (prov. não usaremos)	301 non-null	int64
7	Cod. Turno	301 non-null	int64
8	Turno	301 non-null	object
9	Data de início do prof. na turma	301 non-null	object
10	Data de fim do prof. na turma	301 non-null	object
11	Data de início da turma	301 non-null	object
12	Data de fim da turma	301 non-null	object
13	Início das aulas	301 non-null	object
14	Fim das aulas	301 non-null	object
15	?	301 non-null	object
16	?..1	301 non-null	object
17	Código da disc.	301 non-null	object
18	Nome da disc.	301 non-null	object
19	Identificador do prof.	301 non-null	int64
20	CPF	301 non-null	object
21	Nome	301 non-null	object
22	Qtd de aulas na semana	301 non-null	int64
23	Unnamed: 23	301 non-null	int64
24	Código da área de ensino	301 non-null	int64
25	Área de ensino	301 non-null	object
26	Carga horária	0 non-null	float64

**Figura 1. Apresentação das colunas do *dataset* para instância inicial.**

Na Figura 2 é apresentado um registro de dados específico. Note que alguns dados foram propositalmente omitidos devido à LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais).

Col 0:	Ano	2023
Col 1:	Cod. Esc.	19
Col 2:	Nome Esc	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 3:	Matriz curricular	1181
Col 4:	Etapa (séries)	6
Col 5:	Número da turma	612
Col 6:	Tipo de turma (prov. não usaremos)	<b>sem informação</b>
Col 7:	Cod. Turno	2
Col 8:	Turno	VESPERTINO
Col 9:	Data de início do prof. na turma	00:00.0
Col 10:	Data de fim do prof. na turma	00:00.0
Col 11:	Data de início da turma	00:00.0
Col 12:	Data de fim da turma	00:00.0
Col 13:	Início das aulas	13:30
Col 14:	Fim das aulas	17:35
Col 15:	?	D
Col 16:	?	DISTRIBUÍDA
Col 17:	Código da disc.	307
Col 18:	Nome da disc.	EDUCAÇÃO FÍSICA
Col 19:	Identificador do prof.	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 20:	CPF	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 21:	Nome	<b>omitido devido LGPD</b>
Col 22:	Qtd de aulas na semana	3
Col 23:	<b>sem informação</b>	3
Col 24:	Código da área de ensino	2
Col 25:	Área de ensino	ENS.FUND.ANOS FINAIS
Col 26:	Carga horária	<b>sem informação</b>

**Figura 2. Apresentação da linha número 666 (registro 665) do dataset com as 129 instâncias<sup>6</sup>.**

Em um segundo momento o cliente forneceu-nos um arquivo único com 129 instâncias. Este arquivo foi disponibilizado como uma planilha no formato CSV e contém todas as colunas da instância inicial, à exceção de uma, que inserimos artificialmente no dataset importado pelo programa com a finalidade de compatibilizar o tratamento computacional que já era dado após a leitura do primeiro arquivo. Esta coluna não apresenta dados de interesse, servindo apenas para compatibilizar a contagem de colunas anteriormente estabelecida no programa.

### 2.3. Preparação dos dados de entrada

O *dataset* apresentou algumas inconsistências que precisaram ser acertadas:

- Existência de uma disciplina, que na verdade era um lembrete sobre um segundo professor (este fato foi esclarecido posteriormente - tratava-se de um segundo professor, alocado para estudantes especiais, por exemplo). Estes casos foram eliminados do *dataset*;
- Excesso de créditos em diversas turmas. Havia uma disciplina que era comum a algumas turmas e cuja presença acabava excedendo o limite de créditos esperado, e que por este motivo foi eliminada;
- Existência de disciplinas excludentes, mas que da forma como foram disponibilizadas, acabam somando créditos duplicados. Para os casos em que existe a disciplina de inglês, basta verificar o código das disciplinas de idiomas

<sup>6</sup> As informações apresentadas em vermelho não fazem parte da linha 666 e foram colocadas pelo autor.

correspondentes e tratar como excludentes. De qualquer forma será necessário criarmos, junto ao cliente, algum mecanismo que sinalize este caso;

- Coluna “Qtd de aulas na semana” com valores faltantes. Para resolver este caso bastaria copiar uma outra coluna que apresenta esta mesma informação, mas optou-se por não fazê-lo para resolver o problema na sua origem, ou seja, junto ao cliente.

Depois de tratados os pontos acima, a maioria das instâncias de entrada ficaram consistentes. Oito delas demandam uma nova reunião com o cliente para esclarecimentos finais.

#### 2.4. Parte 1 - Desenvolvimento do modelo matemático para a pesquisa operacional

A pesquisa operacional conceitua variáveis, restrições e função objetivo [Wilhelm e Kleina, 20--] como elementos básicos a serem considerados para a solução de problemas.

A construção desta seção se deu de forma gradativa durante o período de estágio junto ao Grupo de Inteligência Artificial e Algoritmos da UFSC, nas reuniões com o orientador deste trabalho e de forma autônoma, buscando soluções para situações que não haviam sido até então equacionadas - como por exemplo, o fato de poder se ter mais de um professor disputando a mesma disciplina. A principal fonte de informações é um material de Franco produzido em 2021<sup>7</sup>.

A Figura 3 tem o propósito de situar cada um dos componentes de uma unidade de ensino, para fins de caracterização dos relacionamentos e sua utilização no modelo proposto.

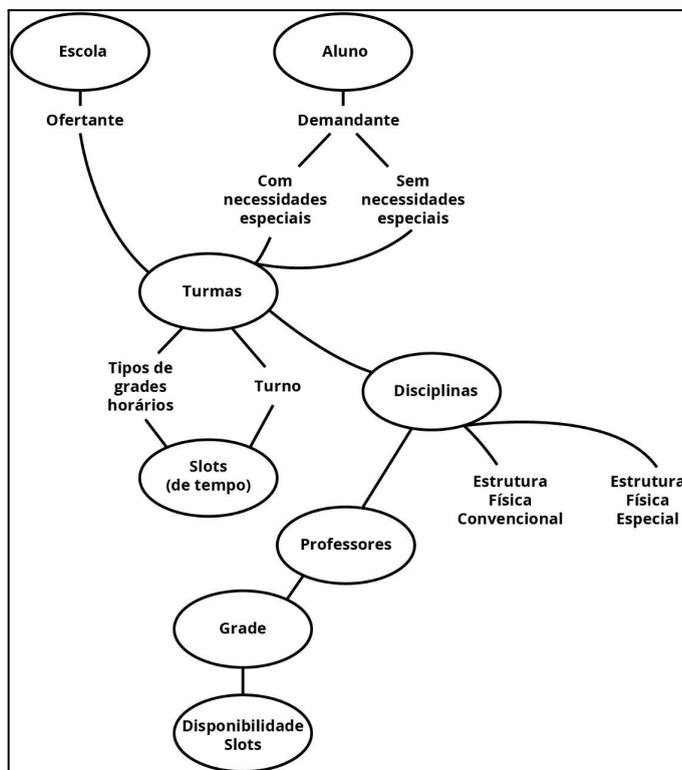


Figura 3. Modelo conceitual dos componentes de uma unidade de ensino.

<sup>7</sup> Documento particular de Franco, não publicado, e disponibilizado para execução deste trabalho. FRANCO, Álvaro Junio Pereira. **Enturmação**. Florianópolis: UFSC, 2021. 10 p.

Neste mapa conceitual pode-se identificar a escola como ofertante de turmas de aulas (exemplo: escolas com turmas apenas de ensino fundamental, turmas de ensino fundamental e ensino médio). Os alunos são os demandantes desta oferta (exemplo: alunos do ensino fundamental). Importante destacar que alguns alunos podem necessitar recursos especiais, como por exemplo, uma sala de aula com porta mais larga e no térreo (para cadeirantes), sala de aula mais próxima de banheiros etc. Não caracteriza necessariamente uma restrição para o problema, mas serve de alerta para alguns trabalhos em que possa ser uma restrição de ordem física.

Caracterizando turma, esta possui alguns atributos, como tipo de grade horária que cada turma deve respeitar (exemplo hipotético: turmas de 5ª série fundamental começam as aulas às 08:00 com duração de 50 minutos, total de 4 aulas por período e intervalo de 20 minutos às 09:40). Os alunos do ensino médio podem ter uma grade totalmente diferente, começando às 07:30. Da forma que está apresentada, esta é uma importante restrição a se considerar se um mesmo professor estiver habilitado a ministrar aulas para o ensino fundamental e para o ensino médio - certamente haverá interseções entre diferentes slots de horários. Outro atributo de turma pode ser o turno (pode ser matutino, vespertino, noturno ou integral). Os Apêndices A e B apresentam uma grade de professor e uma grade de turma respectivamente.

Disciplina é caracterizada como cada uma das matérias ministradas aos alunos, e integrantes do currículo de cada série. Aqui também pode-se encontrar algumas restrições, como o caso da mesma disciplina (exemplo: química experimental) ministrada para duas turmas diferentes e que disputam o mesmo laboratório (pois este pode ser um recurso único na escola). Certamente um laboratório não poderá estar alocado para diferentes turmas no mesmo *slot* (de tempo).

Professor pode ser um por disciplina, mas também podem existir dois ou mais por disciplina que disputem a preferência de ministrá-la. Esta situação abre espaço para ter-se melhores resultados finais, criando mais alternativas ao gestor educacional. Pode-se ainda, ter um professor alocado por disciplina e um professor reserva que realize o planejamento das suas atividades enquanto o primeiro ministra aulas.

Por fim, *slots* (de tempo) onde, para cada turma, serão alocados professores e suas disciplinas.

#### 2.4.1. Variáveis

A variável  $x_{tdps}$  representa uma combinação de 4 índices (t, d, p, s) referente a ter aula na turma t, para a disciplina d, sendo ministrada pelo professor p para um dado *slot* de tempo s.

$$x_{tdps} = \begin{cases} 1, & \text{se para a turma t, a disciplina d é ministrada pelo professor p no slot de horário s} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A variável  $y_{pj}$  representa a ocorrência de **janela de aula** (j) para o professor p. Para fins deste trabalho, uma janela é definida como um *slot* de aula em que o professor não ministre aula, situado entre dois outros *slots* em que este mesmo professor ministre aulas, quaisquer que sejam. A Figura 10, mostrada mais adiante nesta seção, ilustra esta condição. Na apresentação das restrições será detalhado o conceito de janela para este trabalho.

$$y_{pj} = \begin{cases} 1, & \text{se ocorre janela j para professor p} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

A variável  $z_{tdp}$  foi inicialmente criada para os casos em que mais de um professor dispute o ensino de determinada disciplina. Se uma determinada turma, para uma determinada disciplina, está sujeita à disputa entre dois ou mais professores, esta é a variável a ser considerada. Na apresentação específica da restrição associada a esta disputa, serão apresentados os detalhes. Por outro lado, esta mesma variável pode ser usada também para os casos onde se pretende ter mais de um professor para a mesma disciplina. A restrição é que definirá a aplicação de interesse.

$$z_{tdp} = \begin{cases} 1, & \text{se a disciplina } d, \text{ da turma } t \text{ é ministrada pelo professor } p \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

#### 2.4.2. Restrições

Em seguida a notação utilizada neste trabalho é apresentada.

T: conjunto de todas as turmas de uma escola;

D: conjunto de todas as disciplinas ministradas em uma escola;

P: conjunto de todos os professores que ministram aulas em uma escola;

S: conjunto de todos os slots de horários existentes em uma escola;

$D_t$ : subconjunto de D formado pelas disciplinas de uma turma específica;

$P_d$ : subconjunto de P formado pelos professores habilitados para ministrarem determinada disciplina;

$S_i$ : subconjunto de S formado pelos *slots* disponíveis para determinada turma. Normalmente está relacionado com o turno (matutino, vespertino ou noturno);

$S_p$ : subconjunto de S formado pelos *slots* em que o professor está disponível para ministrar aulas;

$G_d$ : subconjunto de D formado por grupos de disciplinas de mesma natureza. Exemplo: disciplinas da “Área Linguagens” - este grupo é formado por Língua Portuguesa, Arte, Educação Física e Língua Inglesa;

$S_i$ : subconjunto de S formado pelos *slots* de horários da segunda-feira, se  $i=2$ , da terça-feira se  $i=3$ , da quarta-feira se  $i=4$ , da quinta-feira se  $i=5$  ou da sexta-feira, se  $i=6$ ;

$S_{c_i}$ : subconjunto de S formado por um par de *slots* de dias consecutivos. Assim,  $S_{c_2}$  representa todas as combinações de *slots* formadas por um *slot* da segunda-feira e outro *slot* da terça-feira. Uma aplicação típica está em se evitar que uma dada disciplina seja ministrada em dias consecutivos. Temos  $S_{c_i}$  sendo formado por  $S_{c_2}$ ,  $S_{c_3}$ ,  $S_{c_4}$  e  $S_{c_5}$ ;

$S_g(s)$ : aplicado para os casos de grades horárias diferentes na mesma instituição de ensino, onde existem *slots* com interseções parciais entre as mesmas, ou seja, *slots* onde os horários de início e/ou fim não são os mesmos, mas parte de seus horários coincidem.  $S_g(s)$  é constituído por todos os *slots* que possuem interseção parcial do período horário com o *slot*  $s$ . Podemos utilizar a Restrição 8 para generalizar a Restrição 2. Neste caso, devemos acrescentar o próprio *slot*  $s$  ao  $S_g(s)$ ;

$C_p$ : total de aulas que um professor pode ministrar por semana;

$C_d$ : total de aulas semanais que devem ser ministradas para determinada disciplina;

$t$ : elemento pertencente ao conjunto T - relativo a turma;

d: elemento pertencente ao conjunto D - relativo a disciplina ou a um subconjunto desta;

p: elemento pertencente ao conjunto P - relativo a professor ou a um subconjunto deste;

s: elemento pertencente ao conjunto S - relativo a *slot* ou a um subconjunto deste.

Neste trabalho está sendo apresentado, para cada restrição, um diagrama mostrando os conjuntos envolvidos.

Como já mencionado anteriormente, o trabalho trata dois tipos de restrições, *hard* e *soft*, assim caracterizados:

- Restrições *Hard*: característica das restrições que têm que ser atendidas [Pillay, 2014];
- Restrições *Soft*: característica das restrições que devem ser atendidas ao menos em parte [Pillay, 2014]. São consideradas se todas as restrições *hard* forem satisfeitas.

Na sequência são apresentadas as restrições e a sua categorização.

**Restrição 1 (*Hard*):**

Para uma dada turma não pode haver coincidência de disciplinas, diferentes ou não, sendo ministradas em um mesmo *slot* de horário.

$$\sum_{\forall d \in D_t} \sum_{\forall p \in P_d : s \in S_p} x_{tdps} \leq 1, \forall t \in T \text{ e } \forall s \in S_t \tag{1}$$

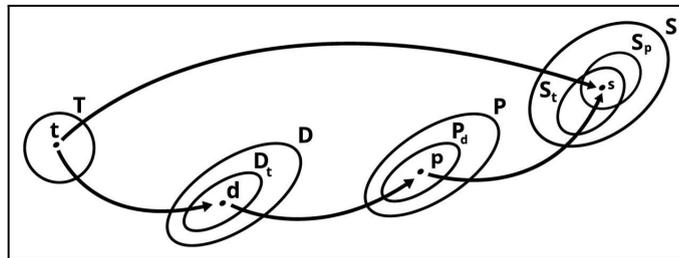


Figura 4. Representação da relação entre componentes para restrição 1.

**Restrição 2 (*Hard*):**

Cada professor leciona somente uma disciplina em um determinado *slot* - isto significa dizer que um professor não consegue lecionar duas ou mais disciplinas ao mesmo tempo.

$$\sum_{\forall t \in T : s \in S_t} \sum_{\forall d \in D_t : p \in P_d} x_{tdps} \leq 1, \forall p \in P \text{ e } \forall s \in S_p \tag{2}$$

Vide Figura 4 para relacionar os componentes presentes na restrição 2.

**Restrição 3 (*Hard*):**

Cada disciplina de cada turma é ministrada somente uma vez por dia da semana.

$$\sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_i \cap S_p \cap S_t} x_{tdps} \leq 1, \forall i = 2, \dots, 6 \text{ e } \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \tag{3}$$

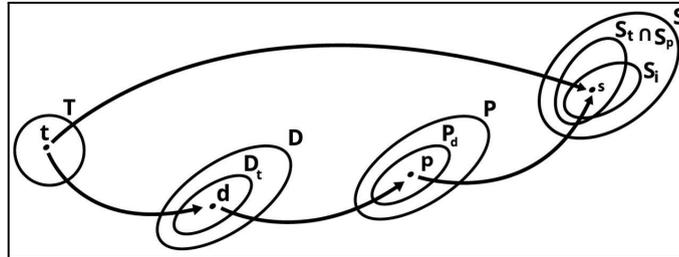


Figura 5. Representação da relação entre componentes para restrição 3.

**Restrição 4 (Hard):**

Para cada grupo de disciplinas poderá haver até 2 aulas sendo ministradas no mesmo dia.

Tabela 1. Grupos de disciplinas.

Grupo	Disciplinas
Área: Linguagens	Língua Portuguesa Arte Educação Física Língua Inglesa
Área: Matemática	Matemática
Área: Ciências da Natureza	Ciências da Natureza
Área: Ciências Humanas	Geografia História
Área: Ensino Religioso	Ensino Religioso

Fonte: Wodtke (2022).

$$\sum_{\forall d \in G_d} \sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_i \cap S_t \cap S_p} x_{tdps} \leq 2, \forall i = 2, \dots, 6 \text{ e } \forall t \in T \text{ e } \forall G_d \subset D_t \tag{4}$$

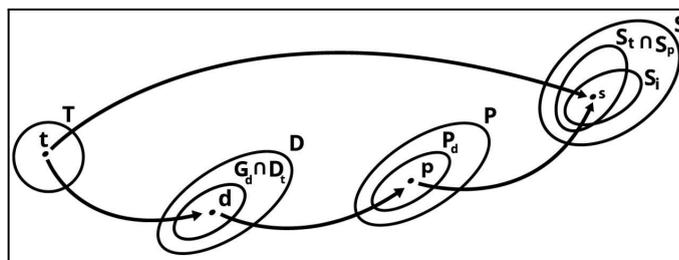


Figura 6. Representação da relação entre componentes para restrição 4.

**Restrição 5 (Hard):**

Cada professor possui um número de aulas que ele precisa ministrar por semana.

$$\sum_{\forall t \in T} \sum_{\forall d \in D_t} \sum_{\forall s \in S_p : p \in P_d} x_{tdps} = C_p, \forall p \in P \tag{5}$$

Vide Figura 6 com a relação entre componentes para a restrição 5.

**Restrição 6 (Hard):**

O número de créditos de cada disciplina tem que ser cumprido.

$$\sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_t \cap S_p} x_{tdps} = C_d, \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \tag{6}$$

Vide Figura 4 com a relação entre componentes para a restrição 6.

**Restrição 7 (vide Restrição 3) (Hard):**

Cada disciplina de cada turma é ministrada somente em dias alternados. Existe uma semelhança com a restrição 3.

$$\sum_{\forall p \in P_d} \sum_{\forall s \in S_t \cap S_p \cap S_{ci}} x_{tdps} \leq 1, \forall_i = 2, \dots, 5 \text{ e } \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \tag{7}$$

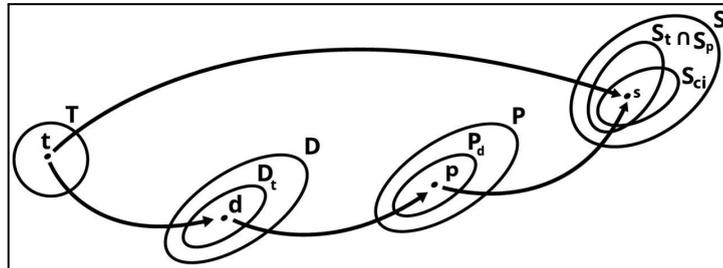


Figura 7. Representação da relação entre componentes para restrição 7.

**Restrição 8 (Hard)**

Professores podem ministrar aulas para turmas com grades diferentes (exemplo: turmas de primeiro grau podem ter grades horárias (slots) diferentes de turmas de segundo grau). Para estes casos será necessário mapear todos os slots que apresentam interseção.

07:30 - 08:20	S <sub>1</sub>	08:00 - 08:50	S <sub>51</sub>
08:20 - 09:10		08:50 - 09:40	
09:10 - 10:00		09:40 - 10:30	
10:00 - 10:50			
	S <sub>2</sub>		S <sub>52</sub>
	S <sub>3</sub>		S <sub>53</sub>
	S <sub>4</sub>		

Figura 8. Diferentes grades escolares na mesma unidade escolar.

A Figura 8 apresenta um exemplo de grades distintas, caracterizando pontos de interseção que merecem atenção para esta restrição. Para este exemplo, o professor que ministra disciplina com base na grade 1 / slot 1 não poderá ministrar qualquer outra disciplina da grade 2 / slot 51. Já um professor que ministra disciplina com base na grade 1 / slot 2 não poderá ministrar qualquer outra disciplina da grade 2 / slots 51 e slots 52. Ou ainda, um professor que ministra disciplina com base na grade 2 / slot 51 não poderá ministrar qualquer outra disciplina da grade 1 / slots 1 e 2, e assim por diante.

**Observação:** Para este trabalho será utilizada a expressão “grade dupla” quando um professor atender a grades distintas, como no exemplo acima. Grades distintas apresentam slots com diferentes horários de início e/ou fim, levando a situações onde ministrar aula em um slot de uma grade, normalmente significa não poder ministrar em dois slots da outra grade, face ao fato de as interseções não serem plenas entre estas. Todos os casos de interseção parcial entre as grades distintas são de interesse para esta restrição. Outra observação importante é que esta restrição 8 pode ser entendida como uma generalização da restrição 2, onde a interseção que era parcial passa a também ser total entre mesmos slots (para turmas diferentes).

$$\sum_{\forall s' \in S_g(s) \text{ e } s' \in S_p} \sum_{\forall t \in T} \sum_{\forall d \in D_t : p \in P_d} x_{tdps} \leq 1, \forall p \in P \text{ e } \forall s \in S_p \tag{8}$$

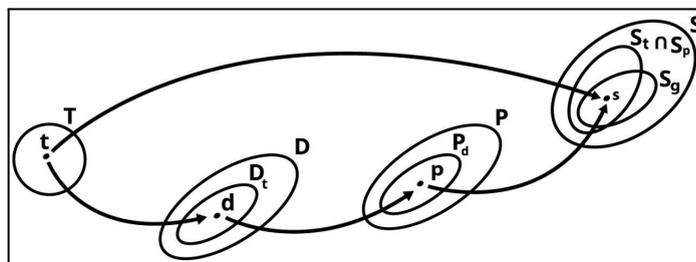


Figura 9. Representação da relação entre componentes para restrição 8.

**Restrição 9 (Hard):**

Para aqueles casos em que uma determinada disciplina, de uma determinada turma, possuir a opção de mais de um professor habilitado e disponível para a mesma, faz-se necessário levar em conta esta condição.

Assim, a variável  $z_{tdp}$  será utilizada para a determinação de qual professor será o escolhido para ministrar a disciplina de determinada turma. Esta restrição é uma extensão da restrição 6.

$$\sum_{\forall s \in S_t \cap S_p} x_{tdps} = C_d z_{tdp}, \quad \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D_t \text{ e } \forall p \in P_d \quad (9)$$

$$\sum_{\forall p \in P : p \in P_d} z_{tdp} = 1, \quad \forall t \in T \text{ e } \forall d \in D \quad (10)$$

Observe que a segunda equação desta restrição é que irá definir o tipo de aplicação. Ela define uma disputa entre professores em relação à mesma disciplina (termo igualado a 1). Se este termo fosse igualado a dois, por exemplo, significaria que teríamos dois professores para a mesma disciplina, caracterizando uma outra aplicação.

Vide Figura 4 com a relação entre componentes para a restrição 9.

**Restrição 10 (Hard, considerado um valor máximo de janelas a serem obrigatoriamente atendidas)**

Esta restrição está relacionada à formação de janelas de aulas para cada professor.

Como mencionado anteriormente, uma janela, para fins deste trabalho, fica caracterizada da seguinte forma - dada uma sequência de três *slots* de horários, para a mesma grade, considera-se uma janela quando tem-se um *slot* vago (professor não ministra qualquer disciplina), cercado por dois outros ocupados, para toda sequência possível. A Figura 10 ilustra uma janela.

<b>S. (ocupado)</b>	<b>S (vago)</b>	<b>S<sub>+</sub> (ocupado)</b>
---------------------	-----------------	--------------------------------

**Figura 10. Caracterização de uma janela (para dado professor).**

Com base na Figura 10, a tabela a seguir apresenta as sequências possíveis para as janelas, onde *bit* 0 significa que professor não ministra aula e *bit* 1 significa que ele ministra aula durante o tempo previsto para o *slot*.

**Tabela 2. Caracterização de janela com codificação binária.**

S-	S	S+	janela	Resultado
0	0	0	NÃO	0
0	0	1	NÃO	2
0	1	0	NÃO	-2
0	1	1	NÃO	0
1	0	0	NÃO	2
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>SIM</b>	<b>4</b>
1	1	0	NÃO	0
1	1	1	NÃO	2

A partir da Tabela 2, aplicou-se os pesos +2, -2 e +2 sobre os bits S-, S e S+ (estes pesos foram obtidos por tentativas) resultando nos valores apresentados na última coluna. O que se buscava era uma condição em que este valor, para a janela, fosse superior ao valor encontrado para as demais combinações. A linha referente à janela está destacada em negrito.

A partir deste resultado, aplicamos o **método Big M**, resultando em:

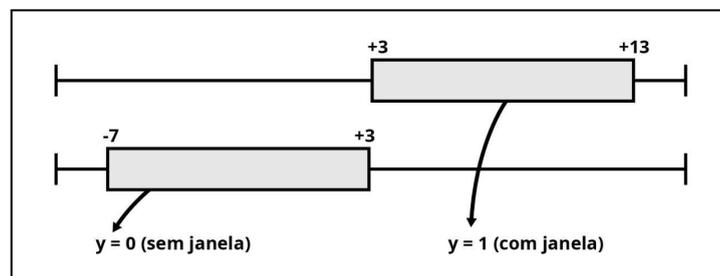
$$\begin{aligned}
 +2S_- - 2S + 2S_+ &\geq 3 - M(1 - y_{pj}) \quad e \\
 +2S_- - 2S + 2S_+ &\leq 3 + M(y_{pj})
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Substituindo S pela variável  $x_{tdps}$ , tem-se:

$$\begin{aligned}
 +2x_{tdps-} - 2x_{tdps} + 2x_{tdps+} &\geq 3 - M(1 - y_{pj}) \quad e \\
 +2x_{tdps-} - 2x_{tdps} + 2x_{tdps+} &\leq 3 + M(y_{pj})
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

onde  $y_{pj}$  representa a existência ou não existência de janela para determinado professor. Este par de inequações garante que, se existir janela para determinado professor ( $y_{pj}=1$ ), o resultado da soma da esquerda será 4 e somente  $y_{pj}=1$  atenderá às duas inequações. Adotou-se  $M=10$ .

Em uma representação gráfica:



**Figura 11. Caracterização de janela e seu range após aplicar o método Big M.**

Da observação da Figura 11 podemos notar que os segmentos da reta são disjuntos, exceto para o valor extremo de +3. Como entre os valores de interesse não existe +3 (vide Tabela 2), este único valor de interseção não é relevante. No caso de não existência de janela, o resultado da operação aritmética estará contido no primeiro segmento, enquanto que na condição de sua existência, o segmento será o segundo.

Outras definições de janelas poderiam ser consideradas e substituírem a presente definição ou somar-se a esta existente. É importante lembrar que esta definição foi realizada pelo cliente.

Além das restrições aqui apresentadas, outras restrições poderiam ser consideradas, como ter-se mais de um professor em sala de aula, dois determinados professores não poderem ministrar aulas no mesmo horário (um serviria de *backup* para o outro) etc, mas acredito que tenham sido elencadas as restrições mais usuais e com maior impacto para diversas aplicações.

### 2.4.3. Função objetivo

A função objetivo que será aplicada é relativa ao menor número de janelas totais. Assim,

$$\text{minimize } \sum_p \sum_j y_{pj} \quad (13)$$

Neste trabalho estão sendo consideradas as variáveis  $x_{tdps}$  e  $y_{pj}$ , bem como as restrições *Hard* 1, 2, 3, 5, 7 e 10 para incorporação ao problema. A função objetivo leva em conta o menor número de janelas totais.

### 2.5. Estrutura de dados

A estrutura de dados utilizada manipula elementos formados por quatro objetos das classes de interesse (turmas, disciplinas, professores e slots). Toda combinação de interesse irá gerar uma tupla (t, d, p, s) correspondendo aos índices das variáveis x.

O conjunto de equações e inequações que definem as restrições e função objetivo são as mesmas para as Partes 2 e 3, e desta forma, as estruturas de dados que manipulam as variáveis x são muito semelhantes entre si; no entanto, na Parte 2 (PM) a estrutura é passada diretamente à ferramenta matemática e na Parte 3 (AGs) ela é armazenada para utilização ao longo do processo.

Para a instância 1 dos dados de entrada, foram geradas 6.750 variáveis x. Deste total, após o processamento, 952 foram setadas ( $x_{tdps} = 1$ ), correspondendo à indicação de aula a ser ministrada ao longo de uma semana. Além desta, foram criadas 1.020 variáveis y, referentes a janelas. Outra informação de relevância refere-se às restrições - foram levantadas 4.385 equações/inequações.

A Tabela 3 resume estas informações.

**Tabela 3. Resumo das variáveis e equações/inequações para a instância 1 (inicial).**

Dados da PO	instância : 1
variável x - total	6.750
variável x - resultado: $x_{tdps} = 1$	952
variável x - resultado: $x_{tdps} = 0$	5.798
variável y - total	1.020
equações/inequações - total	4.385

## 2.6. Parte 2 - Solução Utilizando Programação Matemática

Para que se possa utilizar uma solução matemática é preciso entender que a ferramenta a ser adotada passa pela definição de elementos matemáticos. A escolha da técnica é a programação linear inteira. As variáveis das equações e inequações que formulamos são todas de grau um, ou seja, não existe qualquer tipo de não linearidade. Segundo, o valor atribuído às variáveis são valores exclusivamente inteiros e mais do que isto, binários.

Assim, define-se uma variável  $x$  de interesse que caracteriza uma determinada tupla  $(t, d, p, s)$  onde  $t$  corresponde à turma,  $d$  à disciplina,  $p$  ao professor e  $s$  ao *slot* de horário. Se esta variável estiver setada ela indicará existência da tupla e caso contrário, sua não existência. Como apresentado na seção anterior, para a primeira instância avaliada (uma escola com 952 aulas semanais) o total de variáveis  $x$  geradas foi de 6.750 unidades. Isto dá uma ideia da dimensão do problema.

Depois de definidas as variáveis foram definidas as restrições, todas como equações e/ou inequações lineares. Esta etapa do processo está baseada nos resultados obtidos com o levantamento de requisitos junto ao cliente e foi quando identificou-se as restrições do problema. Como dito anteriormente, estas restrições devem ser consideradas para qualquer tipo de técnica utilizada para a solução do problema.

Por último, foi tratada a função objetivo  $e$ , da mesma forma, esta deve ser considerada para todas as técnicas adotadas. Neste trabalho a função objetivo corresponde à soma de todas as janelas de todos os professores. Busca-se minimizar esta função.

Neste trabalho está sendo utilizado Programação Linear Inteira e a ferramenta matemática utilizada foi o **Gurobi Optimizer version 9.1.2 build v9.1.2rc0 (win 64)**, que apresenta uma versão acadêmica. Ela possui uma interface (Gurobipy) para passagem das informações necessárias à solução do problema, bem como para extração dos resultados.

A programação matemática é caracterizada pela busca de uma solução ótima, ou seja, a solução encontrada caracteriza um ótimo para o problema apresentado.

No dia 20/04/2023 foi realizada uma demonstração *online* para o cliente com o objetivo de lhe apresentar o andamento do trabalho. Nesta apresentação, foi possível exportar resultados completos atinentes à Parte 2. Aproveitou-se a oportunidade para solicitar-se novas instâncias para que se pudesse avaliar a generalização do trabalho. Atualmente as novas instâncias (129 ao todo) estão disponíveis, o que permitiu ampliar o entendimento do problema.

## 2.7. Parte 3 - solução utilizando algoritmo genético

O fato de também incluir-se uma alternativa de solução frente à alternativa da programação matemática está no fato de que poderão existir situações em que não se tenha uma ferramenta robusta de solução matemática disponível, como aquela apresentada na Parte 2, que não é livre. Assim, buscou-se uma alternativa a partir de algoritmos genéticos.

Os Algoritmos Genéticos podem não garantir um valor ótimo, mas buscam apresentar alguma solução factível e possivelmente de bom resultado.

O algoritmo genético aqui proposto trabalha os mesmos elementos de entrada da solução anterior, ou seja, exatamente as mesmas equações e/ou inequações utilizadas naquele método são utilizadas aqui, apenas adaptando-se a estrutura de dados para ter-se uma melhor utilização computacional.

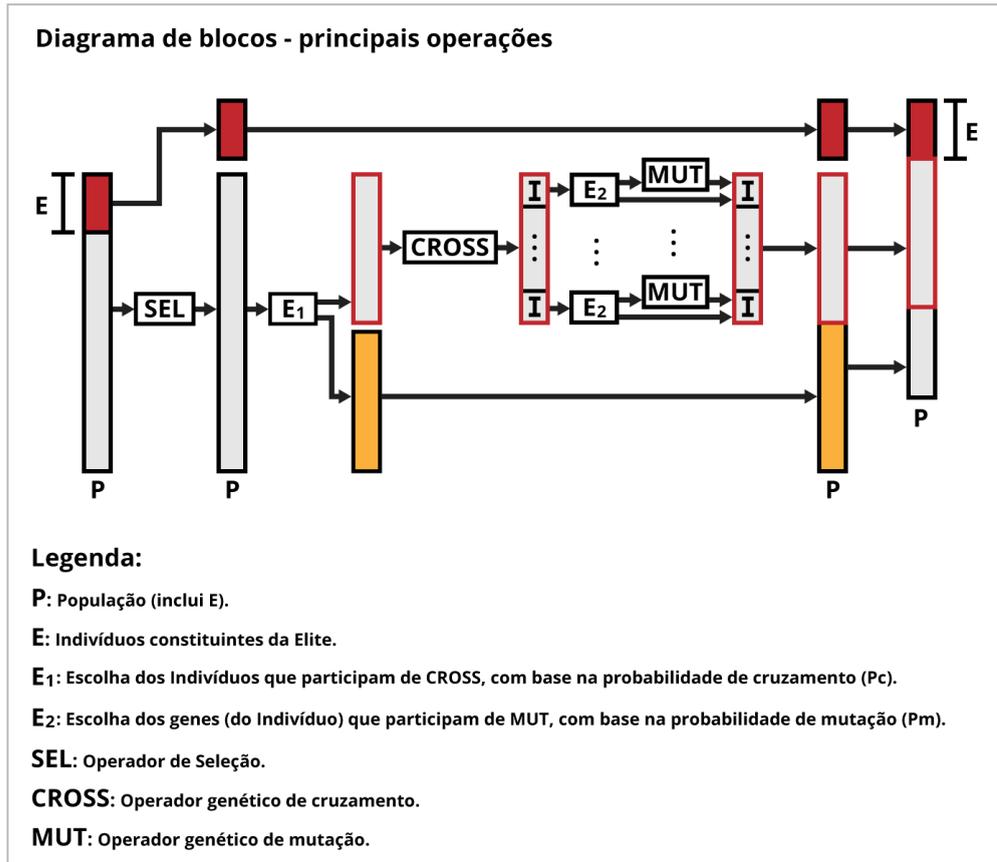
Do ponto de vista da estratégia utilizada para a solução do problema, a alocação final de todas as turmas passa pela alocação de cada uma delas, e para cada uma delas será

utilizado este algoritmo genético. Isto significa dizer que se existirem 20 turmas, será necessário executar o algoritmo genético 20 vezes e cada uma destas execuções terá que garantir todas as restrições impostas pelo problema. A título de exemplo, a alocação de um professor de matemática em um *slot* específico da grade só poderá ocorrer se este mesmo professor não estiver ministrando aulas neste mesmo horário, em outra turma anteriormente avaliada. Isto implica em ter-se uma memória sobre o que já foi solucionado anteriormente.

Quanto ao algoritmo genético são utilizados os elementos já consagrados, como:

- operadores de *crossover* e mutação - lembrando que se está tratando de permutação;
- probabilidade associada aos operadores genéticos. Os operadores genéticos podem ser habilitados a operar ou não. Esta habilitação é função da aplicação de um fator probabilístico, baseado em uma distribuição de Bernoulli;
- operador de seleção - foi utilizada a técnica da roleta;
- população - formada por indivíduos, onde cada indivíduo representa uma solução potencial, ou seja, já apresenta todas as disciplinas e seus respectivos professores, mas ainda busca pela melhor permutação que lhe garanta atendimento a todas as restrições impostas pelo problema. Considerando-se  $t$  fixo, para cada tupla  $(d, p)$  a permutação (em  $s$ ) estabelecerá uma tupla  $(d, p, s)$  que define o indivíduo, onde  $t$  representa a turma,  $d$  a disciplina,  $p$  o professor e  $s$  o *slot*;
- *fitness* - este ponto merece destaque, pois é o elemento mais particular da solução. A função *fitness* está associada ao atendimento das restrições impostas pelo problema (de pesquisa operacional). Assim, para que uma solução potencial passe a ser considerada uma solução final é preciso que esta solução tenha resolvido todas as restrições, o que significa *fitness* máximo;
- elitismo - está sendo considerado no trabalho. Os indivíduos com maior desempenho perduram pelas gerações até serem substituídos por indivíduos ainda mais aptos.

O diagrama de blocos da Figura 12 possibilita uma visão geral dos elementos utilizados neste trabalho. O primeiro bloco à esquerda representa a população atual, seja ela a população inicial ou a população referente a uma nova geração. Os indivíduos que apresentam os melhores *fitness* são agrupados, passando a constituir o grupo da elite da população. Todos os  $N$  indivíduos da população passam pelo Operador de Seleção (técnica da roleta) e passarão a constituir os  $N$  indivíduos selecionados. A etapa E1 irá escolher (com base em uma distribuição Bernoulli de probabilidade  $p_c$ ) quais indivíduos irão participar da etapa CROSS. Nesta etapa os indivíduos serão submetidos ao Operador Genético de Cruzamento, onde a cada 2 pais serão gerados 2 filhos. Já estes filhos serão submetidos à etapa E2 (representada distribuídamente na Figura 12) que irá escolher quais genes (com base em uma distribuição Bernoulli de probabilidade  $p_m$ ) serão submetidos ao Operador Genético de Mutação (MUT). Por fim, estes filhos serão agrupados aos indivíduos não selecionados pela etapa E1 e este grupo é anexado ao grupo de elite e o grupo como um todo irá perder os seus últimos indivíduos, constituindo a nova população (da nova geração).



**Figura 12. Diagrama de blocos com principais elementos e operadores genéticos.**

É importante lembrar que existe uma série de situações particularidades neste trabalho:

- o problema possui diversas restrições que precisam ser atendidas integralmente;
- o problema também apresenta uma outra característica inerente, que é a permutação de elementos. Isto significa que, do ponto de vista do algoritmo genético, não se está apenas procurando bits estáticos a serem setados ou resetados, mas elementos que serão permutados entre si para alcançarem uma resposta adequada. Importante destacar que para cada turma podem existir, por exemplo, 25 elementos (formados por turma / disciplina / professor) que podem ser permutados. Considerando que todos os elementos são diferentes entre si, pode-se chegar a 25! possibilidades;
- o operador de *crossover* segue o modelo apresentado em Luger (2004), com suas características de permutação;
- o *fitness* da solução foi escolhido como a soma de todas as restrições atendidas. Conhece-se previamente o valor máximo de *fitness* e uma vez que o mesmo seja alcançado considera-se concluída a execução do AG. Esta é uma importante amarração entre AG e PO;
- as restrições estão, muitas vezes, fortemente amarradas entre si. Uma situação de atendimento a uma restrição pode indicar o não atendimento a outra. A título de exemplo, vamos supor que uma disciplina seja ministrada com 3 aulas por semana e que exista uma restrição que determine que estas aulas sejam dadas somente uma vez por dia. A aplicação alocou aulas na segunda-feira, terça-feira e quarta-feira, atendendo a esta restrição. No entanto, existe uma segunda restrição que determina que o professor desta disciplina só possa ministrar qualquer aula uma vez por *slot*.

Este professor não apresenta disponibilidade de aulas para a quarta-feira, pois já está alocado para outras turmas. Neste caso, existe uma impossibilidade entre a alocação para a primeira e para a segunda restrições - uma restrição é atendida e a outra não. Faz-se necessário que as duas restrições sejam atendidas simultaneamente, aumentando a complexidade da solução. O método deve encontrar soluções que atendam a ambas. A título de comparação, no conhecido caso do caixeiro viajante o problema não apresenta esta forte amarração;

- nesta solução foi avaliada a geração de possíveis soluções candidatas idênticas no resultado da operação de *crossover* e caso ocorram, são eliminadas e a operação é repetida.

Estes elementos por si só já acrescentam alguns desafios à sua solução e devem ser tratados à risca.

Os resultados, uma vez alcançados, são apresentados no mesmo formato da parte 2, pois fazem uso dos mesmos mecanismos de saída.

### **3. Resultados gerais**

#### **3.1. Apresentação dos resultados visuais**

Os resultados são apresentados diretamente na tela e também em arquivo de saída, no padrão .TXT. A apresentação visual se dá a partir da utilização da biblioteca *PrettyBoard*.

Como resultado são apresentadas todas as grades para cada um dos professores, bem como as grades para cada uma das turmas. Especificamente para a instância 1, tivemos 81 grades. Os Apêndices A e B apresentam uma grade de professor e uma grade de turma respectivamente.

#### **3.2. Experimentos e resultados**

Esta seção irá apresentar todos os experimentos realizados ao longo do trabalho, bem como os seus resultados e equipamentos utilizados.

##### **3.2.1. Visão geral**

Neste tópico são apresentados os objetivos, a metodologia utilizada, a apresentação do *dataset* e as métricas a serem consideradas na avaliação dos resultados.

###### **3.2.1.1. Objetivos**

São basicamente dois os objetivos para o resultado do trabalho:

- A técnica utilizada deve prover um tempo de resposta que não comprometa o trabalho do gestor educacional. Como o que se está fornecendo como resultado são agendas, muitas vezes semestrais ou mesmo anuais, pode-se aguardar até mesmo um dia, sem maiores impactos;
- O segundo resultado, e o mais importante, é o número de janelas, o que representa o quanto um resultado é bom. A expectativa é a de um valor o mais baixo possível (valor ótimo ou próximo deste). Este resultado corresponde ao valor final da função objetivo.

### 3.2.1.2. Metodologia

O trabalho foi executado seguindo os passos abaixo:

- **Parte 1:**
  - Estudo sobre pesquisa operacional;
  - Estudo sobre *school timetabling problem*;
  - Proposta de modelo (variáveis, restrições e função objetivo);
  - Documentação do modelo.
- **Parte 2:**
  - Estudo da ferramenta de base para a programação matemática **Gurobi** (com interface Python);
  - Estudo da ferramenta **Pandas** - para importação de arquivos;
  - Estudo da ferramenta **Prettyboard** - para apresentação do resultado na forma de agenda;
  - Implementação de programa em linguagem Python para interagir com o Gurobi;
  - Validação do modelo;
  - Testes.
- **Parte 3:**
  - Estudo de solução para aproveitamento das mesmas inequações utilizadas na Parte 2;
  - Estudo detalhado de algoritmos genéticos;
  - Implementação de programa em linguagem Python para executar o algoritmo genético;
  - Utilização da mesma ferramenta de apresentação da Parte 2;
  - Testes.

Recursos utilizados:

- **Licenças:**
  - Aquisição da ferramenta Gurobi - necessita de licença, já que não é uma ferramenta livre. Foi utilizada uma licença acadêmica para este fim. Demais ferramentas são todas livres.
- **Disponibilização das informações para replicabilidade do ambiente de desenvolvimento e testes:**
  - O ambiente computacional necessário para a reprodução deste trabalho está disponível na plataforma **github**, no endereço [https://github.com/EdmilsonDomingues/TCC\\_Edmilson-Domingues](https://github.com/EdmilsonDomingues/TCC_Edmilson-Domingues). Dentre os arquivos do ambiente acima está incluso o arquivo que contém os dados do cliente (instância 1) com o nome “arquivo\_ProjetoUFSC\_v1.ods” e o arquivo “arquivoProjetoUFSC\_regionalFlorianopolis\_modificado.csv” com as 129 instâncias do mesmo cliente. No entanto, estes dois arquivos (planilhas) que foram cedidos pelos cliente para a realização deste trabalho não irão compor a pasta do projeto final, já que os mesmos contêm dados sensíveis. Assim, qualquer

pessoa que queira ter acesso aos mesmos, deverá entrar em contato com o orientador deste trabalho, solicitando sua liberação;

- O programa PYTHON apresenta todo o desenvolvimento utilizado neste trabalho, sob nome “Timetabling.py”;
- O arquivo de saída gerado apresenta todas as grades horárias no formato texto - seu nome é “grade completa da escola.txt”. Os Apêndices A e B, por sua vez, apresentam uma grade de professor e uma grade de turma respectivamente;
- A IDE utilizada foi a PyCharm;
- A licença do GUROBI requer uma instalação padrão e foi obtida no site <https://www.gurobi.com/academia/academic-program-and-licenses/>;
- A ferramenta GUROBI foi utilizada na sua versão padrão, ou seja, não foram realizadas alterações em quaisquer das suas parametrizações;
- O método desenvolvido para o tratamento do AG não faz uso de *threads*.
- **Equipamento computacional Inspiron 15-3567:**
  - Processador: Intel(R) Core(TM) i5-7200 CPU @2.50GHz 2.70 GHz
  - RAM instalada: 8,00 GB
  - Tipo de sistema: Sistema operacional de 64 bits, processador baseado em x64

### 3.2.1.3.Dataset

Por se tratar de um caso real, estão sendo utilizados dados de entrada originários do cliente. Na saída do processamento, a parte visual está sendo apresentada utilizando-se apenas as letras iniciais dos nomes dos professores, objetivando proteger suas identidades, em atendimento à Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).

Os dados da instância 1 estão disponíveis em arquivo no formato .ODS, no ambiente computacional, conforme item anterior. Já o *dataset* com todas as 129 novas instâncias está disponível em arquivo formato CSV.

### 3.2.1.4.Métricas

As métricas adotadas para avaliação dos resultados são as seguintes:

- tempo de resposta para execução do método: medida de tempo e esta informação é fornecida pelo relatório do método aplicado;
- número de janelas: medido em unidades e esta informação é fornecida pelo relatório do método aplicado.

## 3.2.2. Avaliação dos resultados

### 3.2.2.1.Avaliação dos Resultados para instância inicial

Do ponto de vista da modelagem, foi apresentada uma proposta genérica para equacionamento de várias restrições (seção “Parte 1 - Desenvolvimento do Modelo Matemático para a Pesquisa Operacional”). Certamente algumas restrições não serão encontradas nessa seção, mas a análise cuidadosa do material, da forma como foi proposta, pode ajudar a esclarecer o equacionamento matemático de novas restrições, seja neste ou em outros trabalhos.

Do ponto de vista da apresentação visual dos resultados, este já faz uso de uma ferramenta de apresentação. Além disso, estamos apresentando os resultados não somente em tela, mas direcionando-o para um arquivo, podendo já ser utilizado pelo cliente em suas operações. Os apêndices A e B apresentam os resultados visuais tanto para a grade dos professores quanto para a grade das turmas.

Exemplo de saída do processamento da ferramenta Gurobi a partir da inserção da primeira instância real, já descrita anteriormente.

```

Academic license - for non-commercial use only - expires 2024-04-08
Using license file C:\Users\Edmilson1\gurobi.lic
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 6425 rows, 7770 columns and 60090 nonzeros
Model fingerprint: 0x030b9dde
Variable types: 0 continuous, 7770 integer (7770 binary)
Coefficient statistics:
  Matrix range      [1e+00, 1e+01]
  Objective range   [1e+00, 1e+00]
  Bounds range      [1e+00, 1e+00]
  RHS range         [1e+00, 4e+01]
Presolve removed 790 rows and 75 columns
Presolve time: 4.16s
Presolved: 5635 rows, 7695 columns, 51850 nonzeros
Variable types: 0 continuous, 7695 integer (7695 binary)

Root simplex log...

Iteration   Objective      Primal Inf.    Dual Inf.      Time
   5917     3.4219591e-04  3.274842e+01   0.000000e+00   5s
   6414     0.0000000e+00  0.000000e+00   0.000000e+00   5s

Root relaxation: objective 0.000000e+00, 6414 iterations, 0.95 seconds

      Nodes |      Current Node |      Objective Bounds |      Work
  Expl Unexpl |  Obj  Depth IntInf | Incumbent   BestBd   Gap | It/Node
Time
      0      0   0.000000   0  105          -   0.000000   -   -   6s
H      0      0                27.0000000   0.000000   100%   -   6s
H      0      0                25.0000000   0.000000   100%   -   6s
      0      0   0.000000   0  132   25.000000   0.000000   100%   -   6s
H      0      0                21.0000000   0.000000   100%   -   6s
H      0      0                14.0000000   0.000000   100%   -   6s
      0      0   0.000000   0   75   14.000000   0.000000   100%   -   7s
      0      0   0.000000   0   68   14.000000   0.000000   100%   -   7s
H      0      0                11.0000000   0.000000   100%   -   7s
      0      0   0.000000   0   64   11.000000   0.000000   100%   -   8s
      0      0   0.000000   0  101   11.000000   0.000000   100%   -   8s
      0      0   0.000000   0   93   11.000000   0.000000   100%   -   8s
      0      0   0.000000   0   64   11.000000   0.000000   100%   -   9s
      3      2   cutoff      2          11.000000   0.000000   100% 21479 14s
      52     51   2.000000   16  24   11.000000   0.000000   100% 1271 15s
      354    403   0.000000   42  43   11.000000   0.000000   100%  364 20s
H      505    483   0.000000          10.0000000   6.000000   40.0%  348 26s
      505     1   6.000000   0   16   10.000000   6.000000   40.0%   0.0 30s

Cutting planes:
  Gomory: 9
  MIR: 58
  Zero half: 59
    
```

```

RLT: 21

Explored 505 nodes (297912 simplex iterations) in 31.09 seconds
Thread count was 4 (of 4 available processors)

Solution count 6: 10 11 14 ... 27

Optimal solution found (tolerance 1.00e-04)
Best objective 1.0000000000000e+01, best bound 1.0000000000000e+01, gap
0.0000%

```

**Figura 13. Resultado computacional da ferramenta Gurobi.**

Quanto aos tempos de resposta, para o exemplo acima, a Parte 2 apresentou tempos excepcionais (31,09 segundos) e encontrou uma solução ótima (10 janelas).

As Figuras 14 e 15 apresentam algumas saídas em tempo real referentes à execução da Parte 3 (algoritmos genéticos).

Na Figura 14 foi alocada a Turma 11 - estão representados apenas 6 indivíduos (e seus respectivos resultados de *fitness*) de um total de 50 indivíduos. Foram necessárias apenas 4 gerações para atender a todas as restrições impostas pelo problema de PO. Observa-se ainda que o número de janelas acumuladas é alto - 38 janelas.

```

Turma: 11
Tamanho entrada: 25
max_fit: 150
1 Turma: 11 individuo_fitness: [142, 144, 141, 142, 144, 136,
2 Turma: 11 individuo_fitness: [147, 147, 145, 145, 145, 145,
3 Turma: 11 individuo_fitness: [147, 147, 147, 145, 145, 145,
4 Turma: 11 individuo_fitness: [147, 147, 147, 146, 145, 145,
Encontrei solução através de manipulação genética.
Vezes: ----- 4
Janelas até aqui: 38

```

**Figura 14. Alocação da Turma 11.**

A Figura 15 apresenta o resultado para a Turma 17, onde foram necessárias 201 gerações para encontrar uma solução para esta turma específica.

```

192 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
193 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
194 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
195 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
196 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
197 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
198 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
199 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
200 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
201 Turma: 17 individuo_fitness: [148, 148, 148, 148, 148, 148, 148,
Encontrei solução através de manipulação genética.
Vezes: ----- 201
Janelas até aqui: 60

```

**Figura 15. Alocação da Turma 17.**

A Figura 16 mostra o final da alocação da última turma (Turma 40). O relatório logo abaixo desta turma mostra que foram necessários 60,99 minutos ao longo de 1.142 gerações para a execução do método. O número de janelas alcançadas para o total de turmas foi de 133 unidades.

```

10 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
11 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
12 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
13 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 148, 148, 148,
14 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 148, 148,
15 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 148,
16 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 148,
17 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 147,
18 Turma: 40 indivíduo_fitness: [149, 149, 149, 149,
Encontrei solução através de manipulação genética.
Vezez: ----- 18
Janelas até aqui: 133
Total de X: 952
Total de Y: 10
Total de xx: 952
1142 iterações.
60.9922638018926 minutos.

```

**Figura 16. Alocação da Turma 40 e resultado final.**

Na avaliação da Parte 3, quando não se tinha em mãos novas instâncias, a conclusão foi de que requeriria melhorias tanto no desempenho do método, mas especialmente no seu resultado do número de janelas. Até aquele momento estavam sendo enfrentados problemas de tempo de resposta adequado, e que seriam avaliados oportunamente. Como o conjunto de equações/inequações é muito grande, a avaliação de cada indivíduo torna-se morosa e quando fala-se na avaliação de toda uma população, se está multiplicando estes tempos pelo número de indivíduos. Em alguns processamentos iniciais realizados, o resultado final acabou levando um tempo aproximado de 90 minutos. Outro ponto que merece destaque é que alguns processamentos não alcançaram um resultado final, ou seja, continuaram sendo executados sem convergir para uma solução viável. Além disso, todas as vezes que o algoritmo genético rodou nunca alcançou um resultado ótimo (sabe-se da Parte 2 que, para esta instância, o valor ótimo é de 10 janelas). A título de exemplo, o melhor resultado alcançado pelo algoritmo genético foi de 70 janelas.

Resumo dos resultados para a instância 1:

**Tabela 3. Resumo dos resultados da Parte 2 e Parte 3 para instância 1.**

MÉTODO	TEMPO DE RESPOSTA	NÚMERO DE JANELAS	VARIÁVEIS COM RESULTADOS FINAIS X = 1
Parte 2 - solução matemática	31,09 segundos	10 janelas (valor determinístico)	952 (número de créditos ministrados na escola)
Parte 3 - solução por algoritmo genético	foram encontrados tempos de até 90 minutos	melhor resultado: 70 janelas	952 (mesmo acima - não poderia ser diferente)

Como ponto positivo pode-se ver que o resultado de quantidade de variáveis setadas é o mesmo, mostrando consistência nos dois métodos, pois ambos alcançaram 952 créditos e este é o total de aulas semanais ministradas no colégio. Quanto ao fato de o algoritmo genético apresentar um tempo alto de resposta, ele por si só não é um problema, pois a busca realmente leva tempos altos e a resposta encontrada é razoável frente ao fato de o *timetabling* não ser uma tarefa de realização cotidiana na escola.

### 3.2.2.2. Avaliação dos Resultados para 129 novas instâncias

O trabalho até este ponto vinha sendo realizado sobre uma única instância. Com o recebimento das novas instâncias (129 ao todo - inclusive uma delas substitui a anterior) conseguiu-se ampliar o trabalho, o que nos permitiu:

- Validar / adaptar o método desenvolvido para a única instância;
- Avaliar os novos dados de entrada, identificando novas situações de problemas;
- Comparar os tempos de resposta e número de janelas para as soluções da Parte 2;
- Comparar os tempos de resposta e número de janelas para as soluções da Parte 3;
- Criar uma nova modalidade de tratamento para a função objetivo.

#### 3.2.2.2.1. Avaliação dos resultados para as 129 novas instâncias - referente Parte 2

Resultado da interação com o cliente, este nos enviou 129 instâncias, o que corresponde a 129 unidades de ensino.

Passou-se a realizar uma avaliação minuciosa da consistência dos resultados. Observou-se que haviam muitos resultados inconsistentes, o que ficou evidente pelos processamentos na ferramenta Gurobi (muitas das vezes o algoritmo apresentou como resultado “*Model is infeasible*” - Figura 17).

```

Nodes      |   Current Node   |   Objective Bounds   |   Work
Expl Unexpl |  Obj  Depth IntInf | Incumbent  BestBd  Gap | It/Node Time
-----
      0      0 infeasible    0           - infeasible  -    -    0s

Explored 0 nodes (1886 simplex iterations) in 0.80 seconds
Thread count was 4 (of 4 available processors)

Solution count 0

Model is infeasible
Best objective -, best bound -, gap -

```

**Figura 17. Uma instância com apresentação de resultado “infeasible”.**

As principais inconsistências foram identificadas e resolvidas:

- Nomes de disciplinas inconsistentes (exemplo: “professor bilíngue” como nome de disciplina);
- Disciplinas excludentes - ou o aluno estuda uma ou a outra (exemplo: “Língua estrangeira - inglês” ou “Língua estrangeira - espanhol”);
- Turmas de mesma série podem apresentar o mesmo número (a distinção é realizada pela etapa);

- Em alguns casos o número de créditos semanais da turma ultrapassa o limite mesmo selecionando o menor número de créditos (pode ser um caso particular do caso de disciplinas excludentes).

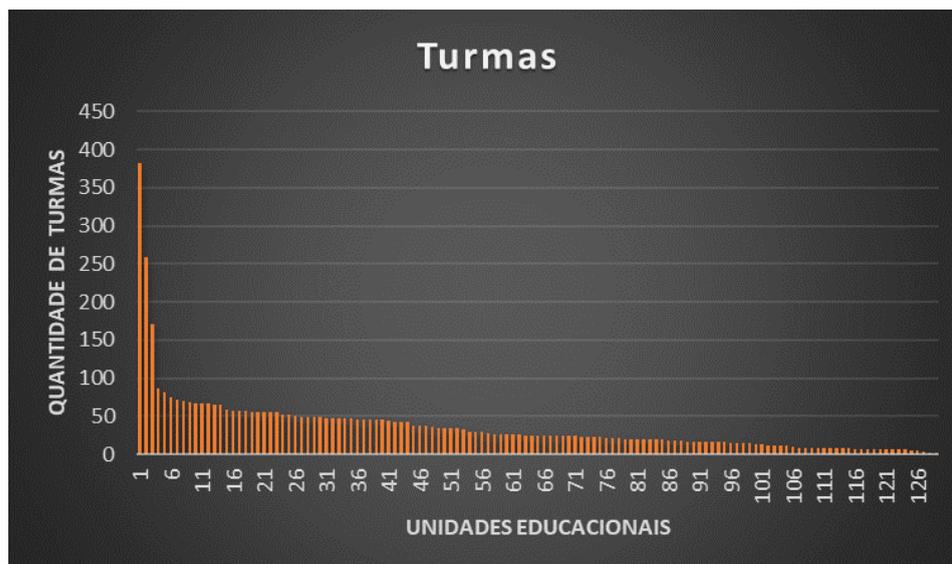
Ao final dos ajustes, ainda sem consulta formal ao cliente, das 129 instâncias, 8 continuaram com inconsistências.

Por fim realizou-se uma nova rodada com as 129 instâncias e os resultados são apresentados na Figura 18, onde o resultado foi alcançado para 121 instâncias e que não foram alcançados para as outras 8 instâncias. Este resultado acontece devido a inconsistências nos dados de entrada.



**Figura 18. Resultado final (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.**

A Figura 19 busca apresentar uma visão geral do perfil da quantidade de turmas existentes em cada unidade educacional.



**Figura 19. Quantidade de turmas por unidade educacional - visão geral.**

O tempo de processamento é apresentado na Figura 20, onde o seu maior valor não passou de 10 minutos. Observa-se ainda que o tempo imediatamente abaixo deste primeiro não passa de 3 minutos. O tempo médio calculado para todas as 121 instâncias foi de 13,07 segundos.

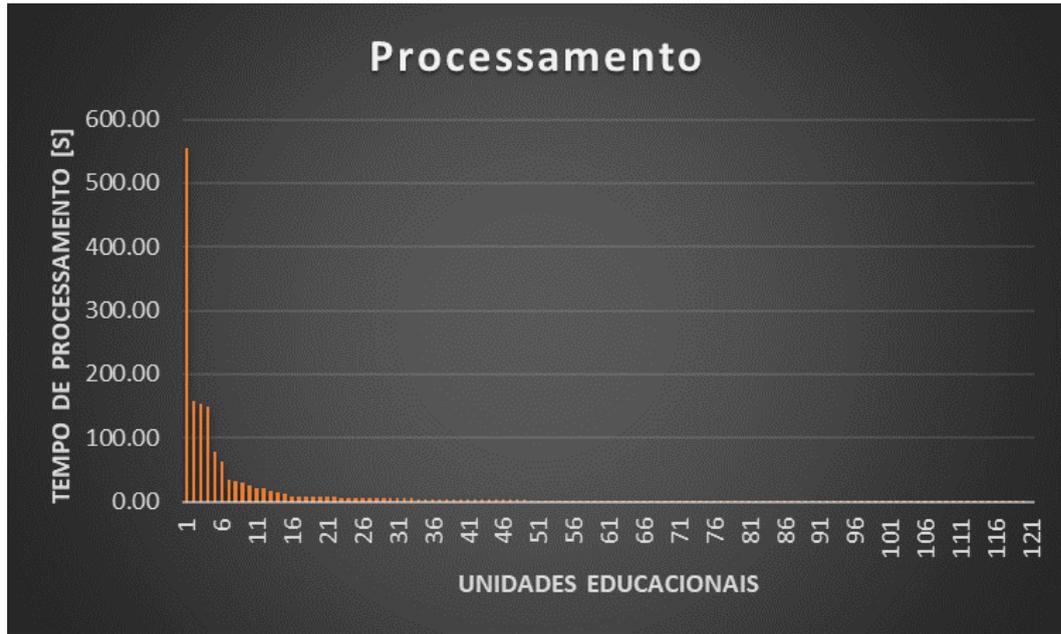


Figura 20. Tempo de processamento (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.

Outro resultado importante é o número de janelas alcançado no processamento, pois busca-se um resultado ótimo. Para todos os 121 processamentos realizados o valor ótimo foi alcançado. Este resultado é apresentado na Figura 21.

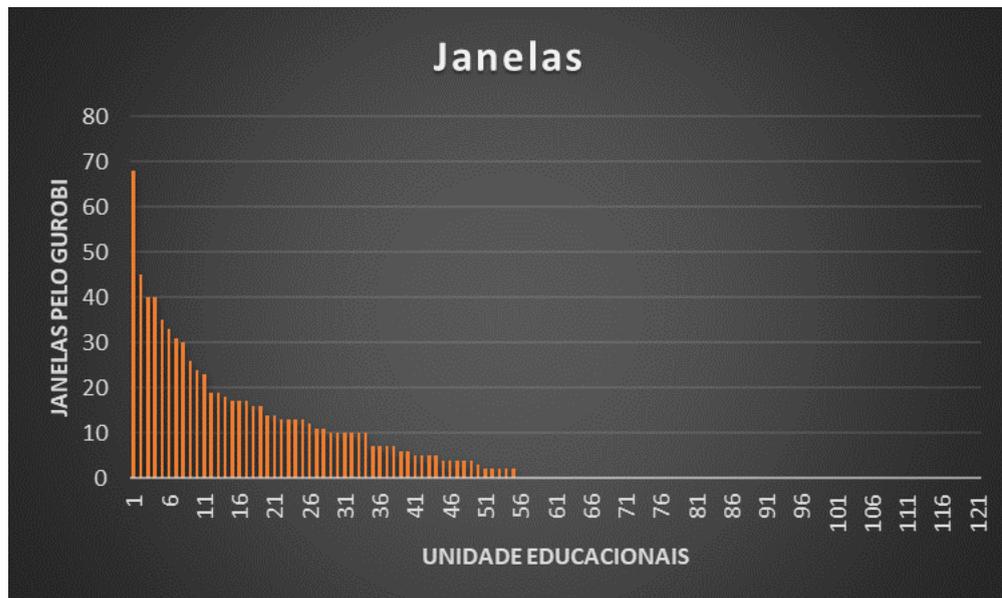


Figura 21. Janelas encontradas (Gurobi) por unidade educacional - visão geral.

Em seguida, são apresentados os resultados considerando as soluções encontradas pelo algoritmo genético desenvolvido.

#### 3.2.2.2.2. Avaliação e melhoria do tempo de resposta do Algoritmo Genético

A implementação mais eficiente alcançada considera dois dicionários como estruturas de dados de controle para referenciar o modelo matemático para o problema tratado. O primeiro dicionário recebe o índice da variável  $x$  e retorna uma lista de ponteiros que são utilizados diretamente sobre a estrutura de dados (uma lista) composta por inequações onde esta variável

está presente. A segunda estrutura de dicionário é composta pelo valor referente ao segundo membro de cada inequação do modelo matemático, termo  $b_i$ .

O resultado obtido relativo ao tempo de resposta, quando comparado com outra implementação que usava listas como estrutura de dados, foi relativamente pequeno. Desta forma, passou-se a identificar pontos onde fossem caracterizadas perdas de tempo significativas. Para isso, foram medidos consumos de tempo em várias partes do método. Esta análise permitiu verificar a ocorrência de altos consumos de tempos, em diversos pontos, porém de forma não determinística, o que levou a suspeitar de algum processo externo assíncrono, já que a maioria destes pontos analisados normalmente apresentava valores de tempos muito baixos. Para comprovar que tratava-se de um “processo externo”, realizou-se um pequeno trecho de código em *loop*, conforme Figura 22.

```
for m in range(1000000000):
    check1000 = time.time()
    pass
    pass
    check1001 = time.time()
    if (check1001 - check1000) > 0.01:
        print('check1001 - check1000: ', check1001 - check1000, " ", time.time(), "m: ", m)
```

**Figura 22. Apresentação de código para testes do evento externo.**

Tendo-se anteriormente identificado que este processo tomava cerca de 15,6 ms, apostou-se que o trecho acima seria suficiente para garantir alguma ocorrência do evento. Na Figura 23 fica bem caracterizado o valor aproximado de 15,6 ms e sua ocorrência sistemática. A coluna logo após a medida da duração do evento caracteriza outra medida, a do intervalo entre eventos.

check1001 - check1000:	0.015623331069946289	1689698618.7519774	m: 26573495
check1001 - check1000:	0.01562356948852539	1689698618.8613503	m: 26879354
check1001 - check1000:	0.015625476837158203	1689698618.8769758	m: 26934532
check1001 - check1000:	0.015578508377075195	1689698619.1269755	m: 27540753
check1001 - check1000:	0.015661239624023438	1689698619.1426368	m: 27590983
check1001 - check1000:	0.015630006790161133	1689698619.1739008	m: 27701311
check1001 - check1000:	0.015624523162841797	1689698619.220724	m: 27817435
check1001 - check1000:	0.015625715255737305	1689698619.2988513	m: 28056634
check1001 - check1000:	0.01566171646118164	1689698619.3457634	m: 28191848
check1001 - check1000:	0.015622615814208984	1689698619.376977	m: 28289144
check1001 - check1000:	0.015629291534423828	1689698619.3926063	m: 28316454
check1001 - check1000:	0.015623092651367188	1689698619.4082294	m: 28364955
check1001 - check1000:	0.015570878982543945	1689698619.4707274	m: 28509851
check1001 - check1000:	0.015622854232788086	1689698619.5175993	m: 28671103
check1001 - check1000:	0.015624761581420898	1689698619.548849	m: 28781304
check1001 - check1000:	0.015628337860107422	1689698619.5801024	m: 28876057
check1001 - check1000:	0.015624523162841797	1689698619.6113515	m: 28977015
check1001 - check1000:	0.015606403350830078	1689698619.6894755	m: 29146042

**Figura 23. Medidas de tempo do evento externo (duração e intervalo).**

Para finalizar a avaliação, foi coletada uma amostra de 1.179 ocorrências consecutivas, utilizando-se o pequeno código anterior, registrando-se sua duração e o tempo entre eventos. A Tabela 4 apresenta o tempo em milissegundos (ms) decorrente do evento externo (penúltima coluna) e o intervalo de tempo entre estes eventos (última coluna), também em ms, para as últimas 18 ocorrências. Somadas estas duas variáveis para as 1.179 ocorrências e divididas uma pela outra, chega-se ao resultado aproximado de que este evento externo toma 29,4% do tempo disponível.

**Tabela 4. Dados de duração e intervalo dos eventos e cálculo da sua participação.**

Duração evento [s]	Intervalo entre eventos [s]	Duração [ms]	Intervalo [ms]
0,0156223774	1.689.631.777,2969700	15,6223774	31,2500000
0,0156216621	1.689.631.777,3282200	15,6216621	31,2500000
0,0156724453	1.689.631.777,4063900	15,6724453	78,1700611
0,0156581402	1.689.631.777,4532600	15,6581402	46,8699932
0,0155961514	1.689.631.777,4688500	15,5961514	15,5899525
0,0155961514	1.689.631.777,5626400	15,5961514	93,7900543
0,0155873299	1.689.631.777,6563400	15,5873299	93,6999321
0,0156600475	1.689.631.777,6876300	15,6600475	31,2900543
0,0156228542	1.689.631.777,7344700	15,6228542	46,8399525
0,0156254768	1.689.631.777,7657200	15,6254768	31,2500000
0,0156242847	1.689.631.777,8282200	15,6242847	62,5000000
0,0156242847	1.689.631.777,8750900	15,6242847	48,8699932
0,0156257153	1.689.631.777,8907200	15,6257153	15,6300068
0,0156259537	1.689.631.777,9376000	15,6259537	46,8800068
0,0156214237	1.689.631.778,0001400	15,6214237	62,5400543
0,0156595707	1.689.631.778,0470100	15,6595707	46,8699932
0,0156233311	1.689.631.778,1094700	15,6233311	62,4599457
0,0156161785	1.689.631.778,1563900	15,6161785	46,9200611
		18.422,5232601	62.656,2900543
			<b>29,4025121</b>

Por fim, foram realizadas outras medidas para verificar se haviam concentrações de gastos de tempo, mas nada de relevante foi identificado além do fato acima relatado.

Para concluir esta seção, podemos sugerir a implementação deste algoritmo genético em linguagens de programação de alto desempenho e a execução em máquina dedicada à aplicação.

### 3.2.2.2.3. Avaliação e melhoria do tratamento da Função Objetivo para o AG

O primeiro ponto a ser destacado é de que a nossa função objetivo está definida como o atendimento à menor quantidade de janelas da solução final. Assim, no AG estamos considerando um limite máximo de janelas como sendo uma restrição *hard* a ser atendida e buscamos o menor valor possível para o número de janelas como sendo o objetivo a ser alcançado. Na evolução do trabalho definimos duas modalidades de tratamento para alcançarmos o menor valor possível:

- **Modalidade 1:** estipula um valor fixo para o limite de janelas a partir de uma função linear;
- **Modalidade 2:** estipula um valor dinâmico para o limite de janelas.

### 3.2.2.2.3.1. Modalidade 1

Nesta modalidade é estipulado um valor limite a partir de uma função linear, como aquela da Figura 24. O valor limite desta função não pode ser ultrapassado para que a restrição *hard* seja atendida. O que se busca é manter o valor da função objetivo abaixo deste valor - quanto menor for este valor, tanto melhor será o resultado da solução. A cada nova turma que é disparada, um novo valor limite é estipulado. Mantendo o limite em valores menores, teremos um melhor resultado da solução. O que se verificou na prática e que poderá ser visto no comparativo das modalidades, é que provavelmente existe um valor de convergência, conforme o limite estipulado.

Analisando a Figura 24, são liberadas 2 janelas a cada nova turma. Assim, como temos 20 turmas (0 a 19) chegaremos a 40 janelas máximas no final.

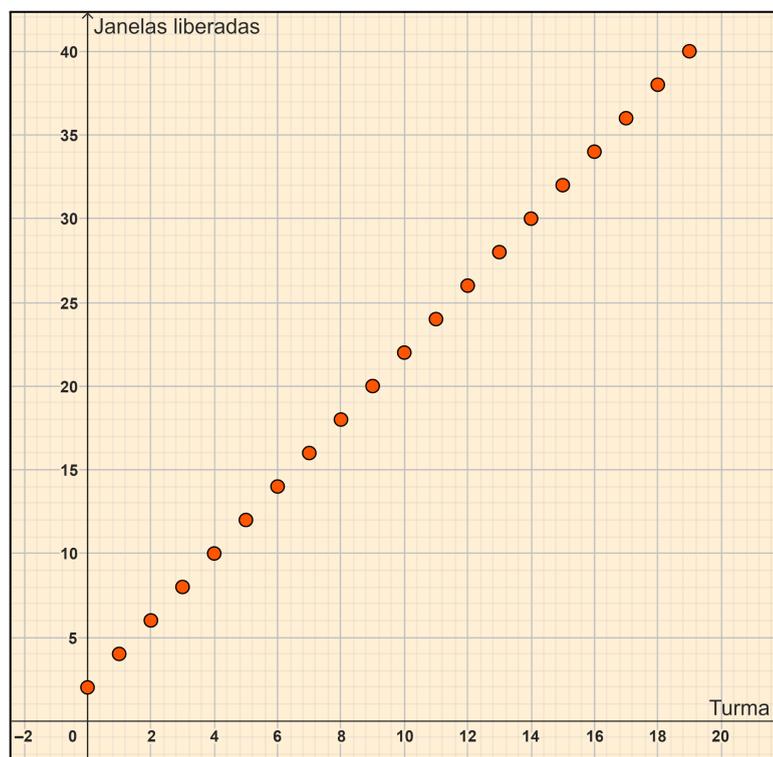


Figura 24. Modalidade 1 para instância hipotética.

Esta modalidade garantiu que as soluções obtidas apresentassem um limite de janelas, mas nunca foi obtido um resultado ótimo nos experimentos.

### 3.2.2.2.3.2. Modalidade 2

Na busca por uma alternativa que nos aproximasse do valor ótimo (menor número de janelas) foi adotada uma segunda estratégia - iniciar com ZERO janelas e ir liberando uma nova janela somente depois que o método tiver passado por G gerações. Se neste ínterim houver uma mudança no resultado parcial (valor do *fitness*) ou no número de janelas alcançadas, a contagem de gerações (G) é reiniciada. Esta solução é dinâmica e trouxe resultados muito melhores do que a primeira estratégia.

Analisando a Figura 25, temos 36 turmas (0 a 35). As turmas de 0 a 4 alcançaram soluções factíveis (e ótimas) com ZERO janelas. Quando da sexta turma (Turma 5) a contagem de G gerações foi alcançada e com isto o limite de janelas foi incrementado de uma unidade. Pode-se observar este comportamento em diversas regiões do gráfico. Este é o ganho desta modalidade. Para verificar se melhores resultados são alcançados, podemos aumentar o

valor de G. Na trigésima quarta turma (Turma 33) ocorreu um fenômeno ligeiramente diferente. Esta turma começou com 25 janelas liberadas, resultado da turma anterior. Quando do seu processamento, surgiu uma solução candidata com 22 janelas, mas que ainda não havia atendido a todas as restrições. Assim, novas soluções candidatas tiveram resultados melhores (melhor *fitness*) mas passaram a necessitar de mais janelas para tal (então temos uma mudança de 22 até 24 janelas). Em 24 janelas é encontrada uma solução que atende a todas as restrições do problema, passando-se à turma seguinte (Turma 34).

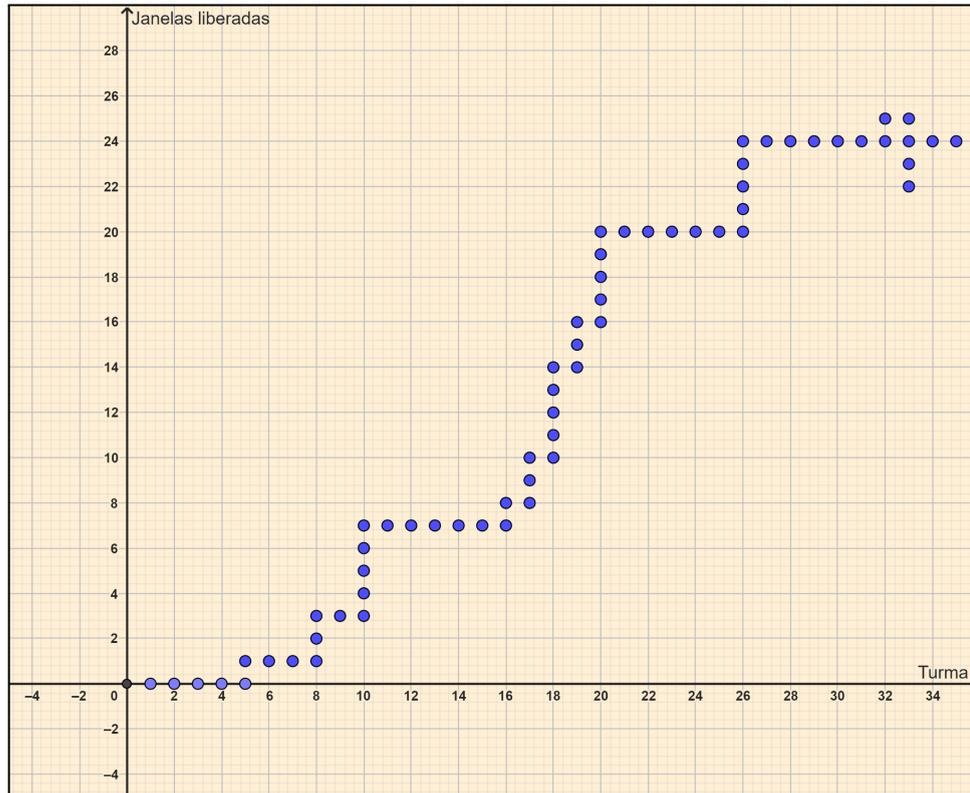
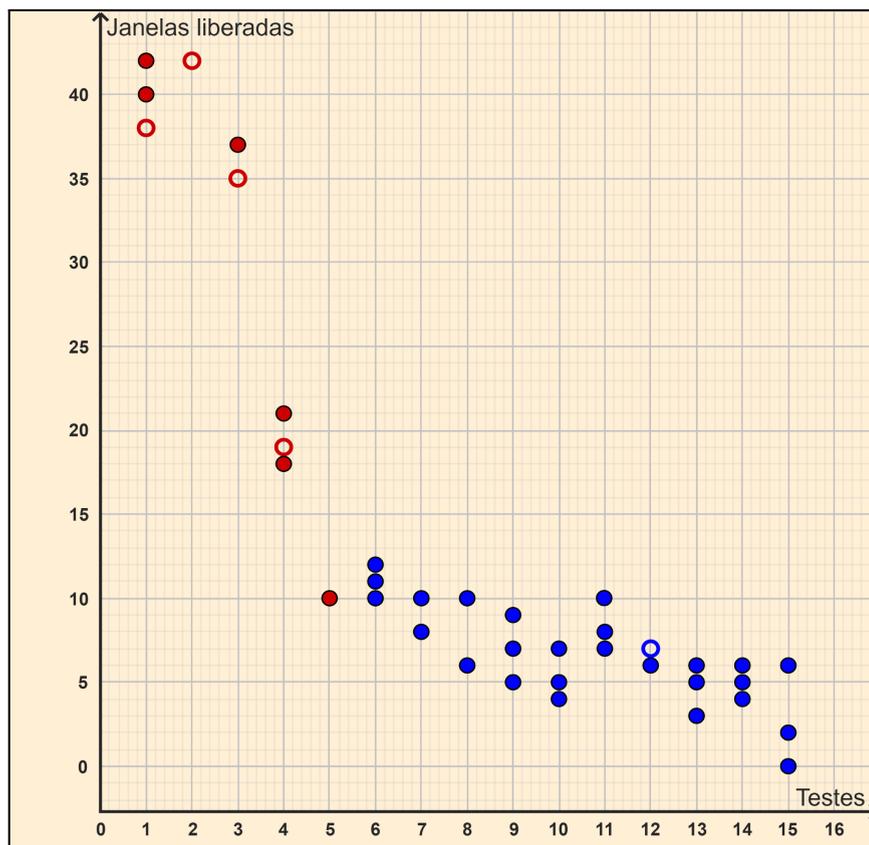


Figura 25. Modalidade 2 para instância ID-3271.

### 3.2.2.3.3. Resultado comparativo das modalidades 1 e 2

A seguir apresentamos os resultados obtidos para a instância ID-1457 e os testes realizados sob diversas condições.



**Figura 26. Testes com escola ID-1457 para comparação das modalidades.**

**Teste 1:** Para este teste e para os demais, de cor vermelha, utilizamos a modalidade 1 com a liberação de 4 janelas por professor - isto significa que, em média, cada professor poderá alcançar, no máximo, este valor de janelas. Como esta escola tem 21 professores, pode-se alcançar 84 janelas finais, sendo estas liberadas gradativamente (conforme perfil da Figura 24). Levantou-se 4 amostras com resultados finais de 38, 38, 40 e 42 janelas. Na figura, o símbolo circular vazado representa 2 amostras de mesmo valor final.

Para a escola ID-1457 o valor ótimo é ZERO, identificado a partir da PM.

**Teste 2:** Levantou-se 2 amostras com resultados finais de 42 janelas. O valor final esperado era de no máximo 63 janelas (ou três janelas por professor). Este teste mostrou que, assim como no Teste 1, existe uma tendência para o valor final.

**Teste 3:** Estipulou-se 42 janelas finais (duas janelas por professor) e obteve-se 35, 35 e 37. Note que este resultado da função objetivo é melhor em relação aos dois primeiros.

**Teste 4:** Aqui foi estipulado em valor final de 21 janelas e obteve-se 18, 19, 19 e 21. Este teste mostra que conseguimos controlar a função objetivo, trazendo-a para patamares ainda menores que os anteriores, o que representa um resultado melhor.

**Teste 5:** O valor final foi estipulado como 11 janelas. Foram realizadas 3 amostras e alcançou-se 3 valores de 10 janelas.

**Obs.:** Não está mostrado aqui, mas para valores finais inferiores a 10 janelas o método não finalizou, pois não conseguiu atender aos limites estipulados.

**Teste 6:** A cor azul representa a modalidade 2. Neste teste foi utilizado um G de 20 gerações. Os valores são equivalentes aos melhores valores obtidos na modalidade 1.

Do Teste 6 até o Teste 15, o que muda é o valor do hiperparâmetro G:

- Teste 6 : G com 20 gerações;
- Teste 7: G com 30 gerações;
- Teste 8: G com 40 gerações;
- Teste 9 G com 50 gerações;
- Teste 10: G com 60 gerações;
- Teste 11: G com 70 gerações;
- Teste 12: G com 80 gerações;
- Teste 13: G com 90 gerações;
- Teste 14: G com 100 gerações;
- Teste 15: G com 200 gerações.

De modo geral, à medida que o G aumenta o resultado da função objetivo melhora. Inclusive para esta instância, obteve-se ZERO janela em uma das amostras para o Teste 15. Outra observação é de que o aumento de G parece alcançar um platô nos testes finais. Naturalmente, a adoção da modalidade 2 traz consigo o aumento do tempo de processamento, uma vez que existe o incremento na quantidade de gerações a serem esperadas para se liberar uma nova janela.

#### **3.2.2.2.4. Avaliação da parametrização do AG**

##### **3.2.2.2.4.1. Descrição dos hiperparâmetros para o AG**

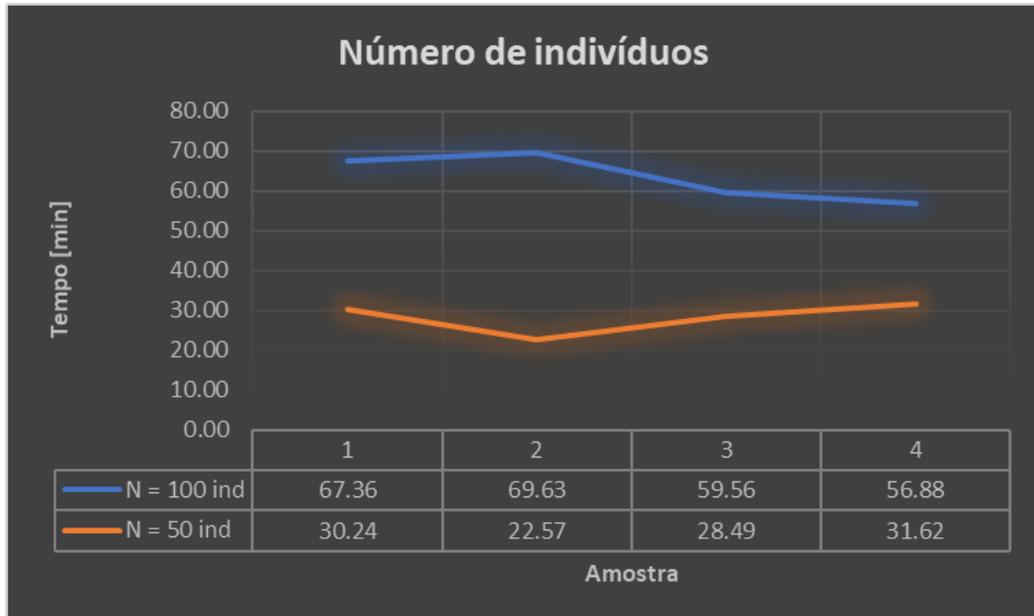
Os seguintes hiperparâmetros foram utilizados neste AG:

- Número de indivíduos da população ( $n_{\text{indivíduos}}$ ): corresponde ao número de indivíduos simultâneos utilizados no método de AG, a cada geração;
- Indivíduos elitistas ( $top\_quantidade$ ): corresponde ao número de indivíduos que compõem o grupo de elitismo;
- probabilidade de cruzamento ( $pc$ ): parâmetro de probabilidade adotada para geração de uma distribuição de Bernoulli levando-se em conta o número de indivíduos da população [Pinto, 2022]. Expresso de forma percentual;
- probabilidade de mutação ( $pm$ ): parâmetro de probabilidade adotado para se realizar o processo de mutação ou não, de um determinado gene. Neste caso o gene corresponde a cada elemento de cada indivíduo da população [Pinto, 2022], que para este caso corresponde à tupla  $(d, p, s)$ . Expresso de forma percentual;
- limite de janelas por professor ( $max\_janelas\_professor$ ): número médio de janelas por professor, utilizado para o cálculo do limite de janelas totais da função objetivo;
- passo da função objetivo: utilizado no procedimento de definição da função objetivo - modalidade 2, onde é preciso se aguardar o total de passos (gerações) definidas por este hiperparâmetro para se liberar uma nova janela.

##### **3.2.2.2.4.2. Avaliação de hiperparâmetros**

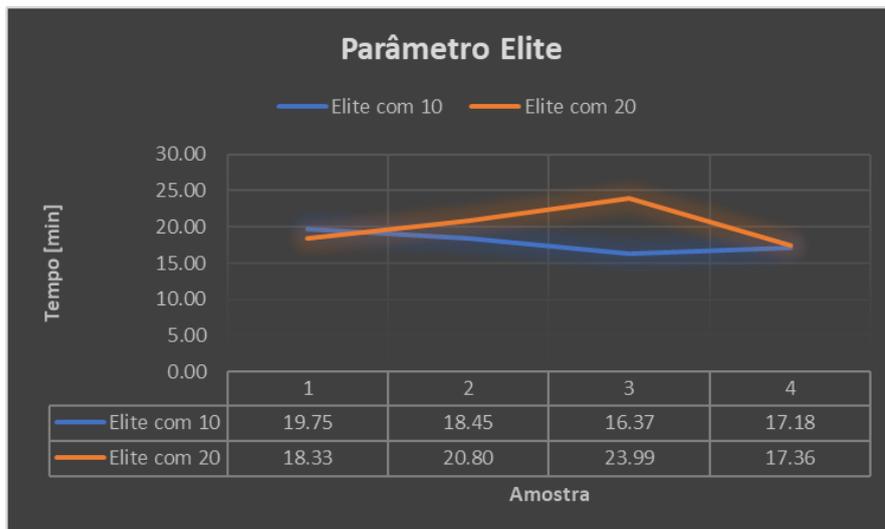
Inicialmente foi avaliado o parâmetro  $n_{\text{indivíduos}}$ , correspondente ao número de indivíduos da população. A Figura 27 apresenta 4 amostras de cada conjunto, sendo a primeira para 100 indivíduos e a segunda para 50 indivíduos. Observa-se que o tempo entre um conjunto e o outro é de aproximadamente o dobro do tempo, em conformidade com o tamanho da

população. O resultado relativo ao número total de gerações foi levemente vantajoso para a população de 100 indivíduos em relação ao da outra população (88%). O resultado para o número de janelas finais foi aproximadamente o mesmo e todos os 8 resultados ficaram na faixa de 9 a 12 janelas. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros: top\_quantidade = 10, pm = 1%, pc = 80%, max\_janelas\_professor = 4, passo = 100.



**Figura 27. Apresentação do processamento para população de 100 e 50 indivíduos - ID 1805.**

A Figura 28 apresenta o comportamento da resposta temporal para os valores de elite de 10 e 20 indivíduos. Foram coletadas 4 amostras de cada condição e observa-se um comportamento muito semelhante entre estas. Também o número total de gerações apresentou médias muito próximas entre si, assim como o número final de janelas. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros: n\_individuos = 50, pm = 1%, pc = 80%, max\_janelas\_professor = 4, passo = 50.



**Figura 28. Apresentação do resultado de processamento para diferentes valores de elite - ID1805.**

Foi avaliado o parâmetro  $pc$ , variando do valor 10 até 100% em passos de 10. Foram realizados experimentos para duas escolas (ID 3700 e ID 1805). A Figura 29 mostra o resultado para a primeira escola e a Figura 30, para a segunda escola. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pm = 1\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ .

Analisando os gráficos das duas escolas, tendo-se como medida o número de janelas, percebe-se uma leve vantagem em adotar-se valores acima de 50% para o parâmetro de cruzamento ( $pc$ ). Não há um valor que apresente um destaque mais acentuado nos dois gráficos.

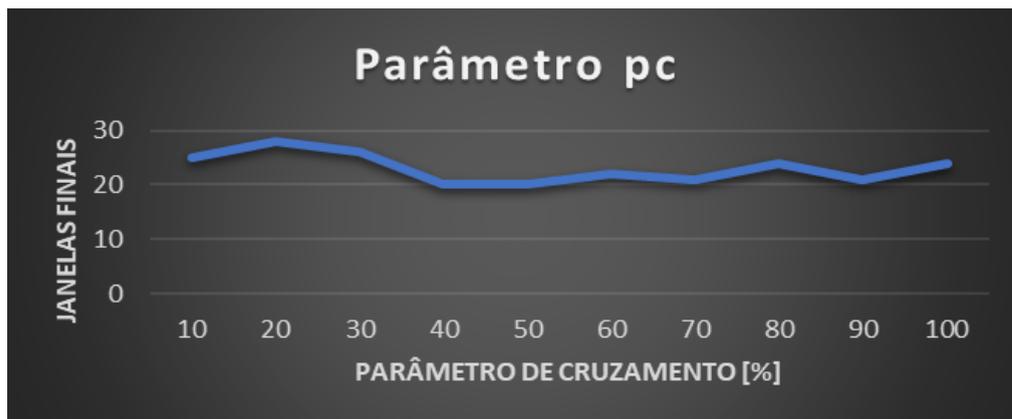


Figura 29. Avaliação do parâmetro  $pc$  para escola ID 3700.

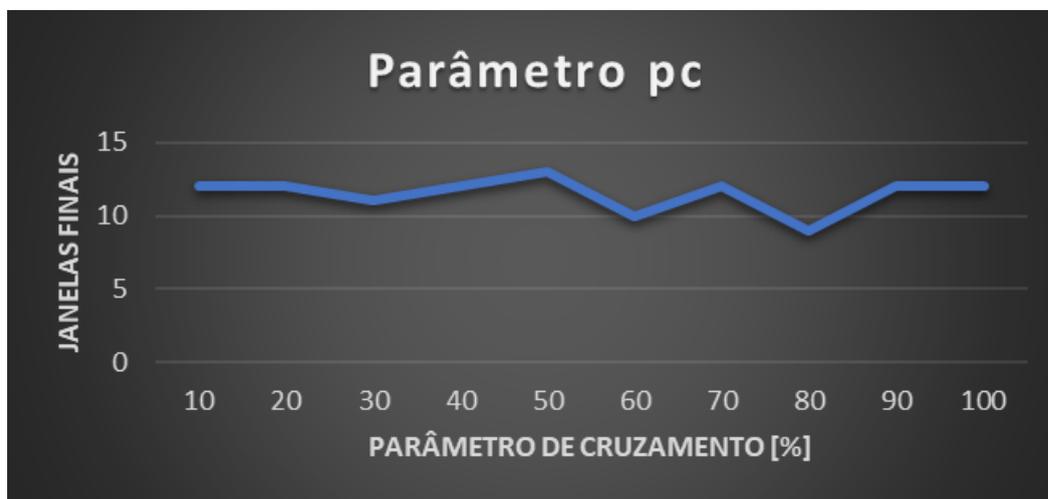
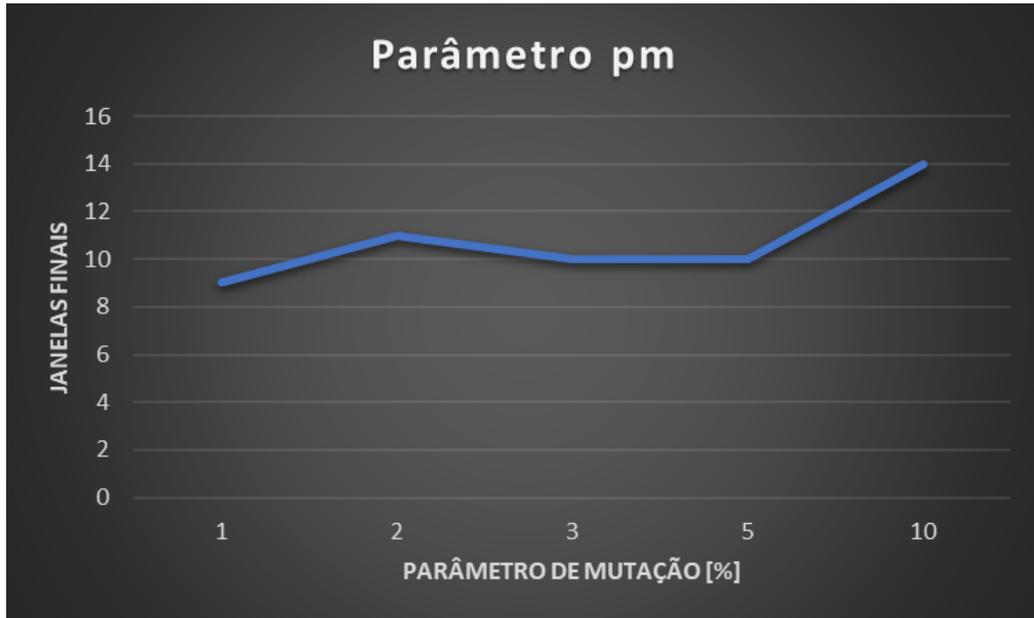


Figura 30. Avaliação do parâmetro  $pc$  para escola ID 1805.

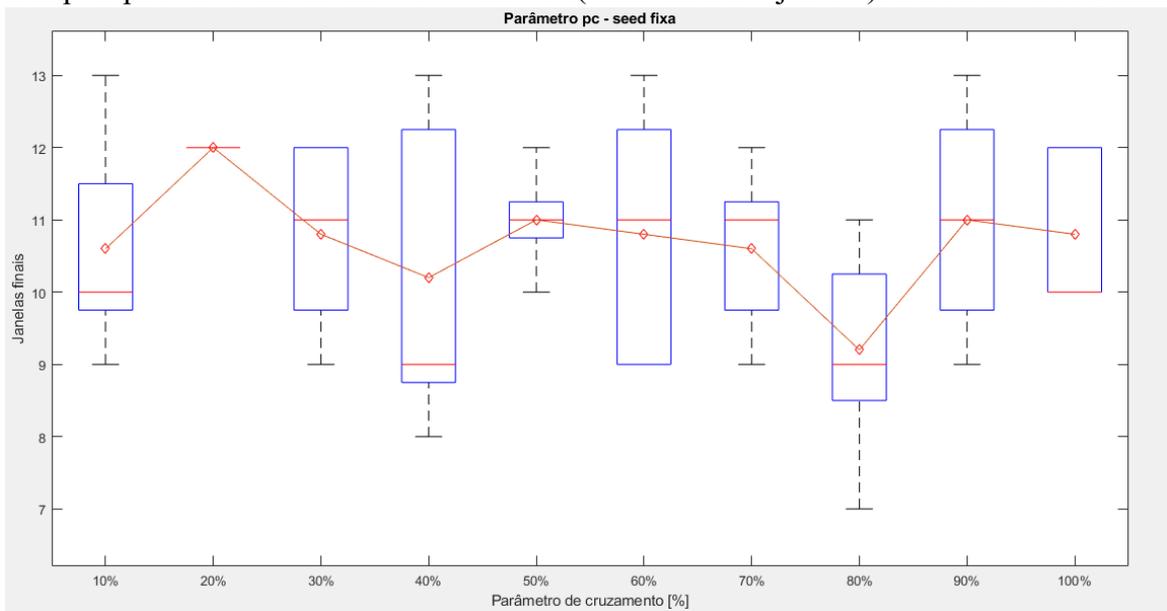
Para o parâmetro  $pm$ , também tendo-se como medida o número de janelas, percebe-se uma leve vantagem em adotar-se valores baixos, conforme Figura 31. Para este experimento foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pc = 80\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ .



**Figura 31. Avaliação do parâmetro pm para escola ID 1805.**

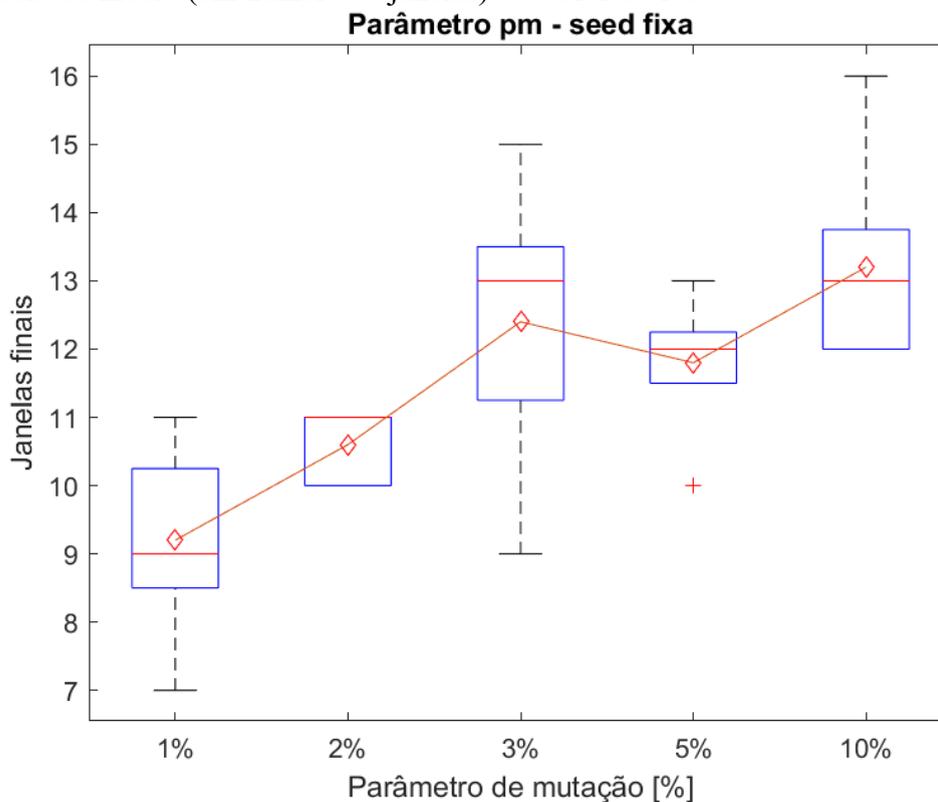
Em todo o trabalho, a população inicial é gerada aleatoriamente. No entanto, para fins de uma avaliação mais ampla do impacto dos parâmetros **pc** e **pm**, foram realizados novos experimentos considerando-se a população inicial a partir de uma *seed* fixa, eliminando-se o fator aleatoriedade da população inicial. Os resultados são apresentados nas Figuras 32 e 33.

Para a Figura 32 foi analisado o parâmetro de cruzamento - foram avaliados 10 pontos de interesse, com valores variando de 10% a 100% em passos de 10, com uma amostra de tamanho 5 para cada um destes pontos. A escola analisada foi a de ID 1805. Para estes experimentos foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros: *n\_individuos* = 50, *top\_quantidade* = 10, *pm* = 1%, *max\_janelas\_professor* = 4, *passo* = 50. Para esta avaliação, o valor que apresenta o melhor resultado médio (em número de janelas) é o valor de 80%.



**Figura 32 - Avaliação parâmetro pc para escola ID 1805 a partir de semente fixa para a população inicial.**

Para a Figura 33 foi analisado o parâmetro de mutação - foram avaliados 5 pontos de interesse, com valores de 1%, 2%, 3%, 5% e 10%, com uma amostra de tamanho 5 para cada um destes pontos. A escola analisada foi a de ID 1805. Para estes experimentos foram mantidos fixos os seguintes hiperparâmetros:  $n\_individuos = 50$ ,  $top\_quantidade = 10$ ,  $pc = 80\%$ ,  $max\_janelas\_professor = 4$ ,  $passo = 50$ . Para esta avaliação, o valor que apresenta o melhor resultado médio (em número de janelas) é o valor de 1%.

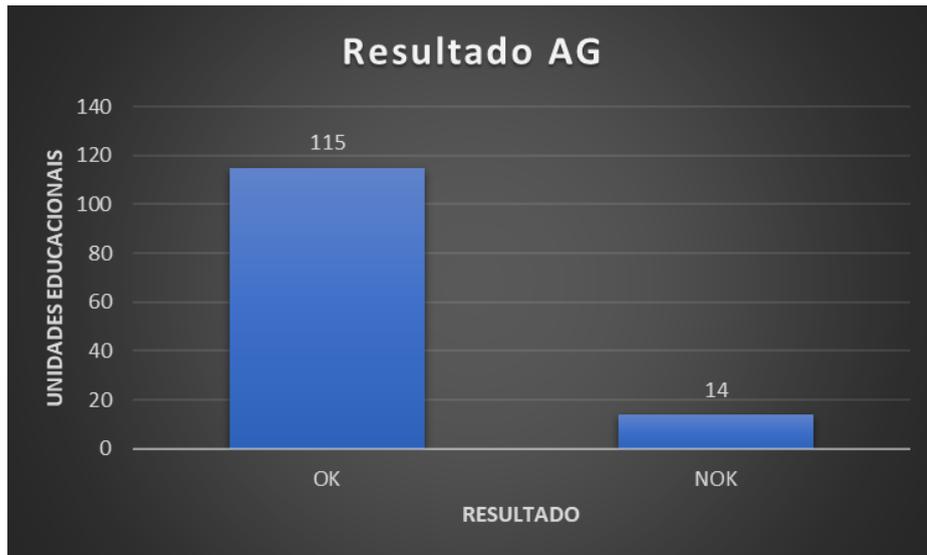


**Figura 33 - Avaliação parâmetro pm para escola ID 1805 a partir de semente fixa para a população inicial.**

Outro parâmetro de relevância, inserido na modalidade 2 do tratamento de janelas, é o passo da função objetivo. A Figura 26 apresenta os testes que mostram a vantagem de passos maiores frente a passos menores. Fica claro a tendência de menos janelas para passos maiores.

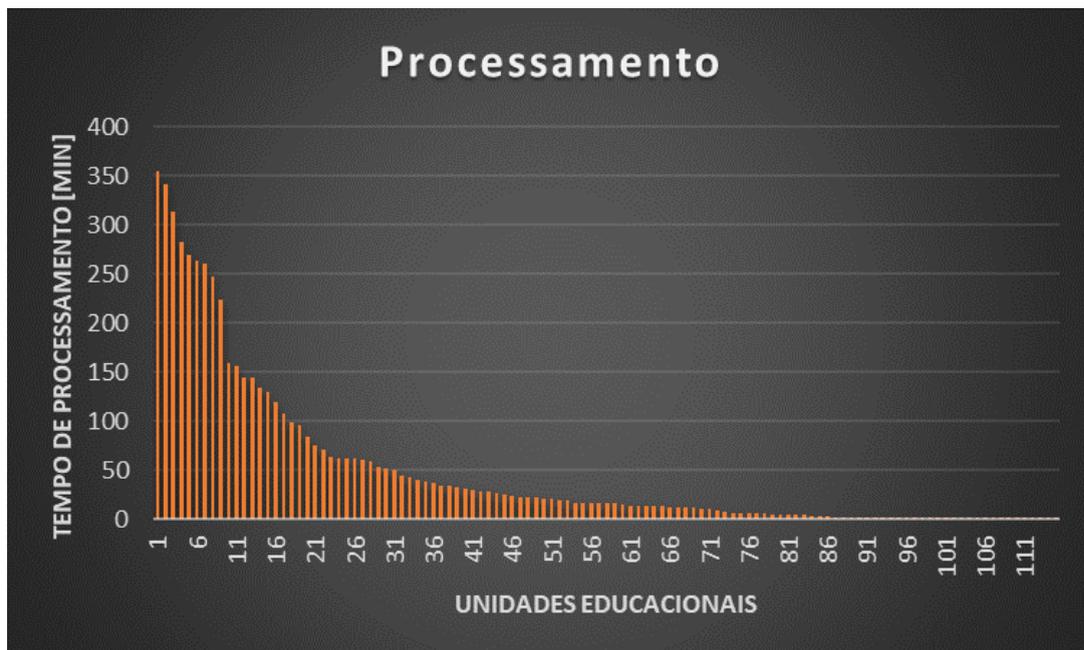
### **3.2.2.2.5. Avaliação dos resultados para as 129 novas instâncias - referente Parte 3**

A Figura 34 mostra 14 instâncias que não foram resolvidas pelo AG. Destas, 8 são as mesmas que na avaliação por Programação Matemática. Os outros 6 não apresentaram uma solução final pelo AG.



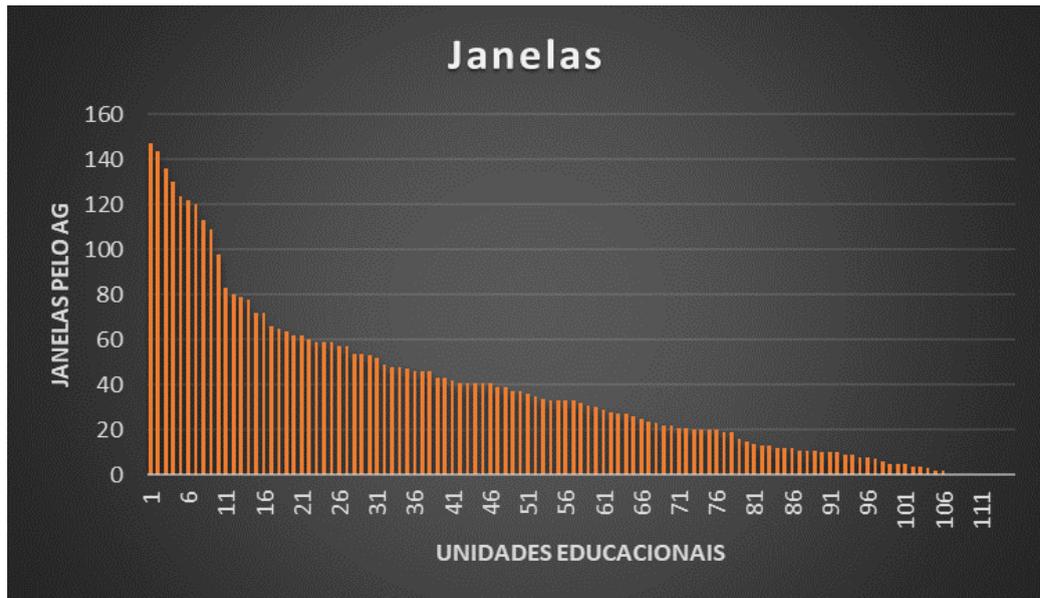
**Figura 34. Resultado do processamento (AG) por unidade educacional - visão geral.**

Os tempos de processamento pelo AG são substancialmente muito superiores aos de processamento pela Programação Matemática. Pelo gráfico da Figura 35 podemos observar que a instância que levou mais tempo foi de cerca de 6 horas. Outra observação importante que se pode tirar do gráfico é que mais da metade das instâncias levou menos do que uma hora de processamento.

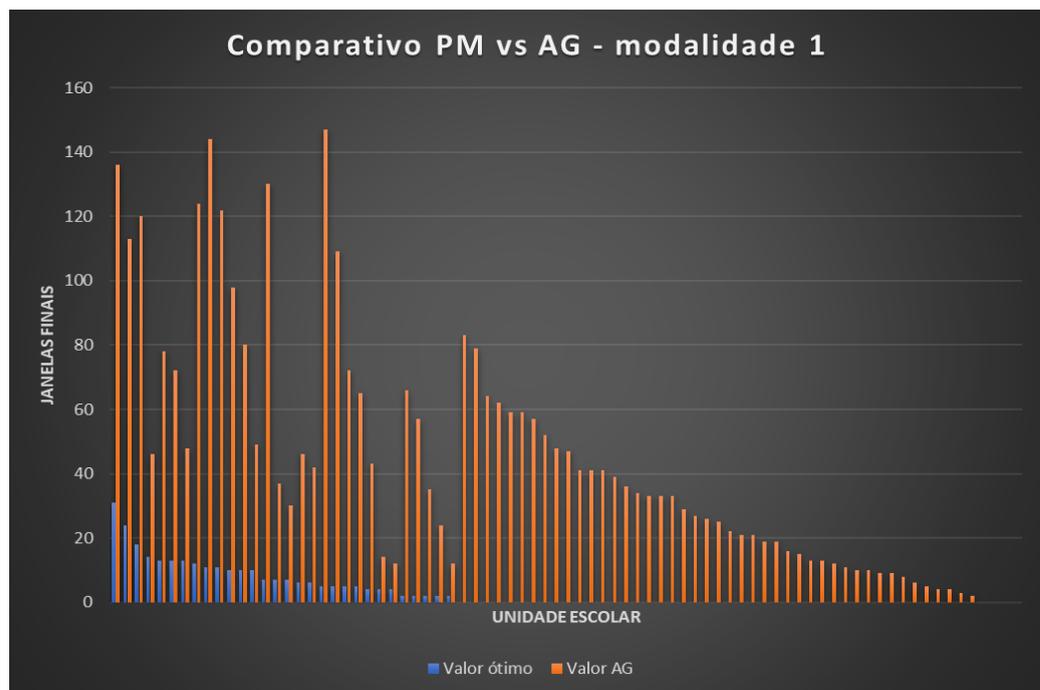


**Figura 35. Tempo de processamento (AG) por unidade educacional - visão geral.**

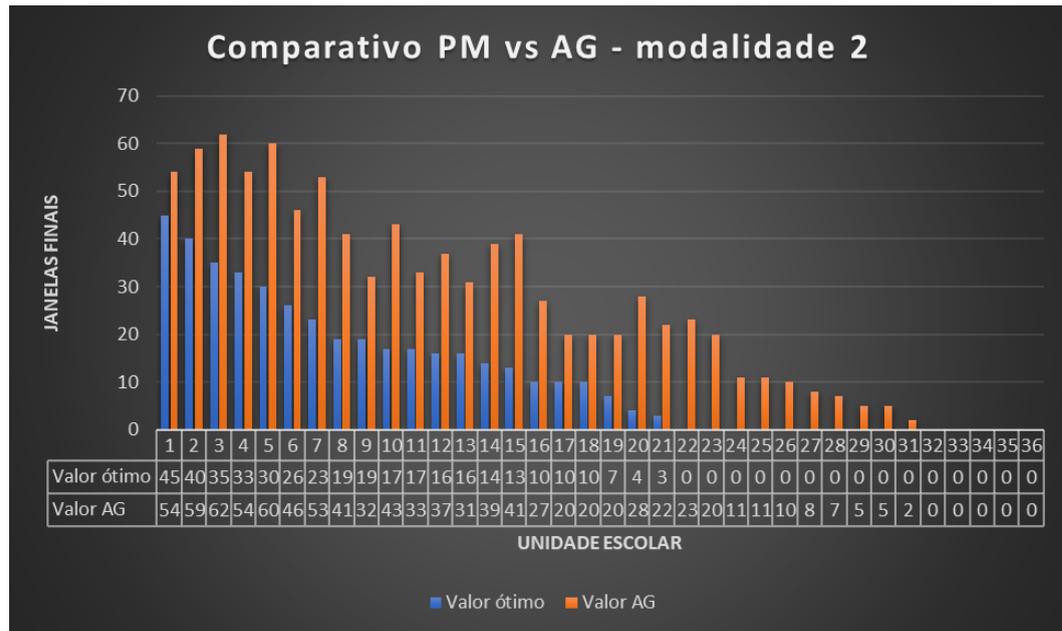
Da Figura 36 observamos que o número de janelas para o AG é superior ao número de janelas resultantes da Programação Matemática (valor ótimo). Importante ressaltar que o gráfico mostra um misto de modalidade 1 e modalidade 2 para tratamento da função objetivo. Na sequência, Figuras 37 e 38, apresento a estratificação do número final de janelas de cada escola, em função da modalidade utilizada, sendo que a Figura 37 apresenta 79 instâncias tratadas pela modalidade 1 e a Figura 38 as 36 instâncias tratadas pela modalidade 2 e sua comparação com o valor ótimo. Percebe-se que a adoção da modalidade 2 para o tratamento da função objetivo realmente traz uma vantagem grande em relação à modalidade 1.



**Figura 36. Janelas encontradas (AG) por unidade educacional - visão geral.**



**Figura 37 - Comparação PM versus AG para modalidade 1.**



**Figura 38. Comparação PM versus AG para modalidade 2.**

Se somarmos todos os valores das 79 janelas obtidas pelo AG na modalidade 1 (Figura 37) e dividirmos este total pela soma das respectivas janelas encontradas para estas mesmas instâncias pelo método PM (valores ótimos), obteremos um fator de 13,09. Realizando este mesmo procedimento para as 36 instâncias da Figura 38, que fazem uso da modalidade 2, obteremos um fator de 2,27. Se dividirmos o segundo fator pelo primeiro, teremos 0,17. Este valor traduz o quão mais eficaz a modalidade 2 é em relação à modalidade 1 na busca pelo resultado ótimo. Quanto menor esta relação, melhor o resultado.

#### 4. Conclusões e trabalhos futuros

Durante a realização deste trabalho foi possível alcançar alguns objetivos específicos. O primeiro deles é referente à avaliação do estado da arte. Isso nos permitiu entender o cenário do *timetabling*, da programação matemática e algoritmos genéticos e selecionar os trabalhos que acabaram trazendo uma maior contribuição a este trabalho. O estudo sobre Pesquisa Operacional foi iniciado no Grupo de Inteligência Artificial e Algoritmos da UFSC. Este estudo continuou durante o TCC permitindo formar um conhecimento que contribuiu decisivamente para a elaboração de uma modelagem matemática adequada. O resgate da documentação [Franco, 2021]<sup>8</sup> de reuniões ocorridas com o cliente permitiu entender os requisitos funcionais e não funcionais do negócio do cliente. A implementação da modelagem em si ocorreu durante o processo de TCC e, após sua definição, passou pela implementação via programação, utilizando linguagem Python, interagindo com a interface do Gurobi, ferramenta para solução matemática de sistemas de equações / inequações, bem como através da implementação de algoritmo genético que faz uso desta mesma estrutura matemática de equações / inequações. Os experimentos corresponderam à testagem do modelo frente aos seus resultados. Foi possível gerar uma documentação o mais visual possível (Parte 1 - Desenvolvimento Matemático para a Pesquisa Operacional) que pudesse apresentar o que foi realizado em termos de modelagem, ao mesmo tempo em que viesse a contribuir com trabalhos futuros. Foi realizada uma reunião com o cliente, onde foram apresentados os resultados práticos alcançados na Parte 2 e onde foi sinalizado pelo mesmo como sendo este o

<sup>8</sup> Documento particular de Franco, não publicado e disponibilizado para execução deste trabalho. FRANCO, Álvaro Junio Pereira. **Enturmação**. Florianópolis: UFSC, 2021. 10 p.

caminho, ao mesmo tempo em que foram solicitadas novas instâncias para o trabalho (novos dados sobre novas unidades educacionais e que nos foram encaminhados, conforme já relatado).

Referente à Parte 2 pode-se afirmar que todo o seu desenvolvimento foi concluído e que os resultados auferidos foram muito bons. Na primeira instância que foi submetida, os tempos de execução foram baixos para encontrar soluções ótimas. Da mesma forma, as novas instâncias não trouxeram problemas quanto aos resultados finais - todos foram ótimos.

Quanto à Parte 3, o programa foi desenvolvido e os tempos de resposta foram altos, embora não sejam críticos. Tinha-se a expectativa de se melhorar a qualidade dos resultados, o que passa pela diminuição do número de janelas por instância. A implementação da modalidade 2 permitiu alcançar resultados muito superiores ao da modalidade 1.

Como trabalhos futuros podemos elencar:

- Realizar uma nova reunião com o cliente e seu ponto focal na Secretaria de Educação de Santa Catarina para definir uma entrada de dados que seja inequívoca;
- Avaliar a necessidade de se ter uma visão de relacionamento entre escolas, para cobrir situações como aquela em que um professor ministra aulas nas duas escolas e estas aulas não podem ocorrer em horários idênticos;
- Estabelecer novas restrições e função objetivo que permitam maior ganho final ao negócio do cliente;
- Implementar uma nova estratégia para o AG, trabalhando todas as turmas simultaneamente;
- Implementar um protocolo com a Interface Homem-máquina para que a mesma tenha o acompanhamento em tempo real das ações de baixo nível;
- Avaliar o uso de ferramenta de Programação Matemática que seja livre;
- Incorporar novas técnicas de *crossover*;
- Utilizar programação paralela;
- Possibilitar a oferta de mais de uma solução para a mesma instância;
- Utilizar outros métodos para a Parte 3.

## Referências

- Lions, J. (1967), Construction of Timetables for Ontario Schools using a Computer, O.E.C.D. paper, Paris.
- Luger, G.F. (2004), Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a solução de problemas complexos. Tradução Paulo Engel, Bookmann,. 4. ed.
- Pillay, N. (2014) “A survey of school timetabling research”. In: Annals of Operations Research, 218, páginas 261–293. <https://doi.org/10.1007/s10479-013-1321-8>.
- Pinto, M.H.T. (2022) “Seleção de variáveis usando um algoritmo genético”, Dissertação do Curso de Matemática, Departamento de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. [https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48411/1/SelecaoVariaveisusando\\_Pinto\\_2022.pdf](https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/48411/1/SelecaoVariaveisusando_Pinto_2022.pdf).
- Reeves, C.R. (1997) “Genetic algorithms for the operations researcher”. In: INFORMS journal on computing, 9(3), p. 231-250. <https://doi.org/10.1287/ijoc.9.3.231>.

- 
- The Operational Research Society. [2023] What is Operatinal Research?, Birmingham.  
<https://www.theorsociety.com/>.
- Wilhelm, V. and Kleina, M. [20--] “Pesquisa Operacional: Introdução”.  
[https://docs.ufpr.br/~volmir/PO\\_I\\_01\\_introducao.pdf](https://docs.ufpr.br/~volmir/PO_I_01_introducao.pdf).
- Wodtke, L.H.G. (2022) “Otimização na Gerência Acadêmica Utilizando Técnicas de Programação Linear e Inteira”. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina.

### RESULTADO VISUAL DA GRADE DE PROFESSORES

Professor(a): VMV

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30			Turma: 100 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 30		
08:15	Turma: 100 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 1	Turma: 200 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 16			
09:00					Turma: 201 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 62
10:05			Turma: 101 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 33	Turma: 201 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 48	
10:50	Turma: 300 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 4	Turma: 101 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 19	Turma: 200 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 34		
****	****	****	****	****	****
13:30			Turma: 203 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 35	Turma: 302 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 50	
14:15	Turma: 202 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 6			Turma: 102 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 51	
15:00	Turma: 102 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 7	Turma: 202 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 22			Turma: 103 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 67
16:05		Turma: 203 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 23			
16:50		Turma: 103 Disciplina: SOCIOLOGIA Slot: 24			
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					

### RESULTADO VISUAL DA GRADE DE TURMAS

Turma: 100 Área de Ensino: ENSINO MÉDIO

Hora	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
07:30	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 0	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 15	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 30	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFFFV Slot: 45	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 60
08:15	Disciplina: SOCIOLOGIA Professor(a): VMV Slot: 1	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 16	Disciplina: GEOGRAFIA Professor(a): AFFFV Slot: 31	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 46	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 61
09:00	Disciplina: FÍSICA Professor(a): DGC Slot: 2	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): GDFSM Slot: 17	Disciplina: ARTE Professor(a): AMBS Slot: 32	Disciplina: FILOSOFIA Professor(a): CMP Slot: 47	Disciplina: QUÍMICA Professor(a): ASDS Slot: 62
10:05	Disciplina: BIOLOGIA Professor(a): GDFSM Slot: 3	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 18	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 33	Disciplina: HISTÓRIA Professor(a): HCN Slot: 48	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 63
10:50	Disciplina: MATEMÁTICA Professor(a): AJDG Slot: 4	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 19	Disciplina: LÍNGUA PORTUGUESA E LITERATURA Professor(a): LFR Slot: 34	Disciplina: EDUCAÇÃO FÍSICA Professor(a): VDSS Slot: 49	Disciplina: LÍNGUA ESTRANGEIRA - INGLÊS Professor(a): SDOG Slot: 64
****	****	****	****	****	****
13:30					
14:15					
15:00					
16:05					
16:50					
****	****	****	****	****	****
18:30					
19:10					
19:50					
20:40					
21:20					