



## OTIMIZAÇÃO DA GRADE DE HORÁRIOS NO INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS

Thaís Fernandes Oliveira <sup>1</sup>; Luiza Bernardes Real <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Thaís Fernandes Oliveria, Bolsista (IFMG), Bacharelado em Engenharia de Produção, IFMG Campus Congonhas, Congonhas - MG; [tatafernandesoliveira9@gmail.com](mailto:tatafernandesoliveira9@gmail.com)

<sup>2</sup> Luiza Bernardes Real: Pesquisadora do IFMG, Campus Santa Luzia; [luiza.real@ifmg.edu.br](mailto:luiza.real@ifmg.edu.br)

### RESUMO

Este trabalho apresenta a modelagem e implementação de modelos de programação linear inteira para a criação de grades de horários no IFMG - Campus Congonhas, abordando a complexidade do University Course Timetabling Problem (UCTP). Esse problema envolve a alocação eficiente de aulas, professores e disciplinas, considerando múltiplos fatores, como a disponibilidade de salas e horários, regras institucionais e preferências docentes. O objetivo é otimizar esse processo, reduzindo erros e aumentando a eficiência na gestão acadêmica. Dois modelos foram desenvolvidos para atender a essa necessidade. O primeiro modelo busca minimizar a formação de dias com janelas nos horários das disciplinas, enquanto o segundo prioriza o atendimento das preferências docentes, sem comprometer a eficiência do primeiro modelo. Para compreender as necessidades institucionais e as limitações do processo atual, foram realizadas entrevistas com os responsáveis pela elaboração das grades horárias, além de uma análise detalhada das regras e práticas vigentes. As restrições foram classificadas em dois níveis: fortes, essenciais para a viabilidade do modelo, como evitar sobreposições de horários; e fracas, que buscam melhorar os resultados por meio de penalizações, como o atendimento das preferências docentes. A abordagem foi implementada em Python, com uso do IBM® ILOG® CPLEX® para resolver o problema, e inclui uma interface gráfica para facilitar o uso. Os resultados demonstraram melhorias significativas em comparação ao método atual. O primeiro modelo eliminou completamente os dias com janelas, enquanto o segundo distribuiu de forma mais adequada os horários dos docentes, reduzindo o desatendimento às suas preferências. A ferramenta proposta gera uma solução inicial mais alinhada às necessidades da instituição, o que pode reduzir consideravelmente o tempo de ajustes manuais, que com o método atual pode chegar até quinze dias. Essa abordagem torna o processo mais eficiente e prático. A ferramenta desenvolvida mostrou-se eficaz e versátil, atendendo às demandas específicas do campus e apresentando potencial aplicação em outras instituições de ensino.

**PALAVRAS CHAVE:** Problema de programação de horários. Otimização. Programação matemática inteira.

### INTRODUÇÃO:

A elaboração de grades de horários em instituições de ensino é uma tarefa complexa, que surge no início de cada período letivo e impacta diretamente a organização acadêmica e XI Seminário de Iniciação Científica do IFMG – 22 a 24 de agosto de 2023,



administrativa. O problema é conhecido na literatura como University Course Timetabling Problem (UCTP), que envolve a alocação de aulas, professores e disciplinas em salas e horários predefinidos. Fatores como a disponibilidade de recursos, requisitos institucionais, preferências dos docentes e demandas específicas de cada curso ou disciplina torna a resolução desse problema desafiadora (Babaei et al., 2015). Apesar das variáveis envolvidas, muitas instituições ainda geram os horários manualmente, um processo demorado, propenso a erros e que muitas vezes não consegue atender completamente às demandas da instituição, o que leva ao uso ineficiente dos recursos.

O problema do UCTP vem sendo estudado desde 1963, com os primeiros trabalhos de Gotlieb (1963), e desde então, diversos autores contribuíram para o desenvolvimento do problema, propondo abordagens que aprimoram a eficiência e a aplicabilidade das soluções. Daskalaki et al. (2005, 2004) e Rappos (2022) utilizaram métodos exatos, utilizando programação matemática, enquanto Lewis (2008) explorou técnicas heurísticas para obter soluções aproximadas de forma mais rápida. Embora existam diversos modelos na literatura para resolver variações do problema, as características específicas de cada instituição limitam a utilização de modelos genéricos.

Diante disso, este estudo apresenta uma ferramenta baseada em programação inteira para otimizar a criação de grades horárias no IFMG - Campus Congonhas. Atualmente, o processo de alocação é semi-automatizado, utilizando um software comercial para gerar uma versão inicial, mas que requer muitos ajustes manuais devido à limitação do software em atender às necessidades específicas do campus. Assim, a alocação manual dos eventos torna-se um processo complexo e cansativo, podendo levar até quinze dias para ser finalizado.

Assim, este estudo visa proporcionar uma solução prática e eficiente para a elaboração das grades horárias, atendendo às particularidades do IFMG - Campus Congonhas e reduzindo a complexidade do processo. Para isso, dois modelos de otimização foram desenvolvidos. O primeiro modelo tem como objetivo minimizar o número de dias em que a oferta dos créditos de uma mesma matéria ocorre com janelas. O segundo modelo busca reduzir o desatendimento das preferências dos docentes. Esses dois modelos foram combinados de modo que o segundo não prejudique a eficiência do primeiro, garantindo uma alocação que equilibra a otimização dos recursos institucionais e o satisfação dos docentes, com o objetivo de facilitar a gestão acadêmica e aprimorar o uso dos recursos institucionais.

## **METODOLOGIA:**

Com o objetivo de entender o processo e identificar as necessidades específicas de cada curso do campus, foi realizada uma entrevista com o diretor e os responsáveis pela elaboração da grade de horários no IFMG - Congonhas. No momento da pesquisa, o instituto dispõe de 42 salas, das quais 25 são destinadas a atividades teóricas e 17 a aulas práticas. Oferecendo 12 cursos, entre graduações e cursos técnicos integrados, concomitantes e subsequentes, com horários de funcionamento variados.

As turmas de cada semestre, com docentes, salas e especialidades, são definidas pelos departamentos. Cada turma possui informações detalhadas sobre as necessidades de salas e requisitos específicos, como a possibilidade de combinar disciplinas, dividir a turma ou oferecer as aulas de forma sequencial (geminada). Disciplinas combinadas ocorrem quando duas matérias da mesma modalidade podem ser oferecidas juntas. A divisão de turmas acontece quando é necessário alocar dois professores no mesmo horário e para mesma disciplina, separando a turma em atividades teóricas e práticas. As disciplinas geminadas são aquelas que exigem uma distribuição especial dos seus créditos. Por padrão, os créditos de uma disciplina são divididos em duas aulas por dia. No entanto, para disciplinas com mais de dois créditos, como uma de 6 créditos, a distribuição pode ser diferente,



por exemplo, com 4 créditos em um dia e 2 créditos em outro, ao invés de ser dividida em três dias.

Existem regras específicas para a alocação dos professores. As preferências de horário devem ser priorizadas para docentes com restrições de saúde, substitutos ou estudantes. Os professores são distribuídos em quatro tipos de jornadas. Na jornada 3c, o docente leciona por três dias consecutivos, podendo ter aulas em todos os turnos. Na jornada 3, o professor leciona no máximo três dias, que não precisam ser consecutivos, respeitando um intervalo de 12 horas entre a última aula de um dia e a primeira do dia seguinte, e não deve ter aulas nas segundas e sextas-feiras. Na jornada 4, o professor leciona até quatro dias por semana, com no máximo cinco aulas por dia e um intervalo de 15 horas de interstício, sem aulas nos turnos da manhã e noite no mesmo dia. Por fim, a jornada 5 permite aulas concentradas em um único turno, sem limite de dias. Ainda mais, o instituto impõe que preferencialmente, se um docente é alocado na segunda-feira, não deve ter aulas na sexta-feira, e vice-versa.

Quanto aos horários, cada curso possui uma organização específica dentro do período de funcionamento do campus, que vai das 07h30 às 22h30. Os cursos técnicos subsequentes e de graduação ocorrem das 18h50 às 22h30, exceto para algumas disciplinas que tem aulas experimentais a partir das 18h00. Os cursos técnicos integrados começam às 07h30, com término às 11h10 nas quartas-feiras e às 16h50 nos demais dias, com três intervalos. Já os cursos técnicos concomitantes são oferecidos das 14h00 às 17h40, com um intervalo das 15h40 às 16h00.

Neste modelo, foram definidas várias restrições, classificadas como fortes ou fracas. As restrições fortes são condições essenciais que devem ser cumpridas para que a solução seja considerada viável. Por outro lado, as restrições fracas são condições desejáveis que, se não atendidas, resultam em penalizações na função objetivo (MirHassani e Habibi, 2013; Schaerf, 1999).

As restrições fortes consideradas incluem: um professor não pode lecionar duas disciplinas simultaneamente; uma disciplina não deve ser oferecida para a mesma turma ao mesmo tempo, exceto quando houver junção de disciplinas; a quantidade de horários alocados para uma disciplina não pode ultrapassar o número de seus créditos; os créditos de uma disciplina não podem exceder o limite diário; as disciplinas só podem ser ofertadas em um dia e horário caso haja uma sala disponível que atenda às suas necessidades; as disciplinas que exigem junção devem ser oferecidas simultaneamente; disciplinas programadas para às 18h00 devem ser alocadas nesse horário; horários vagos devem ser preenchidos nos últimos horários; os créditos de uma mesma disciplina do curso técnico integrado devem ser alocados em apenas um turno (manhã ou tarde); devem ser atendidas as solicitações de aulas geminadas; aulas remotas devem ser alocadas às sextas-feiras; o professor só pode lecionar na jornada para a qual foi designado; e devem ser atendidos todos os critérios estabelecidos para a jornada em que o professor está alocado. As restrições fracas visam minimizar a oferta de uma mesma disciplina com buracos de horário e reduzir o desatendimento das preferências dos docentes. Caso essas restrições não sejam atendidas, elas penalizam a função objetivo, mas não tornam a solução inviável.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES:**

Os modelos de programação linear inteira desenvolvidos foram implementados em linguagem de programação Python e resolvidos usando o pacote IBM® ILOG® CPLEX® Optimization Studio 22.1.1.0, utilizando dados referentes ao segundo semestre de 2024 para testes e avaliações. A versão atual do código faz a leitura de cinco planilhas: a primeira contém os horários de cada curso; a segunda contém todas as informações necessárias de cada matéria (curso, número de créditos, período, docente, necessidade de laboratório etc); a terceira especifica a quantidade de salas por tipo; a quarta

contém as preferências e os pesos de cada jornada para o professor; a quinta contém as especificidades de cada jornada. Com o objetivo de simplificar o processo e reduzir a possibilidade de erros, foi criada uma interface gráfica. Essa interface, ilustrada na Figura 1, permite que o usuário selecione os arquivos e inicie o solver ao clicar em “Continuar”. Após a resolução, o código gera planilhas em formato “pdf” com os quadros de horários para cada turma e professor.

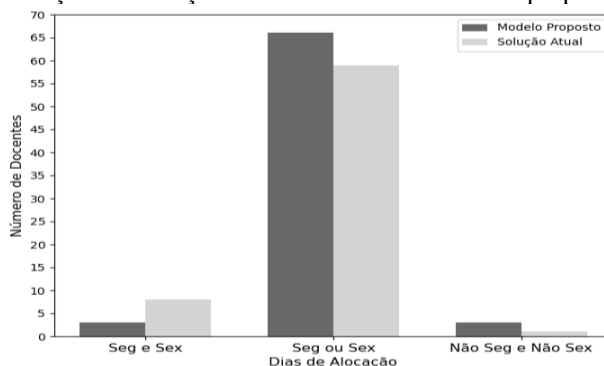
Figura1: Interface de Seleção de Arquivos

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a inicialização do solver, o primeiro modelo processa os dados e gera soluções com menos de um minuto. Esse modelo busca atender às necessidades básicas da instituição, considerando suas particularidades. Além disso, o modelo visa minimizar os dias com formação de lacunas nos horários das disciplinas. Os resultados atendem de forma eficiente às necessidades do campus, sem gerar dias com janelas de horário, enquanto o método atual, apresenta 4 ofertas com janelas.

Por outro lado, o segundo modelo, que é combinado com o primeiro e busca atender também às preferências e necessidades dos docentes, leva em torno de uma hora para processar os dados. Apesar do maior tempo de execução, o modelo é eficaz na alocação de docentes de acordo com suas preferências. O resultado obtido mostra que apenas 3 docentes foram alocados para lecionar na segunda e sexta-feira, enquanto a solução atual da instituição aloca 8 docentes nesses dois dias. Na solução do modelo proposto, 66 docentes foram alocados em apenas um desses dois dias, enquanto na solução atual, 59 docentes apresentaram essa alocação. Isso demonstra que o solver concentra as alocações em apenas segunda ou sexta, de acordo com as regras institucionais. Além disso, no modelo, 1 docente não foi alocado em nenhum desses dois dias, enquanto, na solução atual, 3 docentes ficaram sem alocação nesses dias. O Gráfico 1 a seguir representa esses resultados de forma comparativa.

Gráfico 1: Comparação da distribuição de alocação de docentes entre o modelo proposto e a solução atual da instituição.



Fonte: Elaborado pelos autores.



## CONCLUSÕES:

Este estudo apresentou a modelagem e implementação de dois modelos de programação inteira para a criação de horários no IFMG - Campus Congonhas. Os resultados demonstraram melhorias significativas na alocação de horários, eliminando os dias com janelas nas aulas e atendendo de forma mais eficaz às preferências dos docentes. Em comparação com o método atual, que depende de ajustes manuais e pode levar até quinze dias para ser finalizado, os modelos propostos atenderam à maior parte das necessidades institucionais, o que pode levar a uma redução no tempo necessário para ajustes e aumentar a eficiência ao integrar múltiplos fatores relevantes no processo.

Como trabalhos futuros, sugere-se o desenvolvimento de funcionalidades adicionais na interface gráfica, permitindo maior interação e flexibilidade para os usuários, como ajustes dinâmicos em tempo real e relatórios mais detalhados sobre as alocações geradas. Por fim, a aplicação prática e os resultados obtidos reforçam o valor dessa abordagem para a gestão acadêmica, indicando que a solução proposta não apenas resolve um problema local, mas também contribui com metodologias e ferramentas que podem ser amplamente utilizadas em outras instituições de ensino.

## REFERÊNCIAS

- Babaei, H., Karimpour, J., e Hadidi, A. (2015). A survey of approaches for university course timetabling problem. *Computers & Industrial Engineering*, 86:43–59.
- Daskalaki, S. e Birbas, T. (2005). Efficient solutions for a university timetabling problem through integer programming. *European journal of operational research*, 160(1):106–120.
- Daskalaki, S., Birbas, T., e Housos, E. (2004). An integer programming formulation for a case study in university timetabling. *European journal of operational research*, 153(1):117–135.
- Gotlieb, C. (1963). The construction of class-teacher timetables. In IFIP congress, volume 62, p. 73–77.
- Lewis, R. (2008). A survey of metaheuristic-based techniques for university timetabling problems. *OR spectrum*, 30(1):167–190.
- MirHassani, S. A. e Habibi, F. (2013). Solution approaches to the course timetabling problem. *Artificial Intelligence Review*, 39:133–149.
- Rappos, E., Thiémond, E., Robert, S., e Hêche, J.-F. (2022). A mixed-integer programming approach for solving university course timetabling problems. *Journal of Scheduling*, 25(4):391–404.
- Schaerf, A. (1999). A survey of automated timetabling. *Artificial intelligence review*, 13:87–127.