



ALOCAÇÃO DE PROFESSORES USANDO PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA EM UM PROGRAMA DE MESTRADO E DOUTORADO

Igor de Souza Pereira, Marco Aurelio Carino Bouzada

RESUMO

Este trabalho procura solucionar um problema referente à alocação de professores dentro de uma escala semanal nos programas de Mestrado e Doutorado em Administração da UNIGRANRIO através da Pesquisa Operacional. Depois de uma breve revisão de literatura acerca da Pesquisa Operacional e de algumas de suas aplicações para alocação otimizada no ambiente acadêmico, foi proposta a utilização da técnica de Programação Matemática, com o uso do suplemento Solver do Excel como ferramenta para obtenção da configuração ótima da distribuição semanal de professores, buscando ser o mais uniforme possível ao longo dos dias. A identificação dos aspectos a serem considerados no modelo se deu através de entrevistas com a então responsável pela elaboração manual da escala semanal dos professores que participam dos programas. O modelo construído foi aplicado para o mês de maio de 2023, quando foi possível uma distribuição bastante uniforme, com 7 professores alocados em cada dia da semana e com todas as preferências dos mesmos tendo sido atendidas. O modelo consistiu em uma contribuição teórica, na medida em que contemplou aspectos nem sempre presentes neste tipo de problema, como o objetivo de uniformização ao longo da semana e a obrigação de certos professores serem alocados em determinados dias da semana.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Programação Matemática; Escala semanal; Solver.

1 INTRODUÇÃO

Uma instituição de ensino tem como objetivo proporcionar a divulgação do conhecimento e a formação de um cidadão que colabore para o desenvolvimento da sociedade a partir de suas competências técnicas. Para que ela cumpra sua missão com êxito, é necessário um planejamento estratégico que possibilite à instituição adaptar-se com as rápidas mudanças do mercado, resolvendo desde problemas comuns até os mais complexos, e criar uma perspectiva para o futuro.

Entre esses problemas, percebe-se alguns de alocação de pessoas de maneira frequente, onde há a necessidade de determinação dos horários dos professores, que consiste em um planejamento organizado, levando em conta a disponibilidade de cada professor (pois alguns professores trabalham em mais de uma local), a grade curricular dos cursos, que são adaptadas semestralmente, a utilização de espaços coletivos da instituição e outros fatores. Logo, para evitar conflitos futuros que afetarão a produtividade, esses fatores devem ser analisados e uma escala personalizada, muitas vezes, deve ser criada.

Segundo Pinheiro e Oliveira (2001) o problema de construção de carga horária vem sendo abordado desde a década de 60, sendo que os primeiros trabalhos a se destacarem foram realizados na década de 80.



Mas, apesar de existirem modelos e formas clássicas de determinação de horários, é importante ressaltar que com o dinamismo do mercado e agora com o recente evento da pandemia do Covid-19, que destacou a cultura do trabalho *home office*, fazendo com que muitas empresas adotassem permanentemente o modelo de trabalho híbrido (parte presencial, parte remoto) por causa da sua flexibilidade e economia, a distribuição de atividades dos professores adquiriu muitas especificidades em relação aos modelos prontos de distribuição de horários, que não são mais suficientes para suprir os objetivos definidos por algumas organizações. De acordo com Schaerf (1999), solucionar o problema manualmente, quase sempre, exige muito tempo de trabalho, com o agravante de ainda acabar encontrando uma solução inadequada.

Tendo em vista a pressão que ocorre para preparar todo funcionamento educacional em um curto período, pois impacta diretamente no dia a dia de professores e alunos, a busca pela otimização de tempo nessas tarefas se tornou essencial para as instituições de ensino. Também por isso, uma das áreas de conhecimento dentro da Engenharia e da Administração de Empresa, a Pesquisa Operacional que, de acordo com Oliveira, 2010, p. 253, “é a metodologia administrativa estruturada que possibilita a otimização das equipes multidisciplinares nas questões inerentes ao planejamento, à solução de problemas e ao processo de tomada de decisões nas organizações”, desenvolveu modelos para solucionar a determinação de horários dos professores de modo eficiente e que economize o máximo de tempo possível.

Segundo Lachtermacher (2004), a Pesquisa Operacional pode ser aplicada para auxiliar nos processos decisórios, como por exemplo: problemas de otimização de recursos, problemas de localização, problemas de roteirização, problemas de carteiras de investimento, problemas de alocação de pessoas e problemas de previsão e planejamento.

Schaerf (1999) destaca que uma enorme diversidade de problemas de programação de horário tem sido apresentada na literatura, distinguindo entre si com base no tipo de instituições envolvidas, e no tipo de restrições identificadas. Exemplos podem ser encontrados nos trabalhos de Mata(1989), Costa (1994), Colorni, Dorigo e Maniezzo (1998), Souza, Maculan e Ochi (2001), Bruna, Costa e Pozo (2004), Chimelli, Ribas e Santos (2018), dentre outros.

Nos últimos 50 anos, a comunidade científica vem construindo, através da pesquisa operacional, modelos que auxiliem no processo de alocação de professores dentro de uma escala de horários sob as variadas restrições determinadas pelas instituições de ensino e outros fatores externos, como, por exemplo, a disponibilidade de dados precisos e confiáveis.

Mas, em algumas instituições e cursos/programas específicos, a situação apresenta peculiaridades que modelos genéricos são incapazes de abordar adequadamente. Por exemplo, nos programas de Mestrado e Doutorado em Administração da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), a maioria do corpo de docente trabalha três dias de forma presencial e outros dois de forma remota. Alguns, no entanto, trabalham apenas dois dias presenciais (por terem menor carga horário no programa ou por atuarem também na pós-graduação *stricto sensu*, caso em que seus dias presenciais no programa não podem coincidir com os dias de aula online na pós). Além disso, os dias em que o professor tem aula no programa devem fazer parte, obrigatoriamente, da sua escala. E a coordenação, dentro do possível, tenta sempre atender as preferências pessoais dos professores.



Martins (2010) enfatiza que um quadro de horários que desobedece, por exemplo, alguma restrição em relação a conflitos de horários, não expressa uma solução adequada para o problema, pois não atende às necessidades. Porém, uma solução que concedeu a um professor o trabalho em um período pelo qual este não tenha preferência, continua sendo uma solução possível.

Neste trabalho, buscou-se, então, montar um modelo capaz de auxiliar, de forma automática, a coordenação dos programas mencionados a montar uma escala semanal com plano de trabalho dos professores, atualizável mês a mês em função das mudanças das especificidades indicadas nos parágrafos anteriores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR

Segundo Moore e Weatherford (2005), a programação linear (PL) tem sido bastante utilizada desde a década de 1940 pelos militares e até hoje, muitas empresas se beneficiam do seu uso. Para Shamblin e Stevens Jr (1979, p. 263), a programação linear é “um meio matemático de designar um montante fixo de recursos que satisfaça certa demanda de tal modo que alguma função-objetivo seja otimizada e ainda se satisfaça a outras condições definidas”. Loesch e Hein (2009) afirmam que todo modelo de programação linear pode ser descrito mediante uma função objetivo e um conjunto de restrições, todas lineares.

Hillier e Lieberman (2013) realçam que, apesar da alocação de recursos para atividades ser o tipo mais comum de aplicação, a PL possui inúmeras outras aplicações importantes. A alocação de professores é uma delas, conforme sugere a ampla gama de trabalhos apresentados por Almeida et al. (2015).

2.2 O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE PROFESSORES DENTRO DE UMA ESCALA DE HORÁRIOS

O problema de alocação de professores dentro de uma escala de horários é amplamente conhecido pela sua complexidade dada a necessidade de conciliar vários fatores como aulas, disponibilidade, entre outros. Uma grande variedade de problemas de alocação têm sido descritos no meio científico e vários caminhos para a solução destes problemas têm sido propostos, trabalhando, inclusive, com abordagens diferentes das técnicas de programação matemática utilizadas frequentemente. Os parágrafos a seguir ilustram alguns exemplos.

Souza, Maculan e Ochi (2001) trabalham o problema da designação de professores utilizando o procedimento GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedures), onde a solução é gerada por um algoritmo parcialmente guloso e o refinamento é realizado utilizando o algoritmo Busca Tabu.

Costa (2003) se propõe a desenvolver uma ferramenta capaz de otimizar a resolução do problema de programação de horários em uma escola pública de ensino médio. No estudo foram consideradas 11 turmas atendidas por 23 professores. No método híbrido a solução inicial do problema é gerada sucessivamente através da aplicação da fase construtiva da



meta-heurística GRASP, no entanto o processo de melhoria da solução é realizado pelo método Busca Tabu. Por fim é realizada uma comparação entre soluções obtidas utilizando o método GRASP aliado a Busca Tabu e soluções obtidas utilizando a Busca Tabu a partir de soluções aleatórias.

Fonseca, Ribeiro e Martins (2011) pretendem realizar a redução do problema da programação de horários escolares ao problema da satisfazibilidade de uma fórmula da lógica proposicional (SAT), submeter a fórmula para resolução usando um resolvidor SAT e otimizar a solução encontrada pelo resolvidor SAT através de uma variante da metaheurística Busca Tabu.

Menezes Junior (2017) propõe desenvolver um protótipo de um produto de software para o problema de alocação de horários de instituições universitárias. Para efeito de testes e avaliações será utilizada como instância real o IFMG campus Formiga. A proposta consiste em aplicar a meta-heurística GRASP (Greed Randomize Adaptative Search Procedures), fazendo variações em sua busca local com as meta-heurísticas de Simulated Annealing e de Tabu Search.

Dantas (2018) utiliza uma abordagem metaheurística para o problema de alocação de horário escolar no IFRN, desenvolvendo e validando um algoritmo, a partir da criação de datasets específicos do IFRN, que assegure a geração de grades de horários sem qualquer conflito, satisfazendo todas as restrições de viabilidade e em tempo computacional factível;

Ovani (2019) aborda a otimização da alocação dos horários das aulas do IFES – Campus Colatina utilizando a metaheurística GRASP (Greedy Randomized Adaptive Search Procedure - Procedimento de Busca Aleatória, Adaptativa e Gulosa), que após análises, desenvolvimento, parametrização e testes apresentou resultados satisfatórios na otimização da alocação dos horários das aulas.

Awad, Al-Kubaisi e Mahmood (2022) apresentam o problema de tabela de horários de cursos universitários examinados usando um algoritmo adaptativo de busca tabu para aprimorar a solução viável inicial. Onze conjuntos de dados de referência apresentados por Socha et al. são empregados para testar esta abordagem.

Sun e Wu (2023) apresentam o algoritmo de busca tabu de duas fases para resolver problemas de horários do ensino médio chinês sob a nova reforma do vestibular. O algoritmo proposto usa as características do modelo de coloração de grafos para eliminar cálculos redundantes no processo de busca na vizinhança, melhorando assim efetivamente a eficiência computacional. Quinze instâncias práticas de diferentes escalas foram selecionadas para teste para verificar a eficácia do algoritmo.

2.2.1. Métodos de resolução do problema com programação matemática

A pesquisa operacional oferece soluções eficientes e eficazes, a partir de uma programação matemática e analítica que busca otimizar processos e tomar decisões baseadas em dados. Neste contexto, a pesquisa operacional pode ser aplicada para resolver problemas de alocação de professores, considerando múltiplos critérios, como disponibilidade de recursos e objetivos institucionais. Diversos trabalhos foram resolvidos com a utilização da programação matemática, alguns dos quais destacados nos parágrafos seguintes.

Mata (1989) apresenta e aplica um modelo de programação linear e o modelo de



programação heurístico para o tratamento do problema da tabela de horário na escola de segundo grau, realizando uma comparação dos resultados obtidos.

Costa (1994) lida com a modelagem matemática para o problema de designação de professores no Colégio da Polícia Militar do Paraná – Curitiba, resolvendo o problema no software GAMS.

Colorni, Dorigo e Maniezzo (1998) aplicam e realizam comparação entre os algoritmos Simulate Annealing, Busca Tabu e duas versões do Algoritmo Genético (com e sem busca local) ao problema de designação de professores em escola padrão da Itália.

Hamawaki (2005) busca criar um aplicativo para a geração automática de horário de uma instituição de ensino superior, levando em consideração a limitação dos recursos, utilizando Algoritmos Genéticos para alcançar uma solução viável.

O aplicativo é constituído dos seguintes componentes: algoritmo genético, responsável pela implementação das operações genéticas (seleção, elitismo, mutação, cruzamento e cálculo de aptidão) e também pelo processo como um todo; base de dados, local onde é armazenado o conhecimento necessário para processamento do problema em questão; lista de disciplinas, professores e suas correspondências; restrições de dias e horários para cada aula; número de dias na semana e preferências de dias e horários de cada professor.

Lara (2007) trata em seu trabalho sobre a alocação de professores em instituições de ensino superior. A autora descreve dois modelos de otimização linear para resolver o problema de alocação de forma eficiente, sendo um aplicável para o cenário com um único campus e o outro para o cenário multicampi. O modelo é estruturado a partir de um processo pré-definido para a construção de quadro de horários, atuando na última fase para realizar a alocação de professores.

Gall e Silva (2016) abordam o problema de alocação de horários de professores e turmas, tendo como estudo de caso o curso de Ciência da Computação da Universidade Federal Fluminense de Rio das Ostras, através de uma formulação matemática, com o intuito de gerar uma melhor distribuição de turmas e professores no quadro de horários. Para validar essa proposição, a formulação foi aplicada a uma amostra de 10 grupos de turmas, 27 professores e 60 disciplinas.

Chimelli, Ribas e Santos (2018) buscam a otimização do processo de alocação de professores do curso de engenharia de produção em instituições de ensino superior utilizando a interface GUSEK (GLPK Under Scite Extended Kit), que é um aplicativo que traz uma interface para o usuário programar a modelagem matemática, bem como a inserção de dados para o modelo resolver.

Câmara (2018) busca desenvolver e a implementar um sistema que recorre da programação por restrições que permita aos professores definir as suas preferências e que seja capaz de atribuir automaticamente os professores a unidades curriculares e respectivos tipos de aulas. O sistema suporta vários tipos de preferências e é modular para que mais preferências possam ser facilmente adicionadas no futuro. O sistema também permite que a solução fornecida seja posteriormente editada manualmente, caso seja necessário.

Andrade, Steiner e Góes (2019) desenvolvem uma ferramenta que faz uso de técnicas de Pesquisa Operacional (PO), com foco na geração e otimização de grade horária de instituições de Ensino Fundamental, considerando as preferências dos professores, tais como, preferências por dias de aula e por aulas em sequência (geminadas). Para a resolução do



problema foi utilizado um modelo matemático de Programação Não Linear Inteira Binária (PNLIB) e os procedimentos Busca Local (BL) e Iterated Local Search (ILS), comparativamente. Foi aqui analisado um problema real com 14 grades horárias de escolas públicas da cidade de Araucária, PR.

Costa (2019) busca desenvolver um software desktop utilizando métodos da Computação Evolutiva, os Algoritmos Genéticos para sistematizar o horário de professores na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Osvaldo Cruz de Capitão Poço - PA.

Saleh, Ali e Jamian (2020) propõem uma abordagem para alocar a carga de ensino para cursos em grupo utilizando programação inteira, que é capaz de otimizar a alocação de ensino ao mesmo tempo em que satisfaz as preferências do corpo docente e baseada em políticas do departamento como restrições. Os dados primários foram coletados utilizando um formulário do Google entre 12 professores com 8 cursos e 45 aulas em grupo consideradas. Uma solução viável é obtida utilizando o software LINGO unlimited e o modelo serve como a melhor ferramenta para ajudar o chefe do departamento a alocar a carga de trabalho de ensino.

Demiro (2022) aplica a técnica de algoritmo genético ao problema da montagem de horários acadêmicos com a disponibilidade restrita de professores, e utiliza a base de dados provenientes do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), localizada na cidade de Caicó, como conjunto de entrada.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho, as metodologias empregadas foram a modelagem matemática e o estudo de caso sobre a alocação de professores dentro de uma escala semanal nos programas de Mestrado e Doutorado em Administração da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO). Atualmente, a distribuição dos professores é realizada de modo manual, baseada na experiência, na tentativa-e-erro e na comunicação da coordenadora com os professores do programa.

O problema desta pesquisa consiste em programar, de forma eficaz, a alocação de professores da Universidade do Grande Rio, atendendo às demandas semanais e minimizando o tempo que a coordenadora gasta realizando a tarefa e maximizando a utilidade (equilíbrio ao longo dos dias da semana e preferências dos professores) na distribuição dos professores pela semana.

A coleta dos dados para o estudo de caso foi realizada por entrevista com a responsável pelo desenvolvimento manual da escala, quando o processo de produção e situações que podem modificar o modelo criado foram expostas, como, por exemplo:

- a) há uma escala de aulas presenciais, que contam obrigatoriamente com a presença de determinados professores na universidade nesses dias;
- b) há uma escala de de aulas online, que contam obrigatoriamente com a presença de determinados professores no ambiente virtual, proibindo, desse modo, a alocação presencial desse professor no dia indicado;
- C) a criação da escala busca uma distribuição uniforme de professores para atender cada dia indicado na semana e a equipe envolvida no processo tenta evitar, atualmente, a alocação de docentes na sexta-feira por causa do trânsito na região.

Para a modelagem matemática, usou-se a técnica de programação linear (mais



especificamente, seu caso particular, a programação binária) para estabelecer o modelo matemático que viabilize a otimização das alocações semanais, diminuindo o tempo gasto de criação da escala. A otimização do modelo se deu através da ferramenta Solver do Excel. A metodologia adotada na modelagem envolveu a seguinte sistemática:

1. Definir as variáveis de decisão;
2. Construir a função-objetivo;
3. Definir as restrições.

Na primeira etapa, foram criadas duas planilhas, sendo que a primeira tem como objetivo servir como a interface para que o usuário adicione os critérios – carga semanal e dia preferencial de cada professor e impedimentos e obrigatoriedades por conta dos tópicos apontados anteriormente – que originarão o resultado desejado; já a segunda planilha abrigará a modelagem do problema e a sua otimização.

Após a coleta de dados e definição da modelagem, a próxima seção consiste na elaboração detalhada do modelo, sua otimização para a parametrização do mês de maio de 2023 e apresentação dos resultados, juntamente com sua interpretação e validação quanto à aderência em relação aos parâmetros estabelecidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ELABORAÇÃO DO MODELO

A tabela a seguir foi criada na primeira planilha, onde será feita toda interação da coordenadora do programa com o sistema, com as seguintes informações a serem preenchidas para cada um dos 11 professores do programa: Escala, Obrigação (1 e 2), Proibição (1 e 2), Proibição 3 e Preferências.

Na Escala, é informado o número de vezes que cada professor deverá comparecer presencialmente na universidade por semana, sabendo que a maioria do corpo de docente trabalha três dias de forma presencial (os com carga de 40 horas semanais) e alguns trabalham apenas dois dias presenciais (os com carga de 20 horas ou com atuação na pós *lato sensu online*).

A Obrigação (1 e 2) está relacionado com o planejamento de aulas presenciais de cada professor, sendo assim, é informado o dia da semana que eles têm que estar presentes na universidade, ao contrário da Proibição (1 e 2), que são os dias que eles devem focar em suas aulas online, não permitindo a alocação nesses dias.

A Proibição 3 se refere, atualmente, à sexta-feira, dia em que a coordenação, através de uma análise, verificou um certo obstáculo em relação à movimentação dos professores de suas casas para a universidade e vice-versa, decidindo, assim, evitar a alocação neste dia.

Por último, a Preferência é o campo onde é considerado o dia que os professores desejam estar presentes na universidade, além dos dias obrigatórios.

Os dias da semana são representados na tabela da seguinte maneira: 2-Segunda, 3-Terça, 4-Quarta, 5-Quinta e 6-Sexta.

A Tabela 1 a seguir mostra um exemplo de preenchimento destes parâmetros.

Na planilha principal, foram criadas 3 tabelas: tabela de variável de decisões, tabela de verificação dos parâmetros e a tabela de restrições.



A tabela de variável de decisões é onde ocorre a distribuição das alocações de forma binária, sendo 1- professor alocado naquele dia da semana e 0- não alocado. No final da coluna que representa cada dia da semana, é feito o somatório do número de alocações naquele dia, conforme revelado na Tabela 2 a seguir.

Além disso, foi determinada uma função-objetivo (a ser maximizada) que priorizasse a alocação mais uniforme, calculando o menor valor de alocações dentre os dias da semana (de segunda a quinta), com peso 10, e também o número de preferências dos professores atendidas, com peso 1, funcionando mais como um critério de desempate.

Tabela 1 - Parâmetros

	Escala	Obrigação 1	Obrigação 2	Proibição 1	Proibição 2	Proibição 3	Preferência
Professor 1	3	2	4	3	0	6	0
Professor 2	3	3	0	2	0	6	0
Professor 3	2	2	5	3	0	6	0
Professor 4	2	3	5	4	0	6	0
Professor 5	3	4	0	0	2	6	5
Professor 6	2	2	0	0	0	6	0
Professor 7	3	3	4	0	0	6	0
Professor 8	3	3	4	0	0	6	0
Professor 9	2	3	5	0	0	6	0
Professor 10	2	2	5	0	0	6	0
Professor 11	3	5	0	0	0	6	3
Total	28						

Fonte: Elaboração própria (2023).

Tabela 2 - Variável de decisões e função-objetivo

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Professor 1	1	0	1	1	0
Professor 2	0	1	1	1	0
Professor 3	1	0	0	1	0
Professor 4	0	1	0	1	0
Professor 5	0	1	1	1	0
Professor 6	1	1	0	0	0
Professor 7	1	1	1	0	0
Professor 8	1	1	1	0	0
Professor 9	0	1	0	1	0
Professor 10	1	0	0	1	0
Professor 11	0	1	1	1	0
Total	6	8	6	8	0
Função-objetivo: Utilidade (uniformização das alocações ao longo da semana + preferências)	62				

Fonte: Elaboração própria (2023).



A tabela de verificação dos parâmetros é uma tabela, em sua maioria binária, que verifica se os dados da tabela de variável de decisões estão obedecendo os critérios (preferências, obrigações, proibições e escala) colocados na tabela criada na planilha de parâmetros. É a partir dessa tabela que são feitas as consolidações das obrigações e proibições utilizadas nas restrições.

Na Tabela 3 a seguir, os professores 5 e 11 são os únicos com seu dia preferencial atendido, o professor 3 não está com a sua primeira obrigação atendida e o professor 7 está sendo alocado em um dia proibido para ele.

Tabela 3 - Verificação dos parâmetros

	Preferência	Obrigação 1	Obrigação 2	Proibição 1	Proibição 2	Proibição 3	Escala
Professor 1	0	1	1	0	0	0	3
Professor 2	0	1	1	0	0	0	3
Professor 3	0	0	1	0	0	0	1
Professor 4	0	1	1	0	0	0	2
Professor 5	1	1	1	0	0	0	3
Professor 6	0	1	1	0	0	0	2
Professor 7	0	1	1	1	0	0	3
Professor 8	0	1	1	0	0	0	3
Professor 9	0	1	1	0	0	0	2
Professor 10	0	1	1	0	0	0	2
Professor 11	1	1	1	0	0	0	3

Fonte: Elaboração própria (2023).

Em relação às restrições, foram inseridas na planilha do Excel, para posterior utilização do Solver: a quantidade de alocações na semana de cada professor tendo que ser igual ao valor informado na sua escala (2 ou 3), o produto das obrigações 1 (e 2) tendo que ser igual a 1, forçando todas as obrigações a serem atendidas, e o somatório de todas as proibições 1 (e 2 e 3) tendo que ser igual a zero, forçando que nenhuma das alocações proibidas aconteça.

Essa composição das restrições pode ser visualizada na Tabela 4 a seguir.



Tabela 4 - Restrições

Restrições:			
Professor 1	3	=	3
Professor 2	3	=	3
Professor 3	2	=	2
Professor 4	2	=	2
Professor 5	3	=	3
Professor 6	2	=	2
Professor 7	3	=	3
Professor 8	3	=	3
Professor 9	2	=	2
Professor 10	2	=	2
Professor 11	3	=	3
Obrigação 1	1	=	1
Obrigação 2	1	=	1
Proibição 1	0	=	0
Proibição 2	0	=	0
Proibição 3	0	=	0

Fonte: Elaboração própria (2023).

Após a modelagem, a otimização pode ser realizada utilizando o Solver do Excel, incluindo as restrições acima listadas, além da restrição de números binários para as variáveis de decisão indicadas na Tabela 2 anterior. A função-objetivo a ser maximizada foi indicada anteriormente.

4.2 APRESENTAÇÃO DO RESULTADO

Levando-se em consideração as premissas levantadas, chegou-se à primeira solução de alocação de professores com o uso da ferramenta Solver no Excel utilizando a parametrização do mês de maio de 2023. Nessa primeira modelagem válida, foi preenchida com números inteiros a planilha de parâmetros com variáveis ajustáveis, correspondendo a escala, obrigações, proibições e preferências de cada professor no mês de maio para servir como base para a planilha onde está empregada a ferramenta Solver. A tabela 5 a seguir traz a parametrização do mês de maio adicionada no modelo, considerando que os números colocados nas obrigações, proibições e preferências representam dias da semana (2 = segunda-feira; 6 = sexta-feira), diferentemente da escala onde representa a quantidade de dias que cada professor deve comparecer presencialmente.



Tabela 5 - Parametrização de maio de 2023

	Escala	Obrigação 1	Obrigação 2	Proibição 1	Proibição 2	Proibição 3	Preferência
Professor 1	3	3	0	2	0	6	0
Professor 2	2	3	0	0	0	6	2
Professor 3	2	2	0	3	5	6	0
Professor 4	2	2	0	3	5	6	0
Professor 5	3	2	5	4	0	6	5
Professor 6	2	3	0	4	2	6	0
Professor 7	3	3	0	0	0	6	0
Professor 8	3	4	3	0	0	6	0
Professor 9	2	5	0	3	0	6	0
Professor 10	3	5	0	0	0	6	0
Professor 11	3	2	0	0	0	6	3

Fonte: Elaboração própria (2023).

Logo após, foi executado o Solver para decidir em quais os dias da semana cada professor deveria ser alocado. Para tal, tomou-se como base as restrições colocadas na etapa anterior e utilizou a planilha modelo para a distribuição através dos números binários para as variáveis de decisão, que alocou a melhor quantidade de professores dentro da escala para satisfazer o modelo de uma única vez.

A célula objetivo priorizou ter uma distribuição o mais uniforme possível, alocando, dessa maneira, 7 professores em cada dia disponível. Por este motivo, sua composição foi igual à menor quantidade de alocações dentre os dias de semana válidos, multiplicada pelo peso 10, mais a soma das preferências atendidas (no caso, todas as 3 indicadas: professor 2 na segunda-feira, professor 5 na quinta-feira e professor 11 na terça-feira), resultando no valor 73.

Com isto, procurou-se tentar atender as restrições pré-estabelecidas e, se possível, as preferências. As tabelas 6 e 7 a seguir trazem o detalhamento das configurações válidas encontradas, nesta primeira solução.

Como pode ser observado, todas as restrições foram atendidas: a quantidade de alocações de cada professor na semana, as alocações obrigatórias de todos os professores, assim como nenhuma alocação nos dias proibidos para os professores.

Na última fase desta solução, foi feita a elaboração de uma tabela com o resultado final da distribuição do Solver, detalhando a alocação de cada professor nos dias da semana, conforme pode ser visto na Tabela 6 a seguir.



Tabela 6 - Distribuição de professores e função-objetivo

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Professor 1	0	1	1	1	1	0
Professor 2	1	1	0	0	0	0
Professor 3	1	0	1	0	0	0
Professor 4	1	0	1	0	0	0
Professor 5	1	1	0	1	0	0
Professor 6	0	1	0	1	0	0
Professor 7	0	1	1	1	1	0
Professor 8	1	1	1	0	0	0
Professor 9	0	0	1	1	0	0
Professor 10	1	0	1	1	0	0
Professor 11	1	1	0	1	0	0
Total	7	7	7	7	7	0
Função-objetivo: Utilidade (uniformização das alocações ao longo da semana + preferências)	73					

Fonte: Elaboração própria (2023).

Tabela 7 - Restrições atendidas

Restrições	Restrições	Restrições	Restrições
Professor 1	3	=	3
Professor 2	2	=	2
Professor 3	2	=	2
Professor 4	2	=	2
Professor 5	3	=	3
Professor 6	2	=	2
Professor 7	3	=	3
Professor 8	3	=	3
Professor 9	2	=	2
Professor 10	3	=	3
Professor 11	3	=	3
Obrigação 1	1	=	1
Obrigação 2	1	=	1
Proibição 1	0	=	0
Proibição 2	0	=	0
Proibição 3	0	=	0

Fonte: Elaboração própria (2023).



Tabela 8 - Resultado final

SEG	TER	QUA	QUI	SEX
	Professor 1	Professor 1	Professor 1	
Professor 2	Professor 2			
Professor 3		Professor 3		
Professor 4		Professor 4		
Professor 5	Professor 5		Professor 5	
	Professor 6		Professor 6	
	Professor 7	Professor 7	Professor 7	
Professor 8	Professor 8	Professor 8		
		Professor 9	Professor 9	
Professor 10		Professor 10	Professor 10	
Professor 11	Professor 11		Professor 11	

Fonte: Elaboração própria (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de programação matemática para otimizar o processo de distribuição de professores em uma escala semanal, buscando minimizar o número de conflitos em relação à disponibilidade de cada professor, a grade curricular dos cursos e outros fatores. Para isso, foram utilizados dados reais dos programas de Mestrado e Doutorado em Administração da Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO), levando em consideração as restrições e demandas específicas da coordenação.

O presente estudo apresentou uma abordagem sistemática para a distribuição de professores em uma escala semanal, baseada em técnicas de programação matemática, mais especificamente a programação binária. Foram discutidos os principais desafios envolvidos no processo de alocação de professores, tais como a disponibilidade de recursos e a complexidade das preferências individuais dos docentes, e os trabalhos realizados na comunidade científica para vencer esses desafios. A partir disso, buscou-se criar um modelo utilizando a ferramenta Solver do Excel que encontra uma solução ótima para o problema de distribuição, de forma a garantir a efetividade do processo, realizando, em segundos, uma tarefa que exige muito trabalho.

A criação do modelo proposto se deu a partir da coleta dos dados realizada por entrevista com a responsável pelo desenvolvimento manual da escala, tendo sua estruturação a partir de planilhas do Excel que serviram como a interface, para que o usuário adicione os critérios que originarão o resultado desejado; a modelagem do problema e a sua otimização através da ferramenta Solver. O modelo foi otimizado e executado com base nos parâmetros de maio de 2023, resultando na alocação conforme a tabela 8, apresentada anteriormente.

Este trabalho demonstrou a aplicabilidade da programação matemática para a resolução da distribuição de professores em uma escala semanal. Ao utilizar um modelo matemático de programação, é possível obter uma solução ótima para o problema, atendendo às restrições e demandas de maneira eficiente, resolvendo o principal problema da coordenação, que era o gasto de tempo excessivo para a montagem da escala, caracterizando a



principal contribuição prática deste trabalho.

O modelo matemático proposto permitiu a representação de um sistema complexo de restrições e variáveis relacionadas às obrigações e preferências dos professores, possibilitando a obtenção de uma solução ótima para o problema em questão. A aplicação da programação matemática neste contexto possibilitou uma distribuição de professores mais equilibrada através da função objetivo, possibilitando uma gestão mais eficiente. Ao consultar o referencial teórico, não foi possível identificar nos trabalhos correlatos mais recentes uma preocupação com essa alocação uniforme ao longo da semana, até por se tratar de uma situação relativamente nova oriunda da escala híbrida de trabalho pós-pandemia.

Com base no mesmo referencial teórico pesquisado, é perceptível que outro aspecto contemplado no modelo aqui apresentado também pode ser caracterizado como uma contribuição teórica inovadora: a questão das obrigações de alocação de professores em determinados dias da semana. Já as preferências são abordadas em alguns trabalhos recentes, como, por exemplo, os de Hamawaki (2005) e Câmara (2018).

A resolução do problema real com o uso do Excel permitiu que se chegasse a uma visão acerca das limitações da ferramenta Solver. A principal limitação encontrada no modelo foi a existência de relações não lineares, fazendo com que não se possa garantir uma solução ótima na primeira tentativa de otimização. Dependendo do ponto inicial de partida do Solver, ele pode caminhar para soluções “ótimas” diferentes, consistindo em ótimos locais, mas não necessariamente o ótimo global. Sabendo disso, é recomendável o usuário partir de soluções iniciais diferentes para analisar se elas convergem ou não para o mesmo resultado.

Como indicação para pesquisas futuras, sugere-se buscar desenvolver um modelo apenas com relações lineares, que trariam uma garantia maior de obtenção de uma solução ótima global. Adicionalmente, fica a sugestão de se tentar modelar tais problemas de distribuição de funcionários em uma escala de horários, utilizando programação matemática, mas no ambiente empresarial em vez do acadêmico, que também passou a contar com escalas híbridas de trabalho na realidade pós-pandemia.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. M.; SILVEIRA, F. S.; CARVALHO, L.; MARTINS, L. A.; SILVA, T. **Revisão de literatura: aplicações de programação linear em problemas de designação em instituições de ensino.** IX EEPA, 2015.

ANDRADE, P. R. L., STEINER, M. T. A., & GÓES, A. R. T. (2019). **Optimization in timetabling in schools using a mathematical model, local search and Iterated Local Search procedures.** *Gestão & Produção*, 26(4), e3421. <https://doi.org/10.1590/0104-530X3241-19>

AWAD F. H.; AL-KUBAISI, A.; MAHMOOD, M. **Large-scale timetabling problems with adaptive tabu search.** De Gruyter, *Journal of Intelligent Systems*, 2022.

CÂMARA P. M. V. **Teacher Assignment Problem at DEI.** Porto, 2018. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Informática e Computação para à FEUP.



CHIMELLI, B.; RIBAS, P. C.; SANTOS, D. R. **Otimização do processo de alocação de professores do curso de engenharia de produção em ies utilizando a interface gusek.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXVIII, Maceió-Alagoas. 2018.

COSTA, D. M. B. **Distribuição das cargas horárias de professores numa instituição de ensino.** Curitiba, 1994. 55 f. Monografia (Especialização em Matemática Aplicada) – Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

COSTA F. P. **Programação de Horários em Escolas via GRASP e Busca Tabu.** Ouro Preto, 2003. Monografia de graduação em Engenharia de Produção

COSTA, J. C. C. **Algoritmos genéticos para alocação da grade de professores da escola Osvaldo Cruz do município de Capitão Poço.** Capitão Poço, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à UFRA – Campus Capitão Poço, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Computação.

COLORNI, A.; DORIGO, M.; MANIEZZO, V. **Metaheuristics for high school timetabling.** In: Computational Optimization and Applications, 9, Kluwer Acad. Publ., Dodrecht, NL, p 275-298. 1998.

DANTAS L. H. A. **Uma abordagem metaheurística para o problema de alocação de horário escolar no IFRN.** Natal, 2018. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Software da UFRN como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Software.

DEMIRO M. P. S. **Alocação otimizada de horários acadêmicos com disponibilidade restrita de professores usando algoritmos genéticos.** Recife, 2022. Artigo apresentado ao Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

FONSECA, G. H. G.; RIBEIRO, R. G.; MARTINS, F. V. C. **Uma abordagem híbrida de sat e busca tabu para o problema da programação de horários escolares.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. Ubatuba, 2011.

GALL, A. F. N.; SILVA, A. R. V. **Alocação de horários de professores e turmas em um curso universitário.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL. Vitória, 2016.

HAMAWAKI, CRISTIANE D. L. **Geração Automática de Grade Horária Usando Algoritmos Genéticos: O Caso da Faculdade de Engenharia Elétrica da UFU,** Uberlândia, FEELT – UFU, 2005.



HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. Tradução de Ariovaldo Griesi. Revisão técnica Pierre J. Ehrlich. 9. ed. São Paulo: Amgh Editora Ltda, 2013. 1005 p.

MENEZES JUNIOR, C. J. **Artorias: solução para o problema de alocação de horários universitários**. Monografia do trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal Minas Gerais - Campus Formiga, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação. Formiga, 2017.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional Na Tomada De Decisões**, 2ª edição; editora Campus; São Paulo/SP; p.26 – 261; 2004.

LARA, B. **Alocação de professores em instituições de ensino superior: um modelo matemático para o problema de único campus e para o multicampi**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 39., 2007, Fortaleza. SOBRAPO, 2007.

LOESCH, C.; HEIN, N. **Pesquisa Operacional: Fundamentos e Modelos**. São Paulo: Saraiva, 2009. 248 p.

MATA, S. S. **O problema de horário na escola de segundo grau, modelagem e implementação.**, Master 's thesis, Dissertação de mestrado, Programa de Engenharia de Sistema e Computação, COPPE/UFRJ, Janeiro (1989).

MARTINS, J. P. **O Problema do Agendamento Semanal de Aulas**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Computação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

MOORE, J.; WEATHERFORD, L. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

OLIVEIRA, R. M. S. et al. **Engenharia de Produção: tópicos e aplicações**. Belém: EDUEPA, 2010.

OVANI, H. R. **Alocação de horário acadêmico com utilização da metaheurística GRASP**. Pós-graduação lato sensu em Conectividade e Tecnologias da Informação- IFES. Colatina, 2019.

PINHEIRO, P.R.; OLIVEIRA, J.A. **Um ambiente de apoio à construção de horário escolar na WEB: modelagem, implementação e aplicação nas escolas de ensino médio**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, XXXIII, Campos do Jordão-SP. 2001.

SALEH, S. S. M.; ALI, N. A.; JAMIAN, N. H. **The Department Team Teaching Assignment Problem Using Zero-One Integer Programming**. Journal of Computing Research and Innovation (JCRINN) Vol. 5 No. 1 (2020).



SOUZA, M. J. F.; MACULAN, N; OCHI, L. S. **Uma heurística para o problema de programação de horários em escolas.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, XXIII, São Carlos-SP. 2001.

SUN, Z.; WU, Q. **Two-phase tabu search algorithm for solving Chinese high school timetabling problems under the new college entrance examination reform.** 2023
<https://doi.org/10.1016/j.dsm.2023.02.001>

SCHAERF, A. **A survey of automated timetabling.** Artificial intelligence review, Springer, v. 13, n. 2, p. 87–127, 1999.

SHAMBLIN, James E. & STEVENS JR, G.T. **Pesquisa Operacional – Uma Abordagem Básica;** editora Atlas, São Paulo/SP; p. 13 – 18, e p. 263 – 389; 1979.