



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS RUSSAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LUANDERSONN AIRTON SOUSA SILVA

**CRIAÇÃO DE PROGRAMA PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO
DE HORÁRIOS EM ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DO CEARÁ**

RUSSAS

2025

LUANDERSONN AIRTON SOUSA SILVA

CRIAÇÃO DE PROGRAMA PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE
HORÁRIOS EM ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus Russas da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Luiz Braga
Soares

RUSSAS

2025

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

S581 Silva, Luandersonn Airton Sousa.
Criação de programa para resolução do problema de alocação de horários em escolas do ensino médio do Ceará / Luandersonn Airton Sousa Silva. – 2025.
62 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Curso de Ciência da Computação, Russas, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Pablo Luiz Braga Soares.

1. Grade de horários. 2. Otimização. 3. Programação Linear Inteira. I. Título.

CDD 005

LUANDERSONN AIRTON SOUSA SILVA

CRIAÇÃO DE PROGRAMA PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE
HORÁRIOS EM ESCOLAS DO ENSINO MÉDIO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciência da Computação
do Campus Russas da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de bacharel em Ciência da Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pablo Luiz Braga Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Tatiane Fernandes Figueiredo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Eurinardo Rodrigues Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À toda a minha família e meus amigos mais próximos pela confiança e fé em mim em conseguir atingir meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Anastácio José da Silva Neto, e aos meus irmãos Lilianne de Sousa Silva, Lutianno Souza Silva, Lisraelle de Sousa Silva, Lislainne de Sousa Silva e Lutierrey Allersonn de Sousa Silva. E, principalmente, à minha mãe, Maria de Fátima de Sousa Silva, cujo apoio constante esteve presente em todos os momentos ao longo do curso.

À minha amiga Eurilany Lucas, por me ajudar na universidade nos momentos difíceis, incentivando-me a persistir quando pensei em desistir.

Aos meus amigos Luciano Oliveira e Fernanda dos Santos, por estarem presentes quando precisei e por me auxiliarem a tomar decisões melhores ao longo da minha jornada acadêmica.

À minha irmã Lisraelle e ao meu amigo Victor Wesley, pelo incentivo na realização deste TCC.

Ao meu amigo Vinicius, pelo auxílio na elaboração e na melhoria geral deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Bonfim Amaro Junior, pela confiança e paciência nos momentos difíceis durante a realização deste TCC.

A todos os meus colegas de trabalho, que me apoiaram e incentivaram a acreditar em mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Pablo Luiz Braga Soares, pela ajuda e orientação fundamentais para a conclusão deste trabalho.

“É bom comemorar o sucesso, mas é mais importante prestar atenção às lições do fracasso”

(Bill Gates)

RESUMO

Um desafio frequente em instituições de ensino é criar uma grade de horários de aulas que seja compatível com as necessidades das escolas, professores e alunos. Por ser um problema recorrente e de difícil solução devido à sua natureza combinatória, especialmente em escolas grandes, é conveniente a utilização de ferramentas que automatizem a busca por soluções viáveis. Contudo, pode ser difícil encontrar um programa que seja fácil de usar e flexível o suficiente para ser aplicado a diferentes cenários de Problemas de Alocação de Horário, ou cujo custo não seja proibitivo para a maioria das instituições de ensino. Dentre as abordagens matemáticas para esse problema, destaca-se a Programação Linear Inteira (PLI), que permite modelar e otimizar a alocação de horários considerando múltiplas restrições. Neste trabalho, utilizou-se PLI juntamente com a ferramenta *Google OR-Tools* para desenvolver o *ClassPlanner*, um sistema capaz de gerar grades horárias viáveis e otimizadas. Além disso, o *ClassPlanner* foi projetado com uma interface simples e intuitiva, abstraindo toda a complexidade envolvida na resolução de uma grade de horários e facilitando seu uso por qualquer pessoa, sem necessidade de conhecimento técnico. A implementação levou em conta restrições comuns ao Ensino Médio do Ceará, como carga horária das disciplinas e disponibilidade de professores. Os testes realizados demonstraram que o *ClassPlanner* conseguiu alocar todas as aulas de forma completa, minimizando conflitos de horário e obtendo soluções em tempos computacionais reduzidos, ao mesmo tempo em que ofereceu uma experiência de uso acessível.

Palavras-chave: Problema de alocação de horário escolar; Programação Linear Inteira; Otimização.

ABSTRACT

A frequent challenge in educational institutions is creating a class schedule that meets the needs of schools, teachers, and students. As this is a recurring and complex problem due to its combinatorial nature, especially in large schools, the use of tools that automate the search for viable solutions is recommended. However, it can be difficult to find software that is easy to use, flexible enough to be applied in different Timetabling Problem scenarios, or affordable for most educational institutions. Among the mathematical approaches to this problem, Integer Linear Programming (ILP) stands out as an effective method for modeling and optimizing timetable allocation while considering multiple constraints. In this study, ILP was used along with the Google OR-Tools library to develop ClassPlanner, a system capable of generating feasible and optimized timetables. Additionally, ClassPlanner was designed with a simple and intuitive interface, abstracting the complexity involved in timetable generation and making it accessible to any user without requiring technical knowledge. The implementation considered common constraints in high schools in Ceará, such as subject workload and teacher availability. The tests demonstrated that ClassPlanner successfully allocated all classes, minimized scheduling conflicts, and achieved solutions in reduced computational time, while also offering an accessible user experience.

Keywords: School Timetabling Problem; Integer Linear Programming; Optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – SAGeH - Tela da grade de horários.....	24
Figura 2 – Sistema de grade de horários	25
Figura 3 – Solução do problema de grade de horários utilizando Programação Linear Inteira como técnica de resolução.....	26
Figura 4 – Fluxograma de metodologia.....	27
Figura 5 – Tela de turmas e disciplinas	36
Figura 6 – Tela de criar turma	37
Figura 7 – Tela de criar disciplina	38
Figura 8 – Tela de adicionar professor	39
Figura 9 – Tela de gerar grade de horários	40
Figura 10 – Tela de exibição da grade de horários gerada - Instância real	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Soluções com a restrição de capacidade total de 50 litros	21
Quadro 2 – Exemplo de Estrutura de Períodos	29
Quadro 3 – Grade de Horários - 1ª Série A	48
Quadro 4 – Grade de Horários - 1ª Série B.....	48
Quadro 5 – Grade de Horários - 1ª Série C.....	49
Quadro 6 – Grade de Horários - 2ª Série A	49
Quadro 7 – Grade de Horários - 2ª Série B.....	49
Quadro 8 – Grade de Horários - 2ª Série C.....	50
Quadro 9 – Grade de Horários - 3ª Série A	50
Quadro 10 – Grade de Horários - 3ª Série B.....	50
Quadro 11 – Grade de Horários - 3ª Série C.....	51
Quadro 12 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 1ª Série A	53
Quadro 13 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 1ª Série B.....	54
Quadro 14 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 1ª Série C.....	55
Quadro 15 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 2ª Série A	56
Quadro 16 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 2ª Série B.....	57
Quadro 17 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 2ª Série C.....	58
Quadro 18 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 3ª Série A	59
Quadro 19 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 3ª Série B.....	60
Quadro 20 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 3ª Série C.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

E.E.M	Escola de Ensino Médio
MIP	<i>Mixed Integer Programming Library</i>
PI	Programação Inteira
PL	Programação Linear
PLI	Programação Linear Inteira
SAGeH	Sistema Acadêmico de Gestão de Horário
STP	<i>School Timetabling Problem</i>
TP	<i>Timetabling Problem</i>
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Motivação.....	13
1.2	Estrutura do trabalho	14
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	Objetivo geral	15
2.2	Objetivos específicos	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1	<i>Timetabling Problem</i>	16
3.1.1	<i>Stakeholders do School Timetabling Problem</i>	17
3.1.2	<i>Restrições Rígidas (Hard constraints)</i>	17
3.1.3	<i>Restrições Leves (Soft constraints)</i>	17
3.2	Complexidade Computacional	18
3.2.1	<i>Classes de complexidade</i>	19
3.3	Programação Linear e Programação Linear Inteira.....	20
4	TRABALHOS RELACIONADOS	24
4.1	Ferramenta de Detecção de Conflitos e Gestão para o <i>Timetabling Problem</i>	24
4.2	<i>Timetabling</i> , a complexidade na geração de horários em instituições de ensino.....	25
4.3	Aplicação de técnicas de Programação Linear Inteira para alocação de disciplinas e salas na Universidade Federal do Ceará.....	26
5	METODOLOGIA	27
5.1	Coleta de Informações	27
5.2	Modelagem do Problema	28
5.2.1	<i>Organização dos Dados</i>	28
5.2.2	<i>Definição das Variáveis</i>	29
5.2.3	<i>Restrições do Modelo</i>	30
5.2.3.1	<i>Restrições Rígidas</i>	30
5.2.3.2	<i>Restrições Leves</i>	31
5.2.4	<i>Função Objetivo</i>	32
5.2.5	<i>Modelo Completo Formalizado</i>	32

5.3	Implementação do Software	33
5.3.1	<i>Tecnologias Utilizadas</i>	33
5.3.2	<i>Implementação da Interface de Usuário</i>	34
5.3.3	<i>Implementação do Modelo</i>	35
6	RESULTADOS	36
6.1	Interface do Sistema	36
6.1.1	<i>Cadastro de Turmas</i>	37
6.1.2	<i>Cadastro de Disciplinas</i>	37
6.1.3	<i>Cadastro de Professores</i>	38
6.1.4	<i>Gerador de Grade de Horários</i>	38
6.2	Resultados da Geração em Instâncias Reais	40
6.2.1	<i>Especificações da máquina de testes</i>	40
6.2.2	<i>Parâmetros da Geração de Grades</i>	41
6.2.3	<i>Desempenho da Geração de Grades</i>	41
6.2.4	<i>Grade de Horários Gerada e Análise Geral dos Resultados</i>	42
7	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	44
7.1	Conclusões	44
7.2	Limitações e Trabalhos Futuros	44
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICES	48
	APÊNDICE A – Grade de horários gerada	48
	APÊNDICE B – Instalação e Licença do ClassPlanner	52
	ANEXOS	53
	ANEXO A – Detalhamento das Turmas e Disciplinas	53

1 INTRODUÇÃO

Anualmente, gestores de todas as escolas precisam resolver um problema comum a todas as instituições de ensino: criar a grade de horários das aulas. Apesar de a princípio parecer uma tarefa trivial, as muitas limitações impostas, como, por exemplo, a disponibilidade de professores, tornam complexo achar uma solução viável para este problema. As vantagens de se automatizar este processo são fáceis de se observar. Alocar horários de aulas é um processo contínuo, ou seja, será sempre preciso repeti-lo de tempos em tempos, e sua complexidade aumenta de forma considerável com a adição de algumas restrições. Além do mais, pode ser bastante difícil chegar a um resultado próximo da solução ótima (aquela na qual o máximo possível de restrições são satisfeitas) fazendo todo o processo manualmente.

Conhecido como *Timetabling Problem* (TP), o Problema de Alocação de Horário tem sido amplamente estudado no campo da pesquisa operacional, tendo variações como o *Bus Line Timetabling*, onde se busca otimizações como diminuição do tempo de espera dos passageiros, diminuição da quantidade da frota de ônibus, maximização da quantidade de carga de pessoas, entre outros itens (CHEN, 2014), e o *Sport Timetabling* que busca gerar um calendário de jogos, onde cada equipe enfrente todas as outras (BULCK *et al.*, 2021). No contexto educacional, este problema é chamado de *School Timetabling Problem* (STP), e existem duas categorias: alocação de horários de aulas e alocação de horários de exames (PETROVIC; BURKE, 2004). Neste trabalho, focaremos na alocação de horários de aula.

Definido como uma subclasse do TP, o STP propõe a alocação de aulas entre os horários predefinidos de modo que satisfaça obrigatoriamente as *Hard Constraint*, conhecidas como restrições rígidas, e de modo preferencial, mas não obrigatório, as *Soft Constraint*, conhecidas como restrições leves (PILLAY, 2010). O STP pertence à classe NP-difícil, o que significa que é fácil verificar se uma solução apresentada previamente é viável para o problema, mas é difícil fazer a busca por esta solução em tempo polinomial (NAVARRO; COELHO, 2016). Tendo em vista este problema, é oportuno utilizar estratégias que facilitem encontrar uma solução para *Timetablings*.

1.1 Motivação

Apesar de ser um problema comum e bastante estudado, as opções de programas que resolvam o problema de alocação de horários ainda são raras ou financeiramente inviáveis

para a maioria das escolas, que muitas vezes continuam realizando essa atividade manualmente.

Isso ocorre, principalmente, devido à dificuldade de criar um software que possa ser aplicado a diferentes cenários do STP. Além dos desafios naturais do desenvolvimento de qualquer sistema, essa classe de programas exige um conhecimento aprofundado das estratégias de resolução, uma vez que lidar com um problema NP-difícil não é trivial.

Diante desse contexto, o desenvolvimento de um gerador de grades de horários voltado para escolas de Ensino Médio do Ceará não apenas busca preencher essa lacuna, mas também permite explorar estratégias eficientes para resolver esse problema computacionalmente complexo.

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em sete capítulos. No Capítulo 1, são apresentados o problema estudado, a motivação e a relevância do tema. No Capítulo 2, são definidos o objetivo geral e os objetivos específicos do estudo. No Capítulo 3, são abordados os conceitos teóricos necessários para a compreensão do problema, enquanto o Capítulo 4 analisa trabalhos relacionados. No Capítulo 5, são descritas a metodologia utilizada e o desenvolvimento do software. No Capítulo 6, são apresentados os resultados obtidos. Por fim, no Capítulo 7, são discutidas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Criar um programa que seja simples e gratuito que busque uma solução para o problema de *School Timetabling* com foco em escolas do estado do Ceará.

2.2 Objetivos específicos

- Apresentar o problema da grade de horários no contexto escolar com foco em escolas do ensino médio do Ceará;
- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o problema de horários;
- Estudar e utilizar ferramentas que resolvem STP;
- Implementar um programa com interface gráfica amigável para visualização dos resoluções.
- Validar os resultados encontrados utilizando como parâmetro a satisfação das restrições, qualidade da solução e o tempo para encontrá-la.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, serão definidos os conceitos necessários para o entendimento deste trabalho através de uma revisão bibliográfica e sua estrutura é dividida em três partes.

A primeira parte descreve o que é o TP, a variação estudada neste trabalho, e também os conceitos de *hard* e *soft constraints*, sendo este o assunto base deste trabalho.

Na segunda parte, é descrito alguns conceitos importantes sobre a complexidade de algoritmos e por que a resolução do problema de *timetabling* não é trivial. Também nesta parte serão definidos o que são as classes de problema P, NP, NP-Difícil e NP-Completo e a qual classe o STP pertence.

Por fim, a terceira parte traz uma breve introdução à Programação Linear e Programação Linear Inteira, demonstrando como é possível modelar problemas de forma simples utilizando essa técnica.

3.1 *Timetabling Problem*

Dentro do contexto de pesquisa operacional e otimização, é chamado de *Timetabling* um problema em que se deve alocar recursos para horários pré-definidos. Segundo Cooper e Kingston (1993), o problema básico de *Timetabling* consiste em atribuir horários, professores, estudantes e salas à uma conjunto de aulas (e outros eventos) de forma que um participante não tenha dois ou mais eventos marcado para o mesmo horário.

O *Timetabling Problem* pode ser dividido em variações que consideram restrições específicas para cada cenário, isso torna a criação de um problema genérico difícil. No contexto educacional, este problema é conhecido como *School Timetabling Problem* (STP), que por sua vez é subdividido em duas principais categorias, alocação de horários de aula e alocação de horários de exame (PETROVIC; BURKE, 2004).

Para resolver um STP, é necessário encontrar uma solução que satisfaça todas as restrições obrigatórias (ou rígidas), chamadas de *hard constraints*. No entanto, uma solução ótima para este problema requer também que o máximo de restrições opcionais (ou leves) também sejam satisfeitas, tais restrições são chamadas de *soft constraints* (PILLAY, 2010).

3.1.1 Stakeholders do School Timetabling Problem

Conforme Kristiansen e Stidsen (2013), existem quatro principais *stakeholders* no TP, mas somente três destas são geralmente utilizadas no STP:

- **Administração:** responsável pela resolução do STP. Define requisitos mínimos para a grade de horários;
- **Estudantes:** apesar de serem em maior número, este *stakeholder* raramente influencia o resultado da grade de horários;
- **Professores:** são os que mais influenciam a grade de horários, geralmente professores tem necessidades que buscam ser satisfeitas na resolução do STP.
- **Departamentos:** Departamentos são mais comuns em universidades e podem ter suas restrições. Como o foco deste trabalho é em escolas, este *stakeholder* não será considerado.

3.1.2 Restrições Rígidas (*Hard constraints*)

Restrições Rígidas são restrições que não podem ser violadas. Quando uma grade de horários satisfaz todas estas restrições, ela é chamada de grade de horários viável (PILLAY, 2010). As restrições de um STP podem variar muito a depender das necessidades de cada instituição, mas é possível exemplificar algumas restrições comuns a maioria dos STPs:

- Todas as disciplinas devem ser ministradas em alguma sala;
- Duas disciplinas não devem ser ministradas no mesmo horário e na mesma sala;
- Uma disciplina não deve ser ministrada em duas salas diferentes no mesmo horário;
- Duas disciplinas ministradas pelo mesmo professor ou pertencentes ao mesmo programa curricular não pode ser alocada para o mesmo horário.

3.1.3 Restrições Leves (*Soft constraints*)

Restrições Leves são aquelas cuja violação não inviabiliza a grade de horários, mas afeta a qualidade da solução. Pillay (2010) define que se deve tentar diminuir o custo das Restrições Leves, satisfazendo a maior quantidade possível para melhorar a qualidade do *Timetabling*. Alguns exemplos incluem:

- Uma disciplina não deve ser ministrada duas vezes no mesmo dia;
- As disciplinas não devem ser alocadas para horários em dois dias seguidos;
- Uma disciplina específica não deve ser ministrada no período da tarde;

- Algum professor pode ter preferência de sala ou horário.

Estas restrições são geralmente contraditórias, e portanto, a satisfação de todas ao mesmo tempo não é possível (PILLAY, 2010; PETROVIC; BURKE, 2004). A solução ótima do STP é aquela em que o maior número possível de Restrições Leves são satisfeitas, além de, obviamente, todas as Restrições Rígidas.

3.2 Complexidade Computacional

Ao construir um programa para resolução de um problema da vida real, deve-se verificar não somente se é possível implementar algoritmos que encontrem a solução correta para aquele problema, mas se eles são viáveis de se utilizar em razão das limitações dos recursos disponíveis (geralmente, tempo e espaço). Portanto, além da eficácia, é necessário ter eficiência ao buscar resolver problemas. Por isso, na computação estuda-se a complexidade computacional de algoritmos.

Complexidade Computacional consiste em uma medida de análise do custo de execução de um determinado algoritmo. Esta pode ser mensurada através de diferentes unidades de medida como a quantidade de passos (tempo) para encontrar a solução, ou espaço (memória) utilizado. De acordo com Leal (2002), o termo “Complexidade” está relacionado aos requisitos de recursos que um algoritmo precisa para resolver um problema computacional. Já Sales *et al.* (2015 apud COLIN, 2007) define que a Complexidade Computacional é a medida do grau de dificuldade da resolução de um problema.

Na Computação, a Teoria da Complexidade classifica os problemas computacionais em diferentes classes de complexidade. Essas classes se aplicam principalmente aos chamados problemas de decisão, que são aqueles cuja resposta é sempre "*sim*" ou "*não*" (LEAL, 2002). Por exemplo, no contexto da alocação de horários escolares, um problema de decisão poderia ser formulado da seguinte maneira:

Dado um conjunto de disciplinas, professores, períodos e restrições, existe uma grade de horários válida que satisfaça todas as condições?

Além dos problemas de decisão, existem também os problemas de otimização, que buscam encontrar a melhor solução possível entre várias alternativas viáveis. Diferente dos problemas de decisão, onde a resposta é binária ("*verdadeiro*" ou "*falso*", "*0*" ou "*1*", "*sim*" ou "*não*"), nos problemas de otimização o objetivo é minimizar uma função de custo.

No caso da alocação de horários, a versão de otimização do problema pode ser formulada como:

Qual é a melhor distribuição de horários que evita conflitos entre professores, minimiza penalidades e maximiza recompensas associadas à alocação de disciplinas?

É possível estabelecer uma relação direta entre problemas de decisão e problemas de otimização. Como destacado por Leal (2002), um problema de otimização pode ser transformado em um problema de decisão ao adicionar um limite numérico B e perguntar:

Existe uma grade de horários que tenha um custo total não maior que B ?

De forma análoga, um problema de decisão pode ser convertido em um problema de otimização ao buscar, entre todas as soluções viáveis, aquela que minimiza um critério de custo.

Segundo Leal (2002), os problemas de otimização não apresentam dificuldade maior do que o problema de decisão associado. Isso significa que, se a versão de decisão de um problema pode ser resolvida em tempo polinomial, então sua versão de otimização também pode ser resolvida dentro dessa mesma classe de complexidade. No entanto, essa correspondência não implica que todo problema de otimização seja fácil de resolver, apenas que sua dificuldade não ultrapassa a do problema de decisão correspondente.

Como o problema geral de alocação de horário pertence à classe NP-Difícil (COOPER; KINGSTON, 1993), sua versão de otimização também se enquadra nessa classe, sendo conhecidos apenas algoritmos exponenciais nos piores casos.

3.2.1 *Classes de complexidade*

Nesta seção, serão apresentadas algumas das principais classes de complexidade associadas aos problemas de decisão: P, NP, NP-Completo e NP-Difícil.

A Classe P (*Polynomial time*) é a classe de problemas de decisão computacionalmente tratáveis, ou seja, problemas nos quais existem algoritmos determinísticos conhecidos capazes de resolvê-los em tempo polinomial n , sendo n o tamanho da entrada. Problemas pertencentes a esta classe são geralmente considerados “fáceis” de resolver e têm algoritmos eficientes (LEAL, 2002; SALES *et al.*, 2015; COLIN, 2007).

Segundo Leal (2002), não há, no entanto, uma garantia de que todo problema pertencente à Classe P seja considerado eficiente; todavia, com raras exceções, um problema que

não pertence à Classe P é caracterizado como intratável, isto é, não se conhece um algoritmo que o resolva em tempo polinomial.

Cormen *et al.* (2012) definiu informalmente a classe NP (*Non-Deterministic Polynomial Time*) como a classe de problemas fáceis de verificar. Em outras palavras, dada uma possível solução para um problema de decisão, se existir um algoritmo que possa verificar em tempo polinomial se esta solução satisfaz de fato o problema, então este problema pertence à classe NP. Já Leal (2002) descreve a classe NP como o conjunto de todos os problemas que são resolvíveis por um algoritmo não determinístico em tempo polinomial.

De acordo com Borges (2003), a resolução destes problemas através de métodos comuns decorre de uma busca exaustiva pela solução dentro de um espaço de busca, que, devido ao grande número de combinações, seu tempo de solução aumenta exponencialmente. Estes algoritmos são denominados algoritmos de tempo exponencial. (SALES *et al.*, 2015 apud COLIN, 2007).

Um problema Π_1 é NP-Difícil se para qualquer problema Π_2 pertencente a NP, Π_2 é polinomialmente redutível a Π_1 . Se um problema é NP-Difícil e pertence à classe NP, então ele é chamado de NP-Completo. Os problemas da classe NP-Completo são considerados como os mais difíceis da classe NP (LEAL, 2002; SALES *et al.*, 2015). Ainda de acordo com Colin (2007 apud SALES *et al.*, 2015), quando um problema de otimização pertencem a classe NP-Difícil, nem sempre a solução ótima pode ser encontrada em tempo razoável.

Segundo Cooper e Kingston (1993), o Problema Geral de Alocação de Horário pertence à classe NP-Difícil, sendo fácil de observar devido a sua semelhança com outros problemas clássicos de otimização desta classe, como o Problema de coloração de grafos (*Graph colouring*) e o Problema do Empacotamento (*Bin packing problem*).

Portanto, fica claro a necessidade utilizar técnicas que tornem a resolução de um *timetabling* viável. Sales *et al.* (2015) lista alguns estratégias conhecidas, tais como algoritmos aproximativos, Meta-heurística, Programação Linear (PL) e Programação Inteira (PI). Para este trabalho, a estratégia escolhida para resolução do *Timetabling* foi a Programação Linear Inteira (PLI).

3.3 Programação Linear e Programação Linear Inteira

Programação Linear é uma técnica de otimização pertencente à área da Pesquisa Operacional, utilizada para resolver problemas que envolvem a alocação de recursos limitados a

fim de maximizar os ganhos ou minimizar os custos, ou seja, alocar recursos da maneira mais eficiente possível (PRADO, 2016).

A técnica consiste em modelar problemas por meio de equações lineares, nas quais é necessário determinar valores para as variáveis de modo a maximizar ou minimizar o resultado de uma função objetivo, respeitando um conjunto de restrições também lineares.

Um exemplo simples de problema resolvido com Programação Linear é o problema de alocação de recursos em uma fábrica que produz dois tipos de bebidas: refrigerante e água mineral. Suponha que cada litro de refrigerante gere um lucro de 4 reais e cada litro de água mineral gere um lucro de 6 reais. O objetivo é determinar a quantidade de litros produzidos de cada bebida de forma que a fábrica maximize seu lucro.

Se não houvesse restrições, a solução seria simplesmente produzir uma quantidade infinita dos produtos. No entanto, na prática, há limitações. Suponha que a fábrica tenha uma capacidade máxima de produção de 50 litros no total, independentemente da combinação de refrigerante e água mineral.

Podemos visualizar algumas possíveis soluções no seguinte quadro:

Quadro 1 – Soluções com a restrição de capacidade total de 50 litros

Solução	Litros de Refrigerante	Litros de Água Mineral	Lucro Total (R\$)
1	50	0	$50 \times 4 = 200$
2	0	50	$50 \times 6 = 300$
3	25	25	$(25 \times 4) + (25 \times 6) = 250$
4	30	20	$(30 \times 4) + (20 \times 6) = 240$
5	10	40	$(10 \times 4) + (40 \times 6) = 280$
6	12.5	37.5	$(12.5 \times 4) + (37.5 \times 6) = 275$
7	20.8	29.2	$(20.8 \times 4) + (29.2 \times 6) = 270.4$

Fonte: Elaborado pelo autor

Observamos que, para cada solução possível, o lucro varia de acordo com a distribuição da produção entre refrigerante e água mineral. Embora pareça fácil analisar esse problema manualmente, à medida que adicionamos mais restrições encontrar a melhor solução se torna mais complexo, tornando necessária a utilização de algoritmos computacionais para otimização.

Para modelar esse problema como um modelo de PL, definimos as seguintes variáveis de decisão:

- x : Quantidade de litros de refrigerante produzidos.
- y : Quantidade de litros de água mineral produzidos.

A função objetivo define o propósito do modelo. Neste exemplo, queremos maximizar o lucro da fábrica, representado pela equação:

$$\max Z = 4x + 6y \quad (3.1)$$

Os coeficientes 4 e 6 correspondem ao lucro obtido por litro de refrigerante (x) e água mineral (y), respectivamente. Assim, Z representa o lucro total, e o modelo busca maximizá-lo.

A produção está sujeita à seguinte restrição de capacidade máxima:

$$x + y \leq 50 \quad (3.2)$$

Além disso, as quantidades produzidas devem ser não negativas:

$$x, y \geq 0 \quad (3.3)$$

Esse modelo representa um problema de PL, pois tanto a função objetivo quanto as restrições são equações lineares, e as variáveis podem assumir qualquer valor real dentro do intervalo permitido.

No entanto, como é possível perceber pelo Quadro 1, x e y podem assumir valores fracionários, o que, em algumas situações, pode não ser permitido. Suponha que a fábrica só venda suas bebidas em embalagens com um número inteiro de litros. Essa restrição pode ser formalizada da seguinte forma:

$$x, y \in \mathbb{Z} \quad (3.4)$$

Ao adicionarmos esta última restrição, transformamos nosso modelo de Programação Linear em um modelo de Programação Linear Inteira. Um problema de Programação Linear é de Programação Linear Inteira se uma ou mais variáveis de decisão são restritas a assumir valores inteiros (RIBEIRO *et al.*, 2013; ALVES; DELGADO, 1997).

No contexto de alocação de horários, é possível modelar o problema utilizando PL, considerando que precisamos distribuir D disciplinas ao longo de P períodos disponíveis. O objetivo é organizar essa alocação de forma eficiente, garantindo que todas as disciplinas sejam distribuídas nos horários adequados.

A forma como modelamos esse problema naturalmente nos leva à utilização de PLI. As variáveis de decisão são definidas para indicar se uma disciplina está ou não alocada a um determinado horário, assumindo apenas os valores 0 ou 1. Esse tipo de modelagem impossibilita o uso de soluções fracionárias e torna necessária a utilização de PLI para garantir que todas as decisões de alocação sejam representadas corretamente no modelo.

Dessa forma, a escolha pela PLI não se dá apenas por conveniência, mas sim como uma consequência direta da forma como o problema é estruturado. Esse modelo permite garantir que cada disciplina seja corretamente alocada dentro da grade horária, respeitando todas as restrições impostas pelo problema.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Ao realizar pesquisas sobre o *Timetabling Problem*, percebe-se que encontrar uma solução próxima da ótima para problemas de alocação de recursos é uma demanda comum em diversas áreas, e portanto este tema é exaustivamente objeto de estudo, afinal, é patente que no cotidiano busquemos reduzir os custos e otimizar os resultados. Nesta seção serão apresentados trabalhos relacionados ao assunto *Timetabling* no campo de educacional.

4.1 Ferramenta de Detecção de Conflitos e Gestão para o *Timetabling Problem*

Neste trabalho, o autor aborda o *School Timetabling Problem* na questão da visualização da informação. Em seu texto, ele propõe a criação de uma ferramenta que permite a criação e o gerenciamento de uma agenda de horários, no qual ele chamou de Sistema Acadêmico de Gestão de Horário (SAGeH).

O SAGeH foi criado utilizando tecnologias para Web, como HTML, CSS e *Javascript*. O autor também utilizou bibliotecas de código aberto para auxiliar na criação dos componentes da interface.

Apesar de tratarmos do mesmo tema e de haver uma similaridade entre nossos trabalhos, o SAGeH não realiza a busca automatizada pela melhor agenda de horários, invés disso, o sistema construído auxilia a criação desta agenda de maneira manual através da assistência visual do sistema.

Figura 1 – SAGeH - Tela da grade de horários

1º - Período	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
08:00	T1- Fundamentos de Sistemas	T1- Geometria Analítica	T1- Fundamentos de Sistemas	T1- Álgebra Linear	T1- Computação I	
10:00	T1- Computação I	T1- Geometria Analítica	T1- Cálculo I	T1- Cálculo I	T1- Álgebra Linear	
12:00						
14:00						
16:00						
18:00						
20:00						

Fonte: COTTA (2014).

4.2 *Timetabling*, a complexidade na geração de horários em instituições de ensino

Este trabalho se assemelha muito com o apresentado anteriormente, os autores apresentam um sistema *web* interativo para a gestão de horários que permite o usuário criar um calendário de aulas. O foco deste trabalho está na modelagem do sistema gerenciador de *timetabling*, como diagramas de entidade-relacionamento do banco de dados e diagramas de caso de uso.

Figura 2 – Sistema de grade de horários

Gerar Horário

Turma: 2 PERIODO

Lotação: ORGANIZACAO DE COMPUTADORES 1 - AMD

Dia: SEGUNDA-FEIRA Hora: 19:00

H / D	SEGUNDA-FEIRA	TERCA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
19:00	OCP - AMD				
19:50	OCP - AMD				
20:55	OCP - AMD				
21:45	OCP - AMD				

H / D	SEGUNDA-FEIRA	TERCA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
19:00					
19:50					
20:55					
21:45					

H / D	SEGUNDA-FEIRA	TERCA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
19:00					
19:50					
20:55					
21:45					

H / D	SEGUNDA-FEIRA	TERCA-FEIRA	QUARTA-FEIRA	QUINTA-FEIRA	SEXTA-FEIRA
19:00	IA2 - MAC	QSII - JCR		LFC - FDV	LFC - FDV
19:50	IA2 - MAC	QSII - JCR		LFC - FDV	LFC - FDV
20:55	PEC - MMD	EMP - MAC / RBV		COE - FDV	TCCII - JCR
21:45	PEC - MMD	EMP - MAC / RBV		COE - FDV	TCCII - JCR

Fonte: Oliveira *et al.* (2011).

Assim como o sistema criado no trabalho de COTTA (2014), toda a elaboração da grade de horários é realizada de forma manual pelo usuário, a ferramenta apenas facilita a criação por permitir a visualização da informação. Não há uma forma de gerar os horários automaticamente com base nas restrições.

4.3 Aplicação de técnicas de Programação Linear Inteira para alocação de disciplinas e salas na Universidade Federal do Ceará

Utilizando a técnica de PLI, o autor desenvolveu um modelo para obter uma solução para o problema de alocação de horários de aula na Universidade Federal do Ceará (UFC) de Russas.

Para elaborar o trabalho, o autor consultou os professores do campus a fim de obter dados sobre as restrições que cada um tinha para os dias da semana. A implementação foi feita utilizando a linguagem de programação *Python 3.0* e a biblioteca *Mixed Integer Programming Library* (MIP) e a execução do modelo foi realizada em ambiente de nuvem. A resolução foi apresentada através da geração de um arquivo do tipo **.XLFS*.

Diferente dos dois anteriores, este trabalho foi focado na resolução de um *Timetabling* de maneira automatizada utilizando técnicas já citadas anteriormente neste trabalho. A modelagem e a criação de instâncias foram realizadas manualmente e de maneira específica para o semestre 2022.2 da UFC de Russas.

Figura 3 – Solução do problema de grade de horários utilizando Programação Linear Inteira como técnica de resolução

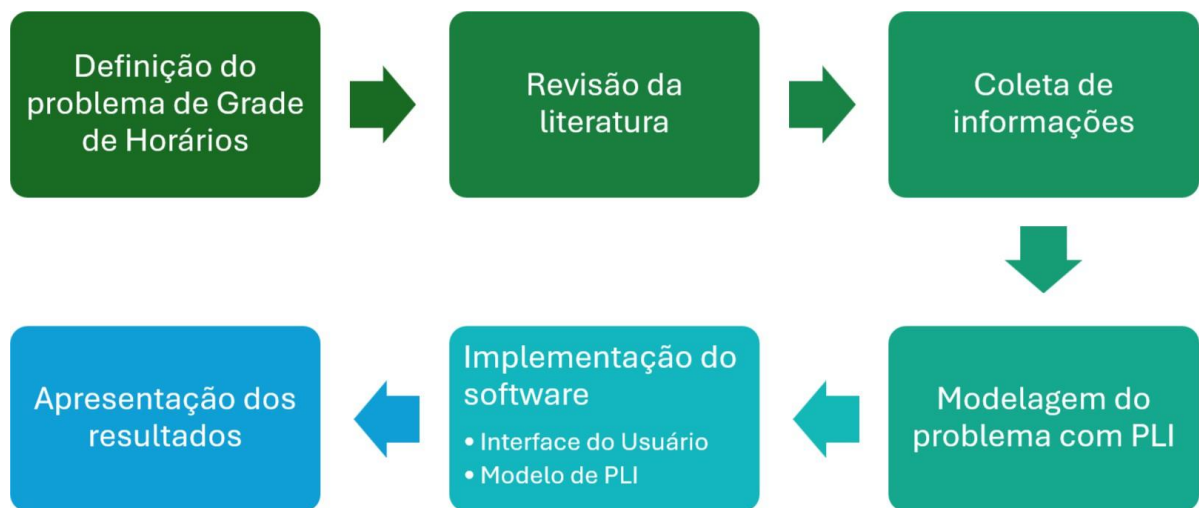
A	Ética Profissional ES (Ter Qui - 08:00)	Inteligência Artificial CC (Seg Qua - 08:00)	
B	Processos de Software ES (Qua Sex - 13:30)	Engenharia de Software CC (Seg Qua - 08:00)	Qualidade de Software ES (Ter Qui - 10:00)
C	Linguagens Formais e Autômatos (Seg Qua - 08:00)	Matemática Computacional CC (Seg Qua - 10:00)	Compiladores CC (Ter Qui - 13:30)
D	Laboratório de Programação ES (Seg Qua - 10:00)	Laboratório de Programação CC (Seg Qua - 08:00)	Sistemas Operacionais CC/ES (Ter Qui - 08:00)
E	Estruturas de Dados CC (Seg Qua - 08:00)	Lógica para Computação CC (Ter Qui - 08:00)	Lógica para Computação ES (Qua Sex - 15:30)
F	Arquitetura de Computadores ES (Seg Qua - 08:00)	Redes de Computadores CC/ES (Ter Qui - 08:00)	Sistemas Distribuídos CC (Qua Sex - 10:00)
G	Introdução a Processos e Requisitos de Software ES (Ter Qui - 13:30)	Manutenção de Software ES (Seg Qua - 08:00)	Verificação e Validação ES (Ter Qui - 08:00)
H	Introdução à Ciência da Computação CC (Ter Qui - 08:00)	Linguagens de Programação CC/ES (Ter Qui - 13:30)	
I	Ética Profissional CC (Ter Qui - 13:30)	Fundamentos de Banco de Dados CC/ES (Ter Qui - 08:00)	Projeto Detalhado de Software ES (Seg Qua - 08:00)
J	Interação Humano-Computador ES (Ter Qui - 15:30)	Interação Humano-Computador CC (Seg Qua - 08:00)	
K	Fundamentos de Programação ES (Seg Qua - 13:30)	Computação Gráfica CC (Seg Qua - 08:00)	
L	Análise e Projeto de Sistemas ES/CC (Seg Qua - 08:00)	Empreendedorismo ES/CC (Ter Qui - 15:30)	
M	Algoritmos em Grafos ES (Seg Qua - 08:00)	Algoritmos em Grafos CC (Ter Qui - 08:00)	
N	Arquitetura de Computadores CC (Ter Qui - 10:00)	Desenvolvimento de Software para Web CC/ES (Seg Qua - 08:00)	
O	Estruturas de Dados ES (Seg Qua - 08:00)	Estrutura de Dados Avançada CC (Ter Qui - 08:00)	
P	Introdução à Engenharia de Software ES (Seg Qua - 08:00)	Requisitos de Software ES (Ter Qui - 08:00)	

Fonte: Lima (2022).

5 METODOLOGIA

Neste capítulo, será apresentada a metodologia utilizada para a construção do modelo de alocação de horários. Serão descritos os processos de modelagem matemática do problema, incluindo a organização dos dados, a definição das variáveis, as restrições e a função objetivo. Além disso, serão abordados os aspectos relacionados à implementação computacional do modelo, detalhando as tecnologias empregadas e o algoritmo utilizado para a resolução do problema. A Figura 4 apresenta um fluxograma com as principais etapas da pesquisa deste trabalho.

Figura 4 – Fluxograma de metodologia



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1 Coleta de Informações

Para modelar o STP no contexto das escolas de Ensino Médio do Ceará, foi realizada uma coleta de informações junto à Secretaria de Educação do município de Palhano, cuja responsável já exerceu o cargo de diretora na Escola de Ensino Médio (E.E.M) José Francisco de Moura, a única escola de ensino médio do município, e também professores que nela lecionam. O objetivo principal dessa coleta foi identificar os requisitos necessários para modelar o problema.

Os dados obtidos foram extrapolados para todas as escolas de Ensino Médio do estado, considerando que o funcionamento geral, incluindo a estrutura de horários e as restrições acadêmicas, segue um padrão em todo o estado do Ceará.

Entre as informações coletadas, estão as disciplinas ofertadas por turma neste ano,

a lista de professores e suas cargas horárias. Esses dados serviram como base para os testes realizados durante o desenvolvimento do programa, garantindo que o modelo representasse a realidade do Ensino Médio cearense.

5.2 Modelagem do Problema

Com base nos dados coletados, foi desenvolvido um modelo utilizando a biblioteca Google OR-Tools. Este modelo considera que cada turma possui uma lista de disciplinas, sendo que cada disciplina é lecionada por um professor e possui uma quantidade fixa de aulas a serem ministradas semanalmente. O objetivo principal é preencher a grade de aulas de cada turma, garantindo que não haja conflitos de horários para os professores e que seja otimizado para as restrições básicas das escolas.

A modelagem foi feita com variáveis de decisão que representam a alocação das aulas nos períodos disponíveis, sujeitas a um conjunto de restrições, tais como:

- Um professor não pode ministrar aulas em mais de uma turma simultaneamente.
- Cada disciplina deve ter todas as suas aulas semanais ministradas.
- Deve-se evitar que uma mesma aula de uma mesma turma seja ministrada mais de duas vezes no mesmo dia.
- Se possível, as disciplinas com duas aulas ou mais devem ser ministradas em períodos consecutivos em cada dia.

5.2.1 Organização dos Dados

Os dados coletados foram organizados para representar os elementos principais do problema:

- **Turmas:** Conjunto de turmas existentes, onde cada turma possui uma lista de disciplinas que precisam ser alocadas em períodos específicos ao longo da semana.
- **Disciplinas:** Lista de disciplinas a serem ministradas e os professores responsáveis por cada uma.
- **Professores:** Conjunto de professores disponíveis, associados às disciplinas que ministram.
- **Períodos:** Cada dia letivo é dividido em um número fixo de **períodos**, onde cada período representa um espaço abstrato no qual uma disciplina pode ser alocada. O Quadro 2 apresenta a estrutura de períodos utilizada no modelo:

Quadro 2 – Exemplo de Estrutura de Períodos

Horário	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
1º Horário	Período 0	Período 5	Período 10	Período 15	Período 20
2º Horário	Período 1	Período 6	Período 11	Período 16	Período 21
3º Horário	Período 2	Período 7	Período 12	Período 17	Período 22
4º Horário	Período 3	Período 8	Período 13	Período 18	Período 23
5º Horário	Período 4	Período 9	Período 14	Período 19	Período 24

Fonte: Elaborado pelo autor

No modelo, os períodos são representados apenas por identificadores sequenciais (*Período 0, Período 1, ..., Período N*), sem relação direta com horários reais. A numeração é contínua ao longo da semana, de modo que, neste exemplo, a segunda-feira contém os períodos de 0 a 4, a terça-feira de 5 a 9, e assim sucessivamente até a sexta-feira.

Além disso, a quantidade de períodos diários é um parâmetro configurável do modelo, podendo variar conforme a necessidade da escola. O quadro apresentado assume um cenário com cinco períodos por dia apenas como exemplo. Dessa forma, o modelo não apenas abstrai a estrutura dos períodos, mas também oferece flexibilidade na distribuição das aulas ao longo da semana. Essa abordagem facilita a modelagem do problema e se adapta a diferentes cenários que podem haver nas escolas.

5.2.2 Definição das Variáveis

O modelo utiliza variáveis de decisão para representar a alocação das disciplinas nos períodos da semana, além de variáveis auxiliares que controlam penalizações e recompensas associadas às restrições leves.

As principais variáveis utilizadas no modelo são:

- $x_{t,d,p}$: Variável binária que assume o valor 1 se a disciplina d da turma t for alocada ao período p , e 0 caso contrário.
- $r_{d,p}$: Variável binária de recompensa que assume o valor 1 se a disciplina d for alocada em dois períodos consecutivos p e $p + 1$, e 0 caso contrário. Essa variável contribui positivamente na função objetivo, incentivando continuidade das aulas que são dadas no mesmo dia.
- $e_{d,w}$: Variável inteira de penalização que quantifica o excesso de aulas da disciplina d no dia w . Essa variável contribui negativamente na função objetivo, desincentivando a concentração excessiva de aulas no mesmo dia.

Essas variáveis garantem que o modelo possa otimizar a distribuição das disciplinas

ao longo da semana, equilibrando a carga horária e melhorando a organização da grade escolar.

5.2.3 Restrições do Modelo

Existem dois grupos de restrições no modelo: as restrições rígidas e as leves. No parágrafo seguinte, definirei cada uma das restrições deste modelo.

5.2.3.1 Restrições Rígidas

As Restrições Rígidas aplicadas no modelo são:

- **Cada disciplina deve ser alocada ao número fixo de aulas por semana:** Toda disciplina d deve ser alocada exatamente ao número total de períodos semanais N_d , garantindo que a carga horária seja cumprida corretamente:

$$\sum_p x_{d,p} = N_d, \quad \forall d$$

- **Cada período de uma turma pode ter, no máximo, uma disciplina alocada:** Uma turma não pode assistir a mais de uma disciplina no mesmo período. Assim, para cada período p , a soma das disciplinas alocadas à turma deve ser, no máximo, 1:

$$\sum_d x_{t,d,p} \leq 1, \quad \forall t, \forall p$$

onde:

- $x_{t,d,p}$ é uma variável binária que recebe o valor 1 se a disciplina d for alocada à turma t no período p . Caso contrário, ela recebe o valor 0.
- t representa a turma.
- p representa um período da semana.
- d representa uma disciplina.

Essa restrição garante que cada turma tenha, no máximo, uma disciplina por período, impedindo conflitos e sobreposições de aulas no horário.

- **Um professor não pode lecionar em mais de uma disciplina no mesmo período:** Cada professor pode lecionar apenas uma disciplina por período. Assim, para cada período p , a soma das disciplinas alocadas a um professor deve ser, no máximo, 1:

$$\sum_{(t,d) \in D_p} x_{t,d,p} \leq 1, \quad \forall p$$

onde:

- $x_{t,d,p}$ é uma variável binária que assume o valor 1 se a disciplina d for alocada à turma t no período p , e 0 caso contrário.
- D_p representa o conjunto de todas as disciplinas que pertencem ao mesmo professor no período p .
- p representa um período da semana.

Essa restrição garante que nenhum professor tenha duas aulas simultâneas, evitando conflitos de horário e garantindo uma grade escolar viável.

5.2.3.2 Restrições Leves

As restrições leves representam preferências e não são obrigatórias, podendo ser violadas sem invalidar a solução. A violação de uma restrição leve resulta em penalização, enquanto seu cumprimento gera recompensa. Quanto mais recompensas e menos penalizações, maior a qualidade da solução.

As principais restrições leves do modelo incluem:

- **Recompensa por aulas consecutivas:** É preferível que uma disciplina seja ministrada em períodos consecutivos no mesmo dia, isso reduz a fragmentação do horário dos alunos. Assim, sempre que uma disciplina d for alocada em dois períodos consecutivos p e $p + 1$, o modelo atribui uma recompensa:

$$\sum_d \sum_p r_{d,p}$$

- **Penalização para mais de duas aulas da mesma disciplina no mesmo dia:** Para evitar que uma disciplina seja ministrada excessivamente no mesmo dia, adicionamos uma penalidade quando a quantidade de aulas da disciplina d em um mesmo dia w ultrapassa o limite de duas:

$$\sum_{p \in P_w} x_{d,p} \leq 2 + e_{d,w}, \quad \forall d, \forall w$$

onde:

- P_w representa o conjunto de períodos do dia w .
- $e_{d,w}$ é uma variável inteira auxiliar que quantifica o excesso de aulas da disciplina d no dia w .

Dessa forma, o algoritmo de solução busca distribuir a carga horária de cada disciplina ao longo da semana, evitando que haja excesso de aulas no mesmo dia causado pela restrição anterior.

5.2.4 Função Objetivo

A finalidade da função objetivo do modelo é otimizar a distribuição das aulas, garantindo um equilíbrio entre eficiência e qualidade na organização da grade horária.

A formulação da função objetivo considera os seguintes aspectos:

- **Maximizar recompensas associadas às restrições leves:** O modelo premia configurações preferenciais, como a alocação de aulas consecutivas para a mesma disciplina. Essas recompensas são representadas pela soma das variáveis auxiliares $r_{d,p}$.
- **Minimizar penalidades associadas às restrições leves:** As preferências de alocação, como a limitação do número de aulas diárias de uma mesma disciplina, são tratadas como penalidades. Por exemplo, o excesso de aulas da mesma disciplina no mesmo dia é penalizado pela variável $e_{d,w}$. O modelo busca minimizar essas penalidades.

Formalmente, a função objetivo é definida como:

$$\max \sum_d \sum_p r_{d,p} - \sum_d \sum_w e_{d,w}$$

onde:

- $r_{d,p}$ representa recompensas para disciplinas que possuem aulas consecutivas.
- $e_{d,w}$ representa penalidades para disciplinas que possuem mais de duas aulas no mesmo dia.

Essa formulação garante que o modelo favoreça soluções que maximizem a continuidade das aulas enquanto equilibram a carga horária da disciplina ao longo dos dias da semana.

5.2.5 Modelo Completo Formalizado

A seguir, consolidamos a formalização matemática do modelo apresentado anteriormente.

$$\max \sum_d \sum_p r_{d,p} - \sum_d \sum_w e_{d,w}$$

Sujeito a:

$$\sum_p x_{d,p} = N_d, \quad \forall d$$

$$\sum_d x_{t,d,p} \leq 1, \quad \forall t, \forall p$$

$$\sum_{(t,d) \in D_p} x_{t,d,p} \leq 1, \quad \forall p$$

$$\sum_d \sum_p r_{d,p}$$

$$\sum_{p \in P_w} x_{d,p} \leq 2 + e_{d,w}, \quad \forall d, \forall w$$

Onde:

$$x_{t,d,p} \in \{0, 1\}, \quad r_{d,p} \in \{0, 1\}, \quad e_{d,w} \geq 0$$

5.3 Implementação do Software

O desenvolvimento do *ClassPlanner* foi estruturado em duas etapas principais: a criação de uma interface gráfica intuitiva para facilitar a interação do usuário e a implementação do modelo matemático utilizando Programação Linear Inteira (PLI) com a biblioteca *Google OR-Tools*.

5.3.1 Tecnologias Utilizadas

- **C#:** Linguagem de programação escolhida devido à experiência prévia do autor, além de ser reconhecida por sua facilidade de uso e eficiência em aplicações desktop.
- **WinUI 3.0:** *Framework* de interface gráfica escolhido por ser o método oficial de desenvolvimento para aplicativos modernos no sistema operacional *Windows*.

- **Solver OR-Tools:** Ferramenta de otimização desenvolvida pelo Google, com suporte oficial para .NET, permitindo a implementação eficiente do modelo de PLI.

5.3.2 *Implementação da Interface de Usuário*

Para que a solução proposta pudesse ser utilizada de maneira prática e acessível, o *ClassPlanner* foi desenvolvido com uma interface gráfica moderna, permitindo a visualização das grades horárias de forma intuitiva. Diferente de abordagens puramente técnicas, que exigem interação direta com código ou tabelas complexas, o programa apresenta um ambiente amigável, voltado para usuários sem conhecimento técnico avançado.

A interface do *ClassPlanner* foi projetada para ser intuitiva, funcional e eficiente, garantindo que gestores e coordenadores possam operar o sistema de forma fluida. Para isso, foram estabelecidos os seguintes princípios de design e usabilidade:

- **Adição rápida de turmas, disciplinas e professores** – Facilita a configuração do sistema, tornando o processo mais dinâmico.
- **Organização hierárquica das disciplinas por turma** – Garante clareza na estrutura escolar e evita confusão na alocação de aulas.
- **Exibição direta do professor responsável** – Ajuda a identificar rapidamente quem leciona cada disciplina, ou se ainda não foi definido.
- **Interface minimalista e objetiva** – Mantém o foco na funcionalidade, eliminando distrações e tornando o uso intuitivo.
- **Uso de cores para diferenciar disciplinas** – Permite rápida identificação visual e evita confusão na grade horária.
- **Salvamento automático e transparente** – O usuário não precisa se preocupar com a persistência dos dados, tudo acontece sem intervenção manual.
- **Grade horária simples e eficiente** – Facilita a leitura e análise dos horários de forma clara e organizada.
- **Duas formas de navegação na grade** – Abas por turma ou scroll infinito oferecem flexibilidade para diferentes preferências de visualização.

A experiência do usuário foi um fator central no desenvolvimento do *ClassPlanner*. A escolha do *WinUI 3.0* permitiu a criação de uma interface fluida, com transições suaves, tornando o processo de gestão da grade horária mais dinâmico.

Por meio dessa abordagem, o *ClassPlanner* não apenas automatiza a alocação dos

horários escolares, mas também proporciona uma experiência agradável e intuitiva, tornando o uso do sistema mais fluido e satisfatório, graças ao seu design moderno e bem estruturado.

5.3.3 Implementação do Modelo

Para resolver o modelo matemático, foi utilizado o solver *CP-SAT* do *OR-Tools*, uma ferramenta avançada para resolver problemas de otimização combinatória, incluindo PLI. O *CP-SAT Solver* foi escolhido por sua eficiência e facilidade na manipulação de variáveis binárias e suas restrições lineares, garantindo uma modelagem rápida do problema de grade horária.

A implementação seguiu os seguintes passos:

- Definição de variáveis binárias para representar a alocação de disciplinas por turma e horário.
- Formulação das restrições rígidas, como alocar apenas uma disciplina por horário por turma e evitar conflitos entre professores.
- Formulação das restrições leves, como incentivar aulas consecutivas e limitar o número de aulas da mesma disciplina no mesmo dia.
- Maximização da função objetivo, buscando equilibrar recompensas por boas alocações e minimizar penalizações associadas a violações de preferências.

6 RESULTADOS

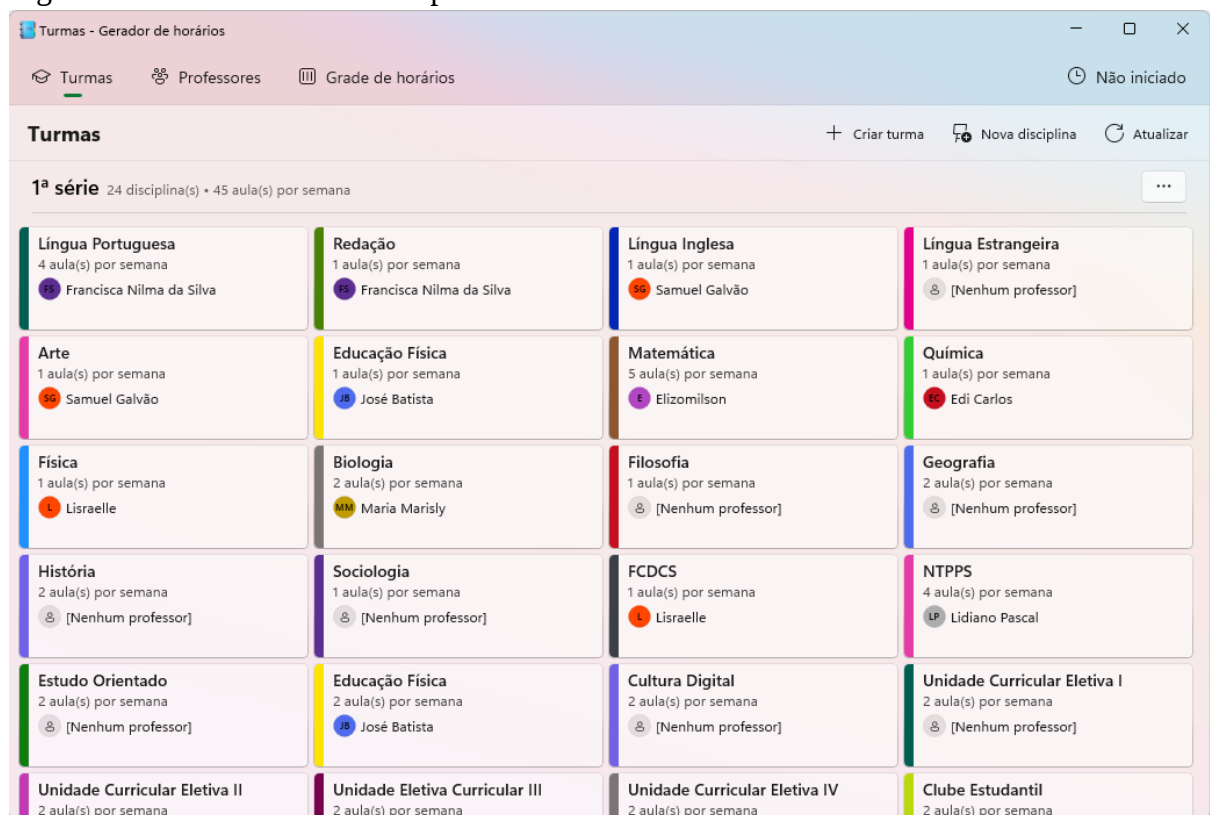
Após a definição do problema, iniciou-se o desenvolvimento do programa, chamado *ClassPlanner*. Sua interface foi projetada para ser simples e intuitiva, facilitando o uso e abstraindo ao usuário a complexidade comum em soluções de *timetabling*.

Neste capítulo, apresentamos a interface do programa e os resultados obtidos a partir de testes com instâncias reais. Além disso, avaliamos a qualidade das grades de horários geradas e o desempenho do algoritmo na resolução do problema. Para mais detalhes sobre a instalação e licença do software, consulte o **Apêndice B**.

6.1 Interface do Sistema

A tela inicial do sistema apresenta uma visão geral das turmas e disciplinas cadastradas, juntamente com seus respectivos professores. Além disso, exibe um resumo da quantidade de disciplinas por turma e a carga horária total semanal.

Figura 5 – Tela de turmas e disciplinas

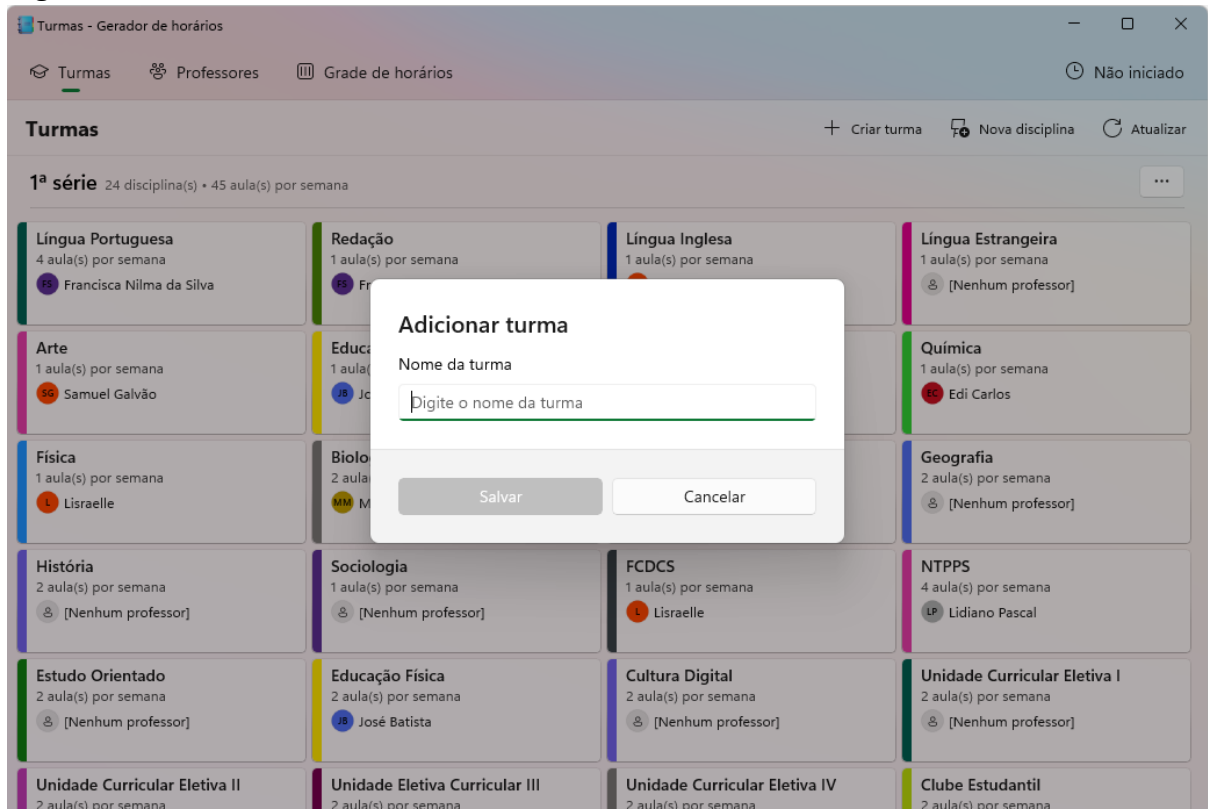


Fonte: elaborado pelo autor

6.1.1 Cadastro de Turmas

A partir da tela de turmas e disciplinas, a ação de cadastrar turma fica em destaque na parte superior do programa. Uma disciplina pode ser facilmente cadastrada apenas com um nome para identificação.

Figura 6 – Tela de criar turma



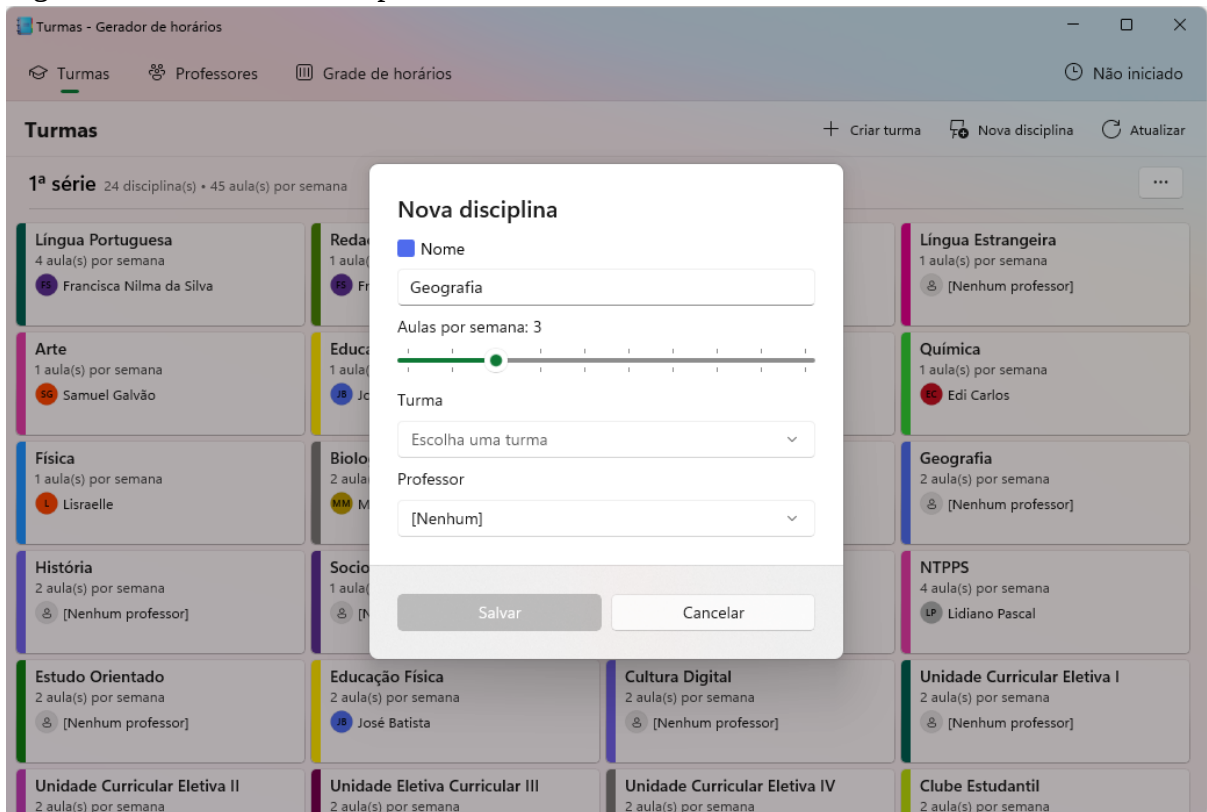
Fonte: elaborado pelo autor

6.1.2 Cadastro de Disciplinas

Assim como na tela de cadastro de turmas, o botão para adicionar uma nova disciplina está destacado na barra de comandos localizada na parte superior da aplicação. O cadastro de uma disciplina requer quatro informações essenciais: o nome, a quantidade de aulas por semana, a turma associada e, opcionalmente, um professor.

Para facilitar a visualização, cada disciplina recebe automaticamente uma cor atribuída com base em seu nome, selecionada a partir de uma paleta predefinida de 40 cores. Essa abordagem permite uma identificação rápida e intuitiva das disciplinas na lista, além de tornar a interface do sistema mais visualmente agradável e organizada.

Figura 7 – Tela de criar disciplina



Fonte: elaborado pelo autor

6.1.3 Cadastro de Professores

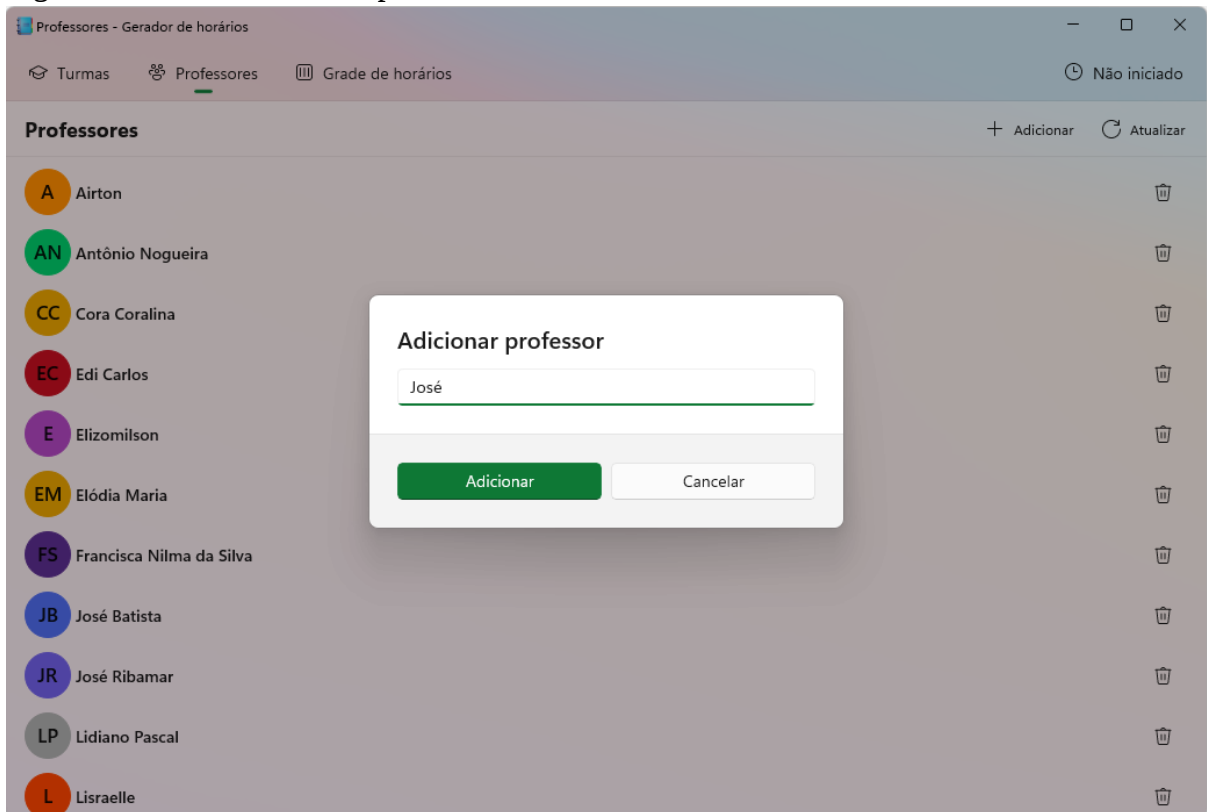
A Figura 8 exibe a tela de cadastro de professores, seguindo o mesmo padrão simplificado adotado para o cadastro de turmas. Apenas um nome para identificação é solicitado, garantindo que a inserção dos dados seja rápida e direta. O objetivo é minimizar a necessidade de informações adicionais que não sejam essenciais para a alocação de horários.

A decisão de restringir o cadastro a um único campo de entrada busca tornar o processo mais simples e acessível, facilitando a utilização do sistema. Em muitos programas administrativos, o excesso de campos a serem preenchidos pode tornar o uso mais lento e menos intuitivo, dificultando a adoção da ferramenta. Além disso, informações como CPF, endereço ou formação acadêmica dos professores não são relevantes para o problema de alocação de horários, pois não influenciam as restrições e critérios considerados na geração da grade.

6.1.4 Gerador de Grade de Horários

A tela de geração da grade de horários permite ao usuário configurar parâmetros essenciais para a criação da grade. Entre as opções disponíveis, estão a definição do número

Figura 8 – Tela de adicionar professor



Fonte: elaborado pelo autor

de períodos semanais (aulas por semana), a ativação ou desativação de restrições leves e a quantidade de processos (*threads*) utilizados na busca por soluções, permitindo o aproveitamento do processamento paralelo.

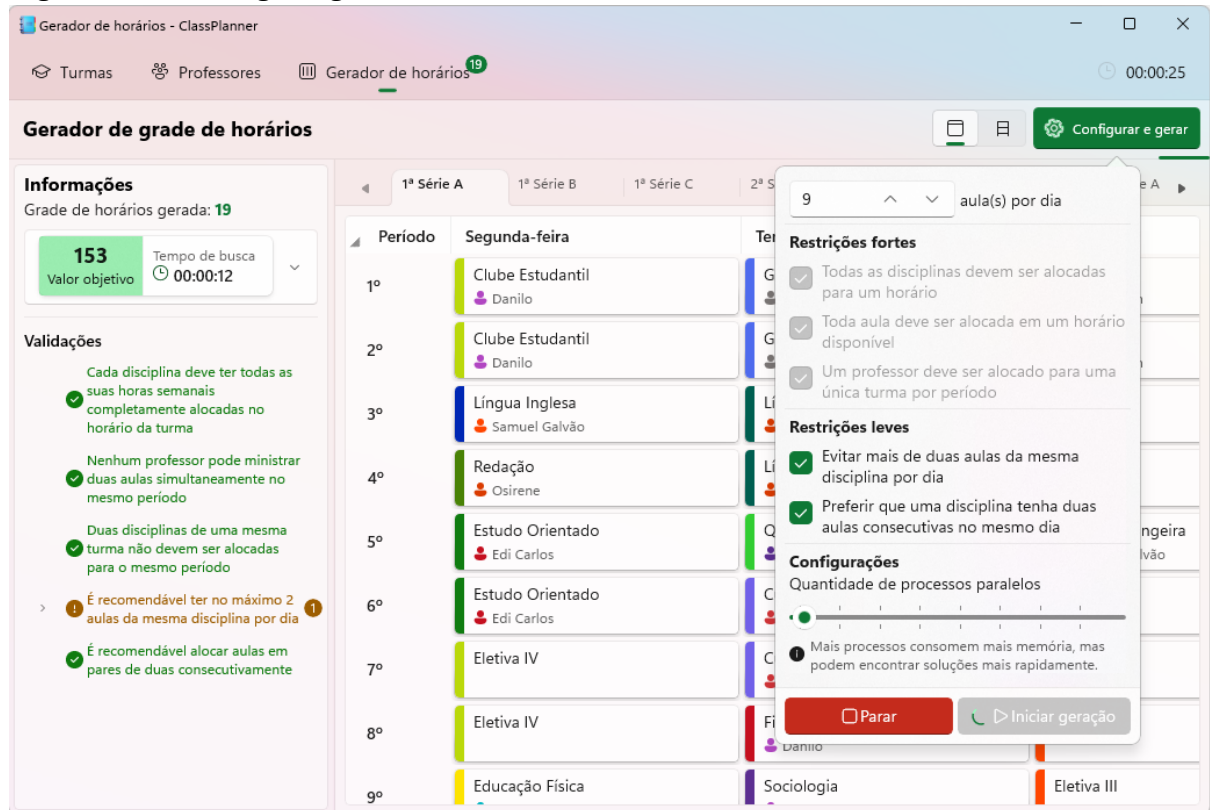
As restrições leves influenciam a qualidade da grade, auxiliando na melhor distribuição das aulas sem comprometer a viabilidade do horário. Quando desativadas, o sistema gera apenas uma solução viável sem aplicar critérios de otimização, uma vez que a função objetivo não busca maximizar nenhum valor específico.

Após a geração, todas as grades encontradas são listadas em ordem decrescente conforme o valor da função objetivo. Como se trata de um problema de maximização, a melhor solução sempre aparece no topo, facilitando a escolha da opção mais adequada pelo usuário.

A Figura 9 mostra a tela de geração de grades. À esquerda, encontra-se a lista de soluções geradas, ordenadas pelo valor da função objetivo. A cada nova solução encontrada, a lista é atualizada automaticamente, permitindo que o usuário verifique as grades geradas em tempo real enquanto o algoritmo continua a busca por soluções. Além da lista de grades, também são apresentadas informações sobre a validação de cada grade de horários, indicando possíveis violações de restrições. Isso permite que o usuário identifique de forma rápida quais soluções

cumprem melhor os requisitos estabelecidos, auxiliando na tomada de decisão para a escolha da grade mais adequada.

Figura 9 – Tela de gerar grade de horários



Fonte: elaborado pelo autor

6.2 Resultados da Geração em Instâncias Reais

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos na alocação de horários das aulas utilizando instâncias reais, com base nos dados fornecidos na etapa 5.1 de coleta de informações. Os dados fornecidos incluem as turmas, as disciplinas ministradas, a carga horária semanal de cada disciplina e os professores responsáveis.

6.2.1 Especificações da máquina de testes

Os testes foram executados em um computador com as seguintes configurações:

- **Processador:** 11th Gen Intel Core i7-11390H @ 3.40GHz 2.92 GHz
- **Memória RAM:** 16 GB
- **Armazenamento:** SSD NVMe
- **Sistema Operacional:** Windows 11

- **Versão do Google OR-Tools:** 9.11.4210

O *ClassPlanner* utilizou múltiplos processos para otimizar a busca por soluções. O tempo total de execução variou de acordo com a quantidade de processos utilizados.

6.2.2 *Parâmetros da Geração de Grades*

A escola analisada possui nove turmas, distribuídas em três séries do ensino médio. Cada turma conta com uma carga horária semanal de 45 aulas, distribuídas em nove aulas por dia ao longo de cinco dias da semana (segunda à sexta). Os detalhes completos das turmas, disciplinas, carga horária e professores responsáveis estão apresentados no **Anexo A**. Com estes dados cadastrados, foram testadas múltiplas gerações de grade com a quantidade de processos variando de 1 até 64 com todas as restrições leves habilitadas.

6.2.3 *Desempenho da Geração de Grades*

A duração média dos testes foi por volta de 3 minutos, com um teste em específico de longa duração, de cerca de 10 horas. Todos os testes foram interrompidos sem que fosse possível confirmar sem dúvidas que se chegou ao resultado ótimo. O número de soluções encontradas variou conforme a quantidade de processos utilizados: quanto mais processos, maior a quantidade de soluções geradas. Apesar disso, em todos os testes realizados, desde a menor execução de 1 minuto até a maior, com mais de 10 horas, o melhor valor da função objetivo encontrado foi sempre 153, sendo obtido consistentemente em menos de 1 minuto de execução.

Como o *solver* do *Google OR Tools* só mantém uma nova solução caso ela seja melhor do que todas as outras que já foram encontradas, descartando qualquer outra, é possível que não existam soluções com valor superior a 153. No entanto, essa hipótese não pode ser confirmada, pois o teste de maior duração foi interrompido após 10 horas de execução, sem que fosse possível determinar se uma solução melhor poderia ser encontrada com mais tempo de busca.

Ainda que exista uma grade com um valor objetivo superior a 153, sua obtenção seria inviável na prática, dado o tempo excessivo necessário para encontrá-la. Além disso, as soluções já encontradas são suficientemente boas para aplicação real, visto que a grade com valor objetivo 153 viola apenas uma vez uma restrição leve, o que pode ser considerado aceitável dentro do contexto do problema.

6.2.4 Grade de Horários Gerada e Análise Geral dos Resultados

O **Apêndice A** apresenta a grade de horários gerada para todas as turmas da instância real. O algoritmo conseguiu atender tanto as restrições rígidas quanto as leves. Todas as disciplinas com duas ou mais aulas foram alocadas de forma consecutiva, sempre em duplas. Além disso, nenhuma disciplina foi ministrada mais de duas vezes no mesmo dia, com uma única exceção. Na turma da 1ª Série C, Matemática foi alocada três vezes no mesmo dia, conforme mostrado no Quadro 5 (sexta-feira, períodos 6, 7 e 8).

A Figura 10 ilustra o *Timetable* da instância real dos dados apresentados no **Apêndice A**, sendo exibido para o usuário com cores distintas para cada disciplina, facilitando sua diferenciação.

Figura 10 – Tela de exibição da grade de horários gerada - Instância real

Gerador de horários - ClassPlanner

Turmas

Professores

Gerador de horários

00:00:19

Gerador de grade de horários

Configurar e gerar

Informações

Grade de horários geradas: 19

153

Valor objetivo

Tempo de busca

00:00:13

Validações

Cada disciplina deve ter todas as suas horas semanais completamente alocadas no horário da turma

Nenhum professor pode ministrar duas aulas simultaneamente no mesmo período

Dois disciplinas de uma mesma turma não devem ser alocadas para o mesmo período

É recomendável ter no máximo 2 aulas de mesma disciplina por dia

A disciplina "Matemática" da turma "1ª Série C" tem 3 aulas no mesmo dia (Tuesday), acima do limite recomendado (2)

É recomendável alocar aulas em pares de duas consecutivamente

1ª Série A

1ª Série B

1ª Série C

2ª Série A

2ª Série B

2ª Série C

3ª Série A

3ª Série B

3ª Série C

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
1º	Clube Estudantil Danilo	Geografia Jarbas	Matemática Elizomilson	Física Lisraelle	Educação Física II Batista
2º	Clube Estudantil Danilo	Geografia Jarbas	Matemática Elizomilson	Matemática Elizomilson	Educação Física II Batista
3º	Língua Inglesa Samuel Galvão	Língua Portuguesa Osirene	NTPPS Ribamar	Matemática Elizomilson	Matemática Elizomilson
4º	Redação Osirene	Língua Portuguesa Osirene	NTPPS Ribamar	NTPPS Ribamar	Língua Portuguesa Osirene
5º	Estudo Orientado Edi Carlos	Química Elódia	Língua Estrangeira Samuel Galvão	NTPPS Ribamar	Língua Portuguesa Osirene
6º	Estudo Orientado Edi Carlos	Cultura Digital José	História Aparecida	Formação para Cidadania Osirene	Eletiva I Osirene
7º	Eletiva IV Danilo	Cultura Digital José	História Aparecida	Arte Samuel Galvão	Eletiva I Osirene
8º	Eletiva IV Danilo	Filosofia Danilo	Eletiva III Osirene	Biologia Valéria	Eletiva II Osirene
9º	Educação Física Batista	Sociologia Danilo	Eletiva III Osirene	Biologia Valéria	Eletiva II Osirene

Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados mostram que o algoritmo gerou grades de horários viáveis, respeitando as restrições definidas e garantindo soluções de boa qualidade em um tempo reduzido, variando até 3 minutos, dependendo da quantidade de processos utilizados na geração. A melhor solução encontrada teve valor objetivo 153 e, mesmo após 10 horas de execução, nenhuma solução superior foi identificada. Isso sugere que a solução pode estar próxima da otimalidade, embora essa hipótese não possa ser formalmente comprovada. Além disso, a organização das disciplinas seguiu padrões desejáveis, como a alocação consecutiva de aulas em duplas e a distribuição equilibrada ao longo da semana.

Os testes demonstraram que o algoritmo é eficiente na geração de horários, garantindo soluções de qualidade dentro de um tempo adequado para aplicação prática. A análise dos

resultados sugere que a abordagem utilizada é viável para a alocação de horários escolares e pode ser aplicada em diferentes cenários, respeitando as restrições e prioridades definidas.

Dessa forma, os objetivos propostos para a geração da grade de horários foram alcançados, evidenciando a eficiência do modelo desenvolvido.

7 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este capítulo apresenta as conclusões do trabalho, destacando os resultados obtidos além de discutir sugestões para trabalhos futuros.

7.1 Conclusões

O desenvolvimento do *ClassPlanner* permitiu a construção de um modelo eficiente para a geração automatizada de horários escolares do estado do Ceará, considerando tanto restrições rígidas quanto as laves. O algoritmo conseguiu gerar grades viáveis, respeitando as exigências definidas e garantindo um tempo de execução adequado para aplicação prática.

Os resultados mostraram que o modelo foi capaz de encontrar soluções de alta qualidade, com tempos de geração dentro do razoável. Nas instâncias reais para testes, a melhor solução encontrada teve um valor objetivo de 153, e mesmo após 10 horas de execução, nenhuma solução superior foi encontrada.

Além da qualidade das soluções, o programa abstrai toda a complexidade computacional, permitindo que o usuário se preocupe apenas em adicionar as disciplinas e gerar a grade de horários. A busca por soluções ocorre de forma automatizada, sem necessidade de conhecimento técnico. A visualização dos resultados também é simples e clara, facilitando o uso por qualquer pessoa.

Com isso, o *ClassPlanner* se mostrou uma ferramenta eficiente e acessível para a geração de horários escolares, simplificando um problema complexo e tornando sua aplicação prática no contexto educacional.

7.2 Limitações e Trabalhos Futuros

Embora o *ClassPlanner* tenha se mostrado eficiente na geração de horários escolares, algumas limitações foram identificadas. O modelo atual não permite a adição de certas restrições comuns, como a indisponibilidade de um professor em períodos específicos. Além disso, uma restrição leve que pode ser relevante, mas não foi implementada, é evitar que uma mesma disciplina seja ministrada em dias consecutivos para uma turma. Em geral, é preferível que, se uma disciplina for ministrada em um dia, sua próxima aula ocorra com um intervalo maior, como dois ou três dias, para melhor distribuição da carga horária.

Outra limitação está na falta de edição manual da grade após sua geração. Em alguns

casos, o usuário pode querer fazer ajustes pontuais sem precisar refazer todo o processo de otimização, o que tornaria o sistema mais flexível.

Diante dessas limitações, alguns aprimoramentos podem ser feitos no futuro. Permitir que o usuário defina restrições personalizadas daria mais controle sobre a geração da grade. Além disso, a possibilidade de ajustar a grade manualmente após a otimização tornaria o sistema mais flexível para atender às necessidades de cada escola.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R.; DELGADO, C. **Programação Linear Inteira**. Universidade do Porto, 1997. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/74369/2/40539.pdf>>.
- BORGES, S. K. Resolução de timetabling utilizando algoritmos genéticos e evolução cooperativa. **Universidade Federal do Paraná**, 2003.
- BULCK, D. V.; GOOSSENS, D.; BELIEN, J.; DAVARI, M. The fifth international timetabling competition (itc 2021): Sports timetabling. In: UNIVERSITY OF READING. **MathSport International 2021**. [S.l.], 2021. p. 117–122.
- CHEN, Q. Global optimization for bus line timetable setting problem. **Discrete dynamics in nature and society**, Hindawi, v. 2014, 2014.
- COLIN, E. C. **Pesquisa Operacional: 170 Aplicações em Estratégia, Finanças, Logística, Produção, Marketing e Vendas**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2007. 395 p.
- COOPER, T. B.; KINGSTON, J. H. The solution of real instances of the timetabling problem. **The computer journal**, Oxford University Press, v. 36, n. 7, p. 645–653, 1993.
- CORMEN, T. H.; LEISERSON, C. E.; RIVEST, R. L.; STEIN, C. **Algoritmos: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Campus, 2012.
- COTTA, K. P. Ferramenta de detecção de conflitos e gestão para o timetabling problem. 2014.
- KRISTIANSEN, S.; STIDSEN, T. R. A comprehensive study of educational timetabling, a survey. **Department of Management Engineering, Technical University of Denmark.(DTU Management Engineering Report**, v. 8, 2013.
- LEAL, L. A. d. S. Uma fundamentação teórica para a complexidade estrutural de problemas de otimização. 2002.
- LIMA, A. V. S. d. Aplicação de técnicas de programação linear inteira para alocação de disciplinas e salas na universidade federal do ceará. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Software) – Universidade Federal do Ceará, Russas. 2022.
- NAVARRO, F.; COELHO, F. Estudo de coloração aplicado ao problema de alocação de horário de professores. **DCC-UNIPACC. Minas Gerais**, 2016.
- OLIVEIRA, M. P. M.; OLIVEIRA, W. A.; TAVARES, W. M.; CARVALHO, M. A. de. Timetabling, a complexidade na geração de horários em instituições de ensino. **RE3C-Revista Eletrônica Científica de Ciência da Computação**, v. 6, n. 1, 2011.
- PETROVIC, S.; BURKE, E. K. **University Timetabling**. [S.l.]: Citeseer, 2004.
- PILLAY, N. An overview of school timetabling research. In: **Proceedings of the 8th International Conference on the Practice and Theory of Automated Timetabling (PATAT 2010)**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 321–335.
- PRADO, D. **Programação linear**. [S.l.]: Falconi Editora, 2016. v. 1.
- RIBEIRO, D. M.; AIZEMBERG, L.; UCHOA, E. Geração de grade de horários para disciplinas de uma instituição de nível superior utilizando programação linear inteira multiobjetivo. **Anais do XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO)**, Natal-RN, 2013.

SALES, E. d. S. *et al.* **Problema de Alocação de Salas e a Otimização dos Espaços no Centro de Tecnologia da UFSM.** [S.l.], 2015.

APÊNDICE A – GRADE DE HORÁRIOS GERADA

Esta seção apresenta os quadros com as grades de horários geradas pelo *ClassPlanner* para cada uma das turmas.

Quadro 3 – Grade de Horários - 1ª Série A

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Química Prof. <i>Elódia</i>
1	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>	Eletiva IV	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>
2	Língua Inglesa Prof. <i>Samuel Galvão</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Eletiva IV	Eletiva II	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>
3	Redação Prof. <i>Osirene</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Eletiva II	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>
4	Clube Estudantil Prof. <i>Danilo</i>	Formação para Cidadania Prof. <i>Osirene</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Arte Prof. <i>Samuel Galvão</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>
5	Clube Estudantil Prof. <i>Danilo</i>	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Edi Carlos</i>	Eletiva I	Filosofia Prof. <i>Danilo</i>
6	Sociologia Prof. <i>Danilo</i>	Cultura Digital Prof. <i>José</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Edi Carlos</i>	Eletiva I	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>
7	Eletiva III	Cultura Digital Prof. <i>José</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>
8	Eletiva III	Física Prof. <i>Lisraelle</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Educação Física Prof. <i>Batista</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 4 – Grade de Horários - 1ª Série B

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Eletiva IV	Arte Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Química Prof. <i>Elódia</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>
1	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Eletiva IV	Cultura Digital Prof. <i>José</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>
2	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Sociologia Prof. <i>Danilo</i>	Cultura Digital Prof. <i>José</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>
3	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Eletiva I	Clube Estudantil Prof. <i>Danilo</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>
4	Formação para Cidadania Prof. <i>Ribamar</i>	Eletiva I	Clube Estudantil Prof. <i>Danilo</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Edi Carlos</i>
5	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Educação Física Prof. <i>Batista</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Edi Carlos</i>
6	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Eletiva III	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>
7	Eletiva II	Eletiva III	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Língua Inglesa Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>
8	Eletiva II	Redação Prof. <i>Osirene</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Filosofia Prof. <i>Danilo</i>	Física Prof. <i>Lisraelle</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 5 – Grade de Horários - 1ª Série C

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Eletiva III	Estudo Orientado Prof. <i>Edi Carlos</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Eletiva I	Cultura Digital Prof. <i>José</i>
1	Eletiva III	Estudo Orientado Prof. <i>Edi Carlos</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Eletiva I	Cultura Digital Prof. <i>José</i>
2	Educação Física Prof. <i>Batista</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Sociologia Prof. <i>Danilo</i>	Física Prof. <i>Lisraelle</i>	Língua Inglesa Prof. <i>Samuel Galvão</i>
3	Eletiva II	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>	Clube Estudantil Prof. <i>Danilo</i>	Formação para Cidadania Prof. <i>Danilo</i>
4	Eletiva II	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>	Clube Estudantil Prof. <i>Danilo</i>	Eletiva IV
5	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Redação Prof. <i>Osirene</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Eletiva IV
6	Língua Portuguesa Prof. <i>Osirene</i>	Filosofia Prof. <i>Danilo</i>	Arte Prof. <i>Samuel Galvão</i>	NTPPS Prof. <i>Ribamar</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>
7	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Química Prof. <i>Elódia</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>
8	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Matemática Prof. <i>Elizomilson</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 6 – Grade de Horários - 2ª Série A

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Eletiva IV	Química Prof. <i>Elódia</i>	Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>
1	Eletiva IV	Química Prof. <i>Elódia</i>	Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Aprofundamento em Língua Portuguesa Prof. <i>Ana Paula</i>
2	Eletiva I	Estudo Orientado Prof. <i>Paulinho</i>	Eletiva II	NTPPS Prof. <i>José</i>	Aprofundamento em Língua Portuguesa Prof. <i>Ana Paula</i>
3	Eletiva I	Estudo Orientado Prof. <i>Paulinho</i>	Eletiva II	NTPPS Prof. <i>José</i>	Língua Inglesa Prof. <i>Samuel Galvão</i>
4	Aprofundamento em Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	NTPPS Prof. <i>José</i>	Formação para Cidadania Prof. <i>Elódia</i>	Arte Prof. <i>Samuel Galvão</i>
5	Aprofundamento em Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Redação Prof. <i>Nilma</i>	Física Prof. <i>Lisraelle</i>	Filosofia Prof. <i>Danilo</i>	Eletiva III
6	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Redação Prof. <i>Nilma</i>	Física Prof. <i>Lisraelle</i>	Biologia Prof. <i>Valéria</i>	Eletiva III
7	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Sociologia Prof. <i>Danilo</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Cultura Digital Prof. <i>Aparecida</i>
8	Educação Física Prof. <i>Batista</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Cultura Digital Prof. <i>Aparecida</i>

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 7 – Grade de Horários - 2ª Série B

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Biologia Prof. <i>Valéria</i>	Aprofundamento em Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Paulinho</i>	Eletiva III
1	NTPPS Prof. <i>José</i>	Aprofundamento em Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Paulinho</i>	Eletiva III
2	NTPPS Prof. <i>José</i>	Física Prof. <i>Lisraelle</i>	Educação Física Prof. <i>Batista</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>
3	Cultura Digital Prof. <i>Aparecida</i>	Sociologia Prof. <i>Danilo</i>	Eletiva II	História Prof. <i>Aparecida</i>	NTPPS Prof. <i>José</i>
4	Cultura Digital Prof. <i>Aparecida</i>	Filosofia Prof. <i>Danilo</i>	Eletiva II	Matemática Prof. <i>Edi Carlos</i>	NTPPS Prof. <i>José</i>
5	Aprofundamento em Língua Portuguesa Prof. <i>Ana Paula</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Química Prof. <i>Elódia</i>	Redação Prof. <i>Nilma</i>	Língua Inglesa Prof. <i>Samuel Galvão</i>
6	Aprofundamento em Língua Portuguesa Prof. <i>Ana Paula</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Química Prof. <i>Elódia</i>	Redação Prof. <i>Nilma</i>	Arte Prof. <i>Samuel Galvão</i>
7	Eletiva IV	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Matemática Prof. <i>Edi Carlos</i>	Formação para Cidadania Prof. <i>Edi Carlos</i>	Eletiva I
8	Eletiva IV	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Matemática Prof. <i>Edi Carlos</i>	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Eletiva I

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 8 – Grade de Horários - 2ª Série C

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Química Prof. Elódia	Língua Portuguesa Prof. Coraline	Eletiva II	Língua Estrangeira Prof. Samuel Galvão	Redação Prof. Nilma
1	Química Prof. Elódia	Cultura Digital Prof. Aparecida	Eletiva II	Língua Estrangeira Prof. Samuel Galvão	Redação Prof. Nilma
2	Sociologia Prof. Danilo	Cultura Digital Prof. Aparecida	História Prof. Aparecida	Educação Física Prof. Batista	Física Prof. Lisraelle
3	Matemática Prof. Reginaldo	Aprofundamento em Matemática Prof. Reginaldo	História Prof. Aparecida	Arte Prof. Samuel Galvão	Eletiva IV
4	NTPPS Prof. José	Aprofundamento em Matemática Prof. Reginaldo	Matemática Prof. Reginaldo	Biologia Prof. Valéria	Eletiva IV
5	NTPPS Prof. José	Formação para Cidadania Prof. Elódia	Matemática Prof. Reginaldo	Educação Física II Prof. Batista	Língua Portuguesa Prof. Coraline
6	Estudo Orientado Prof. Paulinho	Eletiva I	Aprofundamento em Língua Portuguesa Prof. Ana Paula	Educação Física II Prof. Batista	Língua Portuguesa Prof. Coraline
7	Estudo Orientado Prof. Paulinho	Eletiva I	Aprofundamento em Língua Portuguesa Prof. Ana Paula	NTPPS Prof. José	Eletiva III
8	Língua Inglesa Prof. Samuel Galvão	Geografia Prof. Jarbas	Filosofia Prof. Danilo	NTPPS Prof. José	Eletiva III

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 9 – Grade de Horários - 3ª Série A

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Ciências da Natureza para o Enem Prof. Marisly	Formação para Cidadania Prof. Nilma	Língua Portuguesa Prof. Coraline	Redação Prof. Nilma	Arte Prof. Samuel Galvão
1	Ciências da Natureza para o Enem Prof. Marisly	Língua Estrangeira Prof. Samuel Galvão	Filosofia Prof. Danilo	Redação Prof. Nilma	Eletiva II
2	NTPPS Prof. Lidiano	Língua Estrangeira Prof. Samuel Galvão	Matemática para o Enem Prof. Elizomilson	Ciências Humanas para o Enem Prof. Jarbas	Eletiva II
3	NTPPS Prof. Lidiano	Física Prof. Lisraelle	Matemática para o Enem Prof. Elizomilson	Ciências Humanas para o Enem Prof. Jarbas	Matemática Prof. Reginaldo
4	Educação Física Prof. Batista	Biologia Prof. Valéria	Língua Inglesa Prof. Samuel Galvão	História Prof. Aparecida	Educação Física II Prof. Batista
5	Linguagens para o Enem Prof. Coraline	Biologia Prof. Valéria	Estudo Orientado Prof. Ribamar	Cultura Digital Prof. Aparecida	Educação Física II Prof. Batista
6	Linguagens para o Enem Prof. Coraline	Geografia Prof. Jarbas	Estudo Orientado Prof. Ribamar	Cultura Digital Prof. Aparecida	Eletiva I
7	Língua Portuguesa Prof. Coraline	Geografia Prof. Jarbas	NTPPS Prof. Lidiano	Matemática Prof. Reginaldo	Eletiva I
8	Língua Portuguesa Prof. Coraline	Sociologia Prof. Danilo	NTPPS Prof. Lidiano	Matemática Prof. Reginaldo	Química Prof. Elódia

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 10 – Grade de Horários - 3ª Série B

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	Filosofia Prof. Danilo	Arte Prof. Samuel Galvão	Física Prof. Lisraelle	Sociologia Prof. Danilo	Língua Portuguesa Prof. Coraline
1	Matemática para o Enem Prof. Elizomilson	Educação Física II Prof. Batista	Eletiva I	Biologia Prof. Valéria	Língua Inglesa Prof. Samuel Galvão
2	Matemática para o Enem Prof. Elizomilson	Educação Física II Prof. Batista	Eletiva I	Biologia Prof. Valéria	Matemática Prof. Reginaldo
3	Língua Estrangeira Prof. Samuel Galvão	Ciências Humanas para o Enem Prof. Jarbas	Química Prof. Elódia	Matemática Prof. Reginaldo	Redação Prof. Nilma
4	Língua Estrangeira Prof. Samuel Galvão	Ciências Humanas para o Enem Prof. Jarbas	Linguagens para o Enem Prof. Paulinho	Matemática Prof. Reginaldo	Redação Prof. Nilma
5	Geografia Prof. Jarbas	Formação para Cidadania Prof. Lisraelle	Linguagens para o Enem Prof. Paulinho	NTPPS Prof. Lidiano	Estudo Orientado Prof. Ribamar
6	Geografia Prof. Jarbas	Cultura Digital Prof. Aparecida	Língua Portuguesa Prof. Coraline	NTPPS Prof. Lidiano	Estudo Orientado Prof. Ribamar
7	Ciências da Natureza para o Enem Prof. Marisly	Cultura Digital Prof. Aparecida	Língua Portuguesa Prof. Coraline	Eletiva II	NTPPS Prof. Lidiano
8	Ciências da Natureza para o Enem Prof. Marisly	História Prof. Aparecida	Educação Física Prof. Batista	Eletiva II	NTPPS Prof. Lidiano

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 11 – Grade de Horários - 3ª Série C

Período	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
0	NTPPS Prof. <i>Lidiano</i>	História Prof. <i>Aparecida</i>	Química Prof. <i>Elódia</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Ribamar</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>
1	NTPPS Prof. <i>Lidiano</i>	Ciências da Natureza para o Enem Prof. <i>Marisly</i>	Ciências Humanas para o Enem Prof. <i>Jarbas</i>	Estudo Orientado Prof. <i>Ribamar</i>	Educação Física II Prof. <i>Batista</i>
2	Biologia Prof. <i>Marisly</i>	Ciências da Natureza para o Enem Prof. <i>Marisly</i>	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Eletiva I
3	Biologia Prof. <i>Marisly</i>	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Linguagens para o Enem Prof. <i>Ana Paula</i>	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Eletiva I
4	Língua Portuguesa Prof. <i>Coraline</i>	Língua Estrangeira Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Linguagens para o Enem Prof. <i>Ana Paula</i>	Física Prof. <i>Lisraelle</i>	Filosofia Prof. <i>Danilo</i>
5	Educação Física Prof. <i>Batista</i>	Matemática para o Enem Prof. <i>Elizomilson</i>	Língua Inglesa Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Arte Prof. <i>Samuel Galvão</i>	Redação Prof. <i>Nilma</i>
6	Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Matemática para o Enem Prof. <i>Elizomilson</i>	Geografia Prof. <i>Jarbas</i>	Sociologia Prof. <i>Danilo</i>	Redação Prof. <i>Nilma</i>
7	Cultura Digital Prof. <i>Aparecida</i>	Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Formação para Cidadania Prof. <i>Marisly</i>	NTPPS Prof. <i>Lidiano</i>	Eletiva II
8	Cultura Digital Prof. <i>Aparecida</i>	Matemática Prof. <i>Reginaldo</i>	Formação para Cidadania Prof. <i>Marisly</i>	NTPPS Prof. <i>Lidiano</i>	Eletiva II

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – INSTALAÇÃO E LICENÇA DO CLASSPLANNER

B.1 Sobre o programa

O *ClassPlanner* é um software desenvolvido para otimizar a alocação de horários escolares. Ele foi implementado utilizando C# com .NET 9.0 e interface gráfica baseada em *Windows UI 3.0*.

O código-fonte está disponível publicamente no repositório do *GitHub*:

<<https://github.com/luandersonn/ClassPlanner>>

B.2 Requisitos

Para compilar e executar o *ClassPlanner*, é necessário atender aos seguintes requisitos:

- **Sistema Operacional:** Windows 10 ou superior
- **Ambiente de Desenvolvimento:** Visual Studio 2022 ou mais recente
- **Dependências:**
 - *Windows App SDK*
 - Bibliotecas WinUI

B.3 Instalação

O projeto pode ser baixado do repositório do GitHub e compilado utilizando o Visual Studio. É necessário abrir a solução no Visual Studio, restaurar as dependências e implantar o programa no seu computador.

B.4 Licença

O *ClassPlanner* é distribuído sob a Licença **GPL-3.0**. Isso significa que:

- O *software* pode ser usado, modificado e distribuído livremente.
- Qualquer modificação ou redistribuição deve manter a mesma licença GPL-3.0.
- O código-fonte deve estar sempre disponível ao distribuir versões modificadas.

Para mais detalhes, consulte o texto completo da licença em:

<<https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>>

ANEXO A – DETALHAMENTO DAS TURMAS E DISCIPLINAS

Esta seção apresenta aos quadros detalhadas com as disciplinas, carga horária semanal e professores responsáveis para cada turma.

Quadro 12 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 1ª Série A

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	2 aulas	Prof. Valéria
Clube Estudantil	2 aulas	Prof. Danilo
Cultura Digital	2 aulas	Prof. José
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Eletiva III	2 aulas	-
Eletiva IV	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Edi Carlos
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Osirene
Geografia	2 aulas	Prof. Jarbas
História	2 aulas	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	4 aulas	Prof. Osirene
Matemática	5 aulas	Prof. Elizomilson
NTPPS	4 aulas	Prof. Ribamar
Química	1 aula	Prof. Elódia
Redação	1 aula	Prof. Osirene
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 13 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 1ª Série B

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	2 aulas	Prof. Valéria
Clube Estudantil	2 aulas	Prof. Danilo
Cultura Digital	2 aulas	Prof. José
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Eletiva III	2 aulas	-
Eletiva IV	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Edi Carlos
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Ribamar
Geografia	2 aulas	Prof. Jarbas
História	2 aulas	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	4 aulas	Prof. Osirene
Matemática	5 aulas	Prof. Elizomilson
NTPPS	4 aulas	Prof. Ribamar
Química	1 aula	Prof. Elódia
Redação	1 aula	Prof. Osirene
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 14 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 1ª Série C

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	2 aulas	Prof. Valéria
Clube Estudantil	2 aulas	Prof. Danilo
Cultura Digital	2 aulas	Prof. José
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Eletiva III	2 aulas	-
Eletiva IV	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Edi Carlos
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Danilo
Geografia	2 aulas	Prof. Jarbas
História	2 aulas	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	4 aulas	Prof. Osirene
Matemática	5 aulas	Prof. Elizomilson
NTPPS	4 aulas	Prof. Ribamar
Química	1 aula	Prof. Elódia
Redação	1 aula	Prof. Osirene
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 15 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 2ª Série A

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Aprofundamento em Língua Portuguesa	2 aulas	Prof. Ana Paula
Aprofundamento em Matemática	2 aulas	Prof. Reginaldo
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	1 aula	Prof. Valéria
Cultura Digital	2 aulas	Prof. Aparecida
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Eletiva III	2 aulas	-
Eletiva IV	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Paulinho
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Elódia
Geografia	1 aula	Prof. Jarbas
História	2 aulas	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	2 aulas	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	3 aulas	Prof. Coraline
Matemática	3 aulas	Prof. Reginaldo
NTPPS	4 aulas	Prof. José
Química	2 aulas	Prof. Elódia
Redação	2 aulas	Prof. Nilma
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 16 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 2ª Série B

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Aprofundamento em Língua Portuguesa	2 aulas	Prof. Ana Paula
Aprofundamento em Matemática	2 aulas	Prof. Reginaldo
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	1 aula	Prof. Valéria
Cultura Digital	2 aulas	Prof. Aparecida
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Eletiva III	2 aulas	-
Eletiva IV	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Paulinho
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraille
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Edi Carlos
Geografia	1 aula	Prof. Jarbas
História	2 aulas	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	2 aulas	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	3 aulas	Prof. Coraline
Matemática	3 aulas	Prof. Edi Carlos
NTPPS	4 aulas	Prof. José
Química	2 aulas	Prof. Elódia
Redação	2 aulas	Prof. Nilma
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 17 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 2ª Série C

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Aprofundamento em Língua Portuguesa	2 aulas	Prof. Ana Paula
Aprofundamento em Matemática	2 aulas	Prof. Reginaldo
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	1 aula	Prof. Valéria
Cultura Digital	2 aulas	Prof. Aparecida
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Eletiva III	2 aulas	-
Eletiva IV	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Paulinho
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Elódia
Geografia	1 aula	Prof. Jarbas
História	2 aulas	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	2 aulas	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	3 aulas	Prof. Coraline
Matemática	3 aulas	Prof. Reginaldo
NTPPS	4 aulas	Prof. José
Química	2 aulas	Prof. Elódia
Redação	2 aulas	Prof. Nilma
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 18 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 3ª Série A

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	2 aulas	Prof. Valéria
Ciências da Natureza para o Enem	2 aulas	Prof. Marisly
Ciências Humanas para o Enem	2 aulas	Prof. Jarbas
Cultura Digital	2 aulas	Prof. Aparecida
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Ribamar
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Nilma
Geografia	2 aulas	Prof. Jarbas
História	1 aula	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	2 aulas	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	3 aulas	Prof. Coraline
Linguagens para o Enem	2 aulas	Prof. Coraline
Matemática	3 aulas	Prof. Reginaldo
Matemática para o Enem	2 aulas	Prof. Elizomilson
NTPPS	4 aulas	Prof. Lidianio
Química	1 aula	Prof. Elódia
Redação	2 aulas	Prof. Nilma
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 19 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 3ª Série B

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	2 aulas	Prof. Valéria
Ciências da Natureza para o Enem	2 aulas	Prof. Marisly
Ciências Humanas para o Enem	2 aulas	Prof. Jarbas
Cultura Digital	2 aulas	Prof. Aparecida
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Ribamar
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Lisraelle
Geografia	2 aulas	Prof. Jarbas
História	1 aula	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	2 aulas	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	3 aulas	Prof. Coraline
Linguagens para o Enem	2 aulas	Prof. Paulinho
Matemática	3 aulas	Prof. Reginaldo
Matemática para o Enem	2 aulas	Prof. Elizomilson
NTPPS	4 aulas	Prof. Lidianio
Química	1 aula	Prof. Elódia
Redação	2 aulas	Prof. Nilma
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura

Quadro 20 – Disciplinas, Aulas Semanais e Professores - 3ª Série C

Disciplina	Aulas Semanais	Professor
Arte	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Biologia	2 aulas	Prof. Marisly
Ciências da Natureza para o Enem	2 aulas	Prof. Marisly
Ciências Humanas para o Enem	2 aulas	Prof. Jarbas
Cultura Digital	2 aulas	Prof. Aparecida
Educação Física	1 aula	Prof. Batista
Educação Física II	2 aulas	Prof. Batista
Eletiva I	2 aulas	-
Eletiva II	2 aulas	-
Estudo Orientado	2 aulas	Prof. Ribamar
Filosofia	1 aula	Prof. Danilo
Física	1 aula	Prof. Lisraelle
Formação para Cidadania	1 aula	Prof. Marisly
Geografia	2 aulas	Prof. Jarbas
História	1 aula	Prof. Aparecida
Língua Estrangeira	2 aulas	Prof. Samuel Galvão
Língua Inglesa	1 aula	Prof. Samuel Galvão
Língua Portuguesa	3 aulas	Prof. Coraline
Linguagens para o Enem	2 aulas	Prof. Ana Paula
Matemática	3 aulas	Prof. Reginaldo
Matemática para o Enem	2 aulas	Prof. Elizomilson
NTPPS	4 aulas	Prof. Lidiano
Química	1 aula	Prof. Elódia
Redação	2 aulas	Prof. Nilma
Sociologia	1 aula	Prof. Danilo

Fonte: E.E.M José Francisco de Moura