

OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS DO SETOR HIDROSSANITÁRIO EM UMA IFES POR MEIO DA APLICAÇÃO DE MODELAGEM MATEMÁTICA

OPTIMIZATION OF HYDRO-SANITARY RESOURCES IN A FEDERAL INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION THROUGH THE APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELING

Myllena Lopes de Aquino  myllena.aquino@alunos.ufersa.edu.br

UFERSA, Mossoró

Resumo: Este estudo visa aprimorar a gestão de recursos em Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), com um enfoque específico na manutenção hidrossanitária. Através da aplicação de técnicas de Modelagem Matemática, busca-se alocar eficazmente esses recursos para atender à demanda de serviços do setor. O gerenciamento de serviços nas IFES é complexo, envolvendo a busca pelo equilíbrio entre eficiência, qualidade educacional e uso eficiente de recursos públicos. A Pesquisa Operacional e a Modelagem Matemática são de importância fundamental nesse contexto, pois viabilizam a tomada de decisões embasadas em dados e análises precisas. Os resultados destacam que a alocação de quatro ordens de serviço convencionais para quatro funcionários e uma ordem de serviço especial para outros quatro leva a uma satisfação eficaz da demanda atual. Entretanto, um aumento adicional na demanda pode sobrecarregar a equipe, enquanto uma redução pode resultar em ociosidade. Isso sublinha a importância crítica da Modelagem Matemática na alocação de recursos em instituições de ensino superior.

Palavras-chave: Otimização. Pesquisa Operacional. Modelagem Matemática.

Abstract: This study aims to enhance resource management in Federal Higher Education Institutions (IFES), with a specific focus on hydrosanitary maintenance. Through the application of mathematical modeling techniques, the effective allocation of these resources to meet the sector's service demand is sought. Service management in IFES is complex, involving the pursuit of a balance between efficiency, educational quality, and the efficient use of public resources. Operations Research and mathematical modeling play a crucial role in this process, enabling informed decision-making. The results highlight that allocating four conventional service orders to four employees and one special service order to another four leads to an effective satisfaction of the current demand. However, any further increase in demand may overwhelm the team, while a reduction could result in idle capacity. This underscores the critical importance of mathematical modeling in resource allocation in higher education institutions.

Keywords: Optimization. Operations Research. Mathematical Modeling.

1 INTRODUÇÃO

No cenário acadêmico contemporâneo, a eficiência na gestão dos recursos desempenha um papel crucial para o funcionamento harmonioso das instituições de ensino. No âmbito específico das universidades, o setor de manutenção desempenha um papel fundamental para garantir a infraestrutura adequada e funcional, proporcionando um ambiente propício ao aprendizado e à pesquisa. No entanto, conforme relatado por Tenente (2020) no portal G1, nos últimos 10 anos, houve uma redução significativa de 73% nos recursos financeiros alocados para universidades e institutos federais investirem em melhorias de infraestrutura. Nesse contexto, surge a necessidade de explorar abordagens inovadoras para otimizar a utilização dos recursos relacionados às Ordens de Serviço, visando aprimorar a eficácia operacional e alocar de maneira mais inteligente os recursos disponíveis.

A Modelagem Matemática emerge como uma área valiosa que se dedica a aplicar métodos quantitativos e técnicas analíticas para resolver problemas complexos de tomada de decisão. Seu escopo abrange uma ampla gama de setores, incluindo logística, produção, finanças e, notavelmente, gestão de serviços. A Modelagem Matemática é um método científico de tomada de decisões que por meio da construção e experimentação de um modelo é capaz de realizar a descrição de um sistema organizado, o que auxilia na descoberta da melhor maneira de operá-lo (SOBRAPO; SILVA, 2017).

Lachtermacher (2016) aponta sobre como a tomada de decisão pode ser compreendida como o processo de identificação de um problema ou de uma oportunidade e a seleção de uma linha de ação para resolvê-lo. Segundo Chiavenato (2021), o processo decisório é o fundamento básico de toda ação e a tomada de decisão é o ponto focal da abordagem quantitativa da Teoria Matemática. Além disso, para o autor, toda decisão deve basear-se em dados ou em fatos concretos para ser eficaz.

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a etapa seguinte envolve a reconfiguração do problema de maneira adequada para análise. Para tanto, o método de Pesquisa Operacional convencional é construir um modelo matemático que represente a essência do problema. Já o modelo pode ser definido como a representação de alguma coisa ou o padrão de algo a ser feito e é o que delimita a

área de ação de forma a proporcionar o alcance de uma situação futura com razoável esperança de ocorrência (CHIAVENATO, 2021).

A eficiente gestão dos recursos é um desafio recorrente em qualquer organização, mas adquire um papel ainda mais crucial em instituições acadêmicas, como as IFES. A infraestrutura hidrossanitária desempenha um papel vital em um ambiente universitário, assegurando condições adequadas de higiene, saúde e bem-estar para estudantes, professores e funcionários. Nesse contexto, a manutenção regular e otimizada desses sistemas é essencial para garantir a continuidade das atividades acadêmicas e a integridade das estruturas físicas (MORAIS *et al.*, 2018).

A Pesquisa Operacional (PO) se apresenta como uma abordagem valiosa para enfrentar o desafio de otimizar a alocação de recursos nas Ordens de Serviço do setor de manutenção hidrossanitária universitária. Goldbarg e Luna (2005) dissertam sobre como através da construção e aplicação de modelos matemáticos, a PO permite analisar cenários complexos, considerando variáveis como demanda por serviços, disponibilidade de equipe, prioridades de manutenção e restrições orçamentárias. A aplicação dessa abordagem possibilita uma tomada de decisão mais embasada e eficaz, alinhando os recursos disponíveis com as necessidades reais.

A presente pesquisa se justifica pela escassez de estudos que aplicam a PO de maneira específica no contexto da manutenção hidrossanitária universitária. A construção de um modelo matemático que leve em consideração as particularidades dessa área pode trazer insights significativos sobre como otimizar os recursos disponíveis, minimizando tempo de paralisação dos sistemas e reduzindo desperdícios. Além disso, a Modelagem Matemática permite a avaliação de diferentes cenários hipotéticos, possibilitando a identificação da solução mais viável e sustentável.

A IFES, como um centro de conhecimento e inovação, pode se beneficiar imensamente de uma abordagem mais científica e quantitativa para a gestão de seus recursos de manutenção hidrossanitária. A implementação de uma estratégia de otimização não apenas pode resultar em economias significativas, mas também contribuir para a melhoria do ambiente de estudo e trabalho. Além disso, a aplicação prática da PO nesse contexto pode servir como um exemplo inspirador para outras instituições acadêmicas que enfrentam desafios semelhantes.

Dado o contexto das considerações prévias mencionadas, o objetivo deste estudo é empregar abordagens da PO para examinar a viabilidade da otimização dos recursos associados às Ordens de Serviço no departamento de manutenção hidrossanitária em uma IFES. Isso será realizado por meio do desenvolvimento e aplicação de um modelo matemático específico, visando aprimorar a eficiência operacional e a gestão dos recursos nesse contexto acadêmico.

Portanto, este trabalho se propõe a preencher uma lacuna de conhecimento ao aplicar as técnicas da PO de forma específica na manutenção hidrossanitária universitária. A construção e aplicação de um modelo matemático personalizado visam não apenas otimizar a alocação de recursos, mas também estabelecer um precedente para a utilização eficaz da PO em problemas semelhantes em outras instituições.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A fundamentação teórica deste estudo engloba três pilares essenciais: a PO, Modelagem Matemática e Tomada de Decisão. Essas áreas desempenham papéis fundamentais na otimização na alocação de recursos, aplicáveis a diversos contextos, incluindo a gestão do setor de manutenção hidrossanitária.

2.1 Pesquisa Operacional

Para Chiavenato (2021) a PO é um ramo que descende da Administração Científica, à qual acrescentou métodos matemáticos refinados como a tecnologia computacional e uma orientação mais ampla, onde compartilham a sua aplicação ao nível operacional. A SOBRAPO traz a definição de PO como sendo “a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana”. Para Longaray (2013), se trata do “ramo da ciência que se dedica exclusivamente ao desenvolvimento de modelos para auxiliar as pessoas e organizações em seus processos decisórios”.

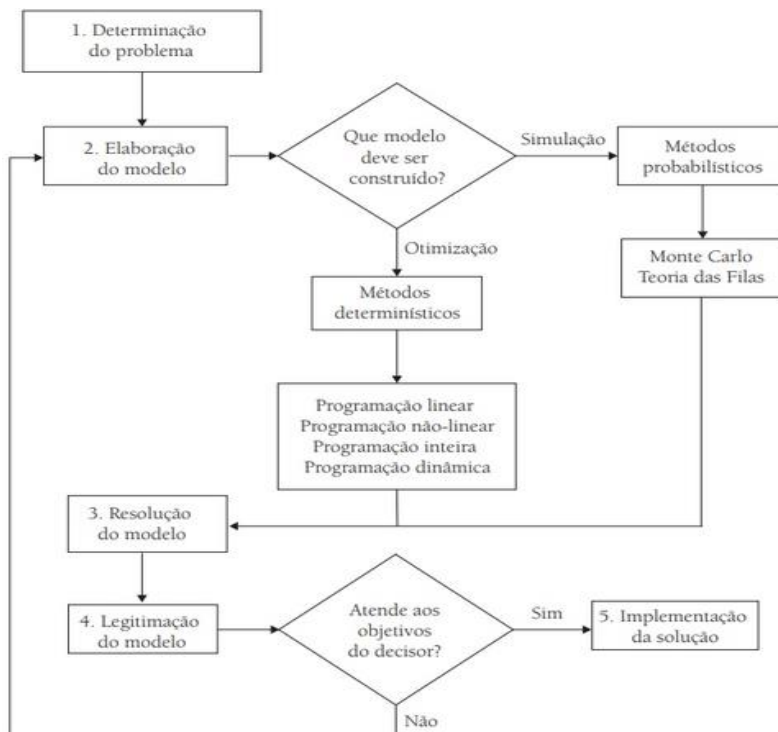
Ainda conforme delineado por Fávero (2012), a PO é uma abordagem multidisciplinar que recorre a modelos matemáticos, estatísticos e algoritmos computacionais para otimizar a tomada de decisões em diversos contextos organizacionais. Essa abordagem engloba três componentes essenciais que são

compartilhados nas aplicações de PO à gestão administrativa, conforme destacado por Chiavenato (2021):

- a) Visão sistêmica dos problemas;
- b) Utilização do método científico na resolução de problemas;
- c) Emprego de técnicas específicas de estatística, probabilidade e modelos matemáticos.

O método da PO segue um processo metodológico dividido em várias etapas, que são sequencialmente organizadas, conforme demonstrado de maneira lógica na Figura 1 (CHIAVENATO, 2021; LONGARAY, 2013; SILVA, 2017):

Figura 1: Fluxograma das etapas para a resolução de problemas na pesquisa operacional



Fonte: (Longaray, 2013)

O processo metodológico de PO ilustrado pela Figura 1, divide-se em:

a) **Formulação do problema:** Nessa fase, são delimitados os elementos problemáticos identificados pelas partes envolvidas na tomada de decisão. Isso inclui a análise do sistema, seus objetivos e as opções disponíveis para ação.

b) **Elaboração do modelo para representar o sistema:** O modelo traduz o sistema em um conjunto de variáveis, sendo pelo menos uma delas controlável. Um modelo eficaz deve aproximar-se da realidade e permitir experimentação. Além disso, é nessa etapa que a técnica e o algoritmo matemático são definidos.

c) Dedução de uma solução do modelo: É realizado o cálculo do algoritmo para determinar a solução ideal em modelos de otimização ou as alternativas viáveis em modelos de simulação.

d) Análise de sensibilidade: Nesse estágio, o modelo é testado em relação à realidade, prevendo os efeitos das mudanças no sistema e avaliando sua eficácia global. A análise de sensibilidade é conduzida com base em dados empíricos do sistema, quando disponíveis.

e) Legitimação do modelo: A aceitação do modelo pelo tomador de decisões é fundamental. Isso pressupõe que o modelo desenvolvido atenda às necessidades para as quais foi solicitado.

f) Implementação: A solução é colocada em prática, sendo testada e convertida em processos operacionais.

Essas etapas compõem o arcabouço fundamental da PO, permitindo uma abordagem sistemática e científica para a resolução de problemas complexos e a tomada de decisões embasadas em dados e análises precisas.

2.2 Modelagem Matemática

Devido o processo de tomada de decisão estar associado a uma grande complexidade de um sistema real que é influenciado por diversas variáveis envolvidas, a PO conta com o uso de modelos para sua simplificação. Um modelo pode ser entendido como a representação matemática, simbólica ou descritiva, de um conjunto de eventos físicos, ou aspectos subjetivos, considerados importantes para determinado decisor em um contexto específico (FÁVERO, 2012; LONGARAY, 2013).

Conforme exposto por Fávero (2012), o comportamento de um sistema real é influenciado por diversas variáveis envolvidas no processo de tomada de decisão. Em razão da grande complexidade desse sistema, torna-se necessário que seja simplificado, a partir de um modelo, de modo que as principais variáveis envolvidas no sistema ou projeto que se pretende entender ou controlar sejam consideradas na sua construção.

Segundo Lisboa (2009 *apud* FÁVERO, 2012), o modelo pode ser a representação de um projeto já existente ou um projeto futuro. No primeiro caso, pretende-se reproduzir o funcionamento do sistema real existente, de forma a aumentar a produtividade, enquanto no segundo caso o objetivo é definir a estrutura ideal do futuro sistema. Os modelos matemáticos também são representações

idealizadas, mas são identificados com símbolos e expressões matemáticas. Alguns exemplos de modelos matemáticos são os modelos de programação matemática (otimização), como: programação linear, programação linear inteira, programação em redes e programação não-linear (ARENALES et. al., 2007, HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

A modelagem determina as variáveis e as relações matemáticas para descrever o comportamento relevante do sistema ou problema real. Em geral, para formular um modelo matemático, simplificações razoáveis do sistema ou problema real precisam ser consideradas e a validação do modelo depende de a solução do modelo matemático ser coerente com o contexto original. Portanto, o modelo matemático é uma abstração do problema real, composto por três elementos principais: variáveis de decisão e parâmetros; função objetivo; restrições. (ARENALES et. al., 2007; FÁVERO, 2012).

As variáveis de decisão são as incógnitas que serão determinadas pela solução do modelo e podem ser classificadas de acordo com as escalas de mensuração: contínua, discreta ou binária. Além disso, devem assumir valores não negativos. As variáveis contínuas são aquelas que podem assumir quaisquer valores dentro do intervalo de números reais. Por outro lado, as variáveis discretas podem assumir valores dentro de um conjunto finito ou uma quantidade enumerável de valores, sendo aquelas provenientes de determinada contagem. Já as variáveis binárias são as que podem assumir dois possíveis valores: 1 (quando a característica de interesse está presente na variável) ou 0 (caso contrário). Por fim, os parâmetros são constantes previamente conhecidos do problema (FÁVERO, 2012).

A função objetivo é uma função matemática que estabelece o que se quer alcançar com a decisão, em função das variáveis de decisão e dos parâmetros, podendo ser uma função de maximização ou de minimização. Enquanto as restrições expressam as relações matemáticas existentes entre as variáveis do problema e as limitações identificadas no cenário do processo decisório. Essas variáveis e suas relações matemáticas são determinadas de modo a descrever o comportamento do sistema (FÁVERO, 2012; LONGARAY, 2013).

Em um problema de Programação Linear (PL), a função objetivo $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ e todas as restrições $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ do modelo descrito abaixo serão representadas por funções lineares das variáveis de decisão. Sendo uma função

linear aquela que envolve apenas constantes e termos com variáveis de primeira ordem (FÁVERO, 2012).

$$\max \text{ ou } \min f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Sujeito a:

$$g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq, =, \geq b_1$$

$$g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq, =, \geq b_2$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq, =, \geq b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Em que:

- x_j : são as variáveis de decisão $j = 1, 2, \dots, n$
- $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ é a função objetivo
- $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ representa a restrição $i, i = 1, 2, \dots, m$, função das variáveis de decisão x_j
- b_i é o termo independente, constante ou quantidade de recursos disponíveis da i – ésima restrição.

2.3 Tomada de Decisão

Maximiano (2012) afirma que uma decisão é uma escolha entre alternativas ou possibilidades, a fim de resolver um problema ou aproveitar uma oportunidade. Enquanto os problemas surgem quando o estado atual de uma situação é diferente do esperado, as oportunidades surgem quando uma situação oferece a um indivíduo ou organização a oportunidade de ir além ou mudar suas metas ou objetivos. Quando a decisão é colocada em prática, o ciclo se encerra. A decisão de colocar em prática cria uma nova situação que pode levar a outras decisões ou processos de resolução de problemas (LACHTERMACHER, 2016).

O processo decisório é o fundamento básico de toda ação, destaca Chiavenato (2021). A importância dessas decisões pode ser demonstrada pela variedade de situações que os indivíduos frequentemente encaram, envolvendo as mais diversas questões, com variados graus de complexidade, cujo desfecho depende de algum tipo

de intervenção humana. A tomada de decisão é o processo pelo qual os gestores respondem às oportunidades e ameaças do meio envolvente, analisam as opções e tomam decisões sobre os objetivos e as ações a desencadear (MAÇÃES, 2018; LONGARAY, 2013).

A teoria da decisão engloba um conjunto de procedimentos e métodos analíticos cujo propósito é assegurar a consistência, eficácia e eficiência das decisões fundamentadas em informações disponíveis e na consideração de cenários potenciais. Essa teoria parte do pressuposto de que os indivíduos têm a capacidade de expressar suas preferências fundamentais e são dotados de racionalidade quando confrontados com situações de tomada de decisão de natureza simples. A partir dessa premissa, a metodologia desenvolvida pela teoria da decisão é capaz de abordar e solucionar desafios decisórios de maior complexidade (GOMES, 2019).

A tomada de decisões em uma organização se divide em duas principais categorias: programadas e não programadas. A decisão programada faz parte de um conjunto de soluções organizacionais. Ela resolve problemas que foram encontrados antes e sempre se comportam da mesma maneira. Nesses casos, não há necessidade de diagnosticar, criar alternativas e escolher um curso de ação original, basta aplicar um curso de ação predefinido. Por outro lado, as não programadas são preparadas uma a uma para resolver problemas que não podem ser resolvidos por soluções padronizadas. São situações novas que as organizações estão enfrentando pela primeira vez e reconhecem que existem soluções diferentes, cada uma com suas vantagens e desvantagens. Essa situação exige um processo contínuo de análise, desde a compreensão do problema até a tomada de decisão (MAXIMIANO, 2012).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa é classificada quanto à sua abordagem como quantitativa, uma vez que utiliza métodos padronizados e sistemáticos, coletando respostas pré-definidas e possibilitando a comparação e análise de dados por meio de medidas estatísticas. Quanto à natureza, pode ser considerada como aplicada, pois visa gerar conhecimento para solucionar problemas específicos e se direciona para encontrar a verdade em um contexto prático particular. Em relação aos objetivos, caracteriza-se como descritiva, pois tem o propósito de descrever as características de uma população ou fenômeno, bem como analisar as correlações entre variáveis. Por fim, no que diz respeito ao procedimento, trata-se de um estudo de caso, o qual envolve a

investigação de um caso específico em busca da compreensão de um fenômeno em um contexto determinado. Esse estudo de caso é composto por três fases distintas: a exploratória, a de coleta de dados e delimitação da pesquisa, e, por fim, a análise e interpretação dos resultados da pesquisa (NASCIMENTO; SOUSA, 2015).

Para isso foi utilizado o Solver. Ele é uma ferramenta de otimização no Microsoft Excel que permite resolver problemas de otimização, encontrando o valor máximo ou mínimo de uma função em um conjunto de variáveis sujeitas a restrições. Ele é útil quando não é possível encontrar uma solução ótima usando fórmulas e análises padrão do Excel. Para usar o Solver, é necessário primeiro definir o problema de otimização. Isso envolve especificar a função objetivo a ser otimizada, as variáveis envolvidas e as restrições a serem cumpridas.

A função objetivo pode ser de maximização ou minimização, e as variáveis podem ter limites específicos. Depois de definir o problema, o Solver pode ser acionado no menu "Dados" e "Solver". O usuário deve especificar a célula de destino onde será exibido o valor otimizado, além de indicar as células que representam as variáveis, a função objetivo e as restrições. O Solver usa métodos matemáticos para realizar iterações e encontrar a solução ótima para o problema. Ele pode levar algum tempo para calcular, dependendo da complexidade do problema e da quantidade de restrições. Ao final do processo, o Solver fornecerá a solução otimizada para o problema, com os valores das variáveis que maximizam ou minimizam a função objetivo, respeitando as restrições definidas.

A metodologia adotada para realizar a pesquisa sobre a otimização dos recursos do setor de manutenção hidrossanitária em uma IFES por meio da aplicação de uma Modelagem Matemática envolveu uma série de etapas que foram conduzidas de maneira sistemática e rigorosa.

Nas etapas seguintes, foram identificados os fatores-chave que influenciam a alocação de recursos e desenvolvido um modelo matemático com variáveis de decisão e uma função objetivo. Para alimentar o modelo, coletou-se informações, incluindo histórico de Ordens de Serviço, disponibilidade da equipe e restrições de recursos. Em seguida, foi implementada a modelagem prática usando a ferramenta Solver no Excel. Posteriormente, foi realizada a validação do modelo por meio de testes com cenários reais a fim de assegurar sua precisão na representação da realidade.

3.1 Definição dos Parâmetros de Análise

Nesta etapa, foram identificados e definidos os principais parâmetros que impactam na alocação de recursos no setor de manutenção hidrossanitária. Esses parâmetros incluíram a demanda de serviços, a disponibilidade da equipe de manutenção e as restrições quanto à mão de obra. A quantidade média de Ordens de Serviço solicitadas em um dia foi de vinte chamados. Enquanto estão à disposição oito bombeiros hidráulicos, que são capazes de concluir uma Ordem de Serviço comum numa média de duas horas, cada. Como a jornada de trabalho é de 44 horas semanais, foi considerado o dia de serviço como 9 horas. Todavia, cerca de 20% das demandas tem maior complexidade, fazendo-se necessário maior dispêndio de insumos, ocupando um dia completo de trabalho.

3.2 Construção do Modelo Matemático

Com os parâmetros definidos, um modelo matemático foi desenvolvido para representar a situação de alocação de recursos. Foram formuladas variáveis de decisão que representavam a quantidade de serviços atribuídos a cada membro da equipe em um dia de trabalho, respeitando as restrições de disponibilidade da equipe. A função objetivo buscou maximizar a demanda atendida, buscando assim a eficiência na alocação dos recursos.

3.3 Coleta de Dados

Foi realizada a coleta de dados relevantes para alimentar o modelo matemático. Isso inclui dados históricos das Ordens de Serviço, informações sobre a disponibilidade da equipe de manutenção e dados relacionados às restrições de recursos.

3.4 Implementação da Modelagem Matemática

Com os parâmetros e os dados em mãos, o modelo matemático foi implementado no Excel, com auxílio da ferramenta Solver. A escolha da ferramenta

levou em consideração a complexidade do modelo, a disponibilidade de recursos computacionais e a familiaridade das pesquisadoras com a ferramenta selecionada.

3.5 Validação do modelo

Após a implementação, o modelo foi submetido a um processo de validação. Isso envolveu a comparação dos resultados obtidos pelo modelo com situações reais já conhecidas. Essa validação serviu para verificar se o modelo era capaz de representar adequadamente a realidade da alocação de recursos na manutenção hidrossanitária da IFES.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A criação da planilha no Excel, desenvolvida como parte deste estudo, representa a produção de uma ferramenta valiosa baseada em Modelagem Matemática e PO. Esta planilha não é apenas uma solução específica para o setor de manutenção hidrossanitária da IFES, mas também um produto versátil com potencial aplicabilidade em outros cenários.

O valor deste produto, a planilha, está na sua flexibilidade. Ela não é fixa e pode ser facilmente adaptada a diferentes cenários, uma vez que os parâmetros podem ser ajustados e os algoritmos mantidos. Isso significa que a mesma abordagem pode ser usada em diversas áreas, como logística, gestão de projetos, planejamento de recursos, entre outras. As organizações podem personalizar os parâmetros de acordo com suas necessidades específicas e utilizar a planilha como uma ferramenta poderosa para tomar decisões baseadas em dados.

Assim, além de abordar a questão da alocação de recursos na IFES, a elaboração desta planilha no Excel produz um produto versátil e adaptável, com a capacidade de beneficiar diversas organizações em variados contextos. Isso destaca a relevância da PO e da Modelagem Matemática como instrumentos para otimização e tomada de decisões bem fundamentadas em uma ampla gama de situações.

O principal objetivo do modelo matemático é maximizar a quantidade de Ordens de Serviço concluídas. A seguir, apresenta-se o referido modelo matemático.

Parâmetros:

- n : número de bombeiros hidráulicos disponíveis atualmente;
- i : índice correspondente ao funcionário com $i = 1, \dots, n$;
- t_c : tempo médio de cumprimento de uma OS comum;
- t_e : tempo médio de cumprimento de uma OS especial;
- d_c : demanda média por dia de uma OS comum;
- d_e : demanda média por dia de uma OS especial;
- j_m : jornada diária mínima para cada trabalhador;
- j_M : jornada diária máxima para cada trabalhador.

Variáveis:

- x_i : quantidade de pedidos finalizados por funcionário;
- y_i : quantidade de pedidos especiais finalizados por funcionário;
- z : quantidade de pedidos finalizados por dia.

Função objetivo:

$$z = \sum_{i=1}^n x_i + y_i$$

Restrições:

$$\sum_{i=1}^n x_i t_c + y_i t_e \leq j_M$$

$$\sum_{i=1}^n x_i t_c + y_i t_e \geq j_m$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq d_c$$

$$\sum_{i=1}^n y_i \leq d_e$$

$$x_i, y_i \in \mathbb{Z}, \forall i = 1, \dots, n.$$

O número de bombeiros hidráulicos disponíveis é um fator crítico para determinar a capacidade da equipe em lidar com a demanda de serviços. Além disso, o tempo médio necessário para concluir uma Ordem de Serviço (OS) comum é uma métrica crucial para estimar o tempo total de execução das OS. Similarmente, o tempo médio de cumprimento de uma OS especial representa o esforço necessário para concluir uma OS que geralmente envolve mais recursos e tempo em comparação com uma OS comum.

A demanda média por dia reflete quantas OS são requisitadas diariamente e é essencial para dimensionar a equipe adequadamente. Estabelecer uma jornada diária mínima para cada trabalhador assegura que a equipe seja eficiente e não fique ociosa, enquanto a jornada diária máxima evita sobrecarga de trabalho e garante a conformidade com as regulamentações trabalhistas.

As variáveis "quantidade de pedidos finalizados por funcionário" e "quantidade de pedidos finalizados por dia" representam o desempenho da equipe. A primeira indica quantas OS comuns e especiais um bombeiro hidráulico individual pode concluir. A segunda, por sua vez, é a soma de todas as OS finalizadas por toda a equipe em um único dia. A função objetivo do modelo matemático é maximizar essa última variável, visando a otimização da alocação de recursos para atender eficientemente à demanda de Ordens de Serviço.

Essas variáveis são essenciais para o modelo matemático, pois permitem uma representação precisa da operação da equipe de bombeiros hidráulicos, possibilitando a tomada de decisões informadas para otimizar a alocação de recursos e garantir a eficiência na execução das Ordens de Serviço. A seguir, apresentamos o modelo na Figura 2, destacando seus parâmetros e restrições essenciais, bem como a função objetivo que busca maximizar a quantidade de Ordens de Serviço atendidas.

Figura 2: Modelo Matemático desenvolvido no Excel utilizando o Solver

Dados	Valor (OS comum)	Valor (OS especial)
Trabalhadores	8	
Tempo médio de reparo (horas)	2	9
Demanda média por dia	20	4
Jornada máxima	9	9
Jornada mínima	6	9

SOLVER

Variáveis			
Funcionário	Qte de OS por trabalhador	Qte de OS especial por trabalhador	Qte de OS's finalizadas
1			0
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Figura 2: Modelo Matemático desenvolvido no Excel utilizando o Solver (continuação)

Restrição quanto a jornada de trabalho			
Funcionários	Tempo de trabalho		Jornada máx
1	0	$\leq$	9
2	0	$\leq$	9
3	0	$\leq$	9
4	0	$\leq$	9
5	0	$\leq$	9
6	0	$\leq$	9
7	0	$\leq$	9
8	0	$\leq$	9

Restrição quanto a jornada de trabalho			
Funcionários	Tempo de trabalho		Jornada min
1	0	$\geq$	6
2	0	$\geq$	6
3	0	$\geq$	6
4	0	$\geq$	6
5	0	$\geq$	6
6	0	$\geq$	6
7	0	$\geq$	6
8	0	$\geq$	6

Restrição quanto a demanda			
comum	0	$\leq$	16
especial	0	$\leq$	4

Ao aplicar o modelo matemático com os parâmetros específicos, foi evidenciado que uma alocação de quatro ordens de serviço convencionais para quatro funcionários, juntamente com uma ordem de serviço especial para cada um dos outros quatro, resulta em uma eficiente satisfação da demanda requerida, levando em consideração o histórico de dados disponível. Isso também destaca a possibilidade de que um aumento potencial na demanda sobrecarregaria a equipe, impossibilitando o atendimento completo. Da mesma forma, uma redução na demanda resultaria em ociosidade para alguns trabalhadores. Os resultados podem ser observados na Figura 3 abaixo.

Figura 3: Resultados gerados após aplicação do modelo

Variáveis			
Funcionário	Qte de OS por trabalhador	Qte de OS especial por trabalhador	Qte de OS's finalizadas
1	4	0	20
2	4	0	
3	4	0	
4	4	0	
5	0	1	
6	0	1	
7	0	1	
8	0	1	

Os resultados também destacaram a importância de uma distribuição equilibrada das tarefas entre os trabalhadores disponíveis. Através da alocação otimizada, cada membro da equipe de manutenção pôde contribuir de maneira mais uniforme para a conclusão das atividades. Isso não apenas resultou em uma redução da sobrecarga de trabalho sobre determinados indivíduos, mas também levou a um compartilhamento mais equitativo do conhecimento e expertise entre a equipe.

Porém, é essencial reconhecer que o modelo possui algumas limitações inerentes, como a simplificação das complexidades reais do ambiente de manutenção. Fatores externos imprevisíveis, como emergências inesperadas e mudanças repentinas nas demandas, não foram totalmente considerados no modelo, o que pode afetar a sua aplicabilidade em cenários dinâmicos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo oferece uma visão sobre a otimização dos recursos no setor de manutenção hidrossanitária de uma IFES por meio da aplicação de uma Modelagem Matemática. Ao adotar uma abordagem orientada pela PO, buscamos alcançar o objetivo de maximizar a quantidade de ordens de serviço atendidas pela equipe de manutenção, considerando os parâmetros específicos estabelecidos.

É essencial reconhecer, no entanto, que o modelo possui limitações inerentes. A simplificação da realidade operacional pode não capturar completamente as nuances das operações diárias, como emergências não programadas e flutuações imprevistas na demanda. Além disso, pode ser vantajoso realizar testes em instâncias de maior complexidade para avaliar a capacidade do modelo em lidar com volumes maiores de dados. Isso permitirá verificar a viabilidade computacional do modelo em cenários mais desafiadores e também sua aplicabilidade em outras instituições. Portanto, recomenda-se que futuras pesquisas explorem maneiras de integrar esses fatores dinâmicos no modelo, tornando-o ainda mais robusto e aplicável.

Em resumo, este estudo reforça a eficácia da abordagem de PO e Modelagem Matemática na otimização dos recursos de manutenção. Ao maximizar a quantidade de ordens de serviço atendidas, o trabalho contribui diretamente para o aprimoramento dos serviços de manutenção hidrossanitária, resultando em um ambiente mais funcional e sustentável em instituições acadêmicas.

7 REFERÊNCIAS

ARENALES, M.; ARMENTANO, V. A.; MORABITO, R.; YANASSE, H. H. **Pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2007. 523 p. ISBN 10-85-352-145-1454-2.

BATISTA, Fábio Ferreira. **O desafio da gestão do conhecimento nas áreas de administração e planejamento das Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)**. Brasília: IPEA, maio 2006. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2702>. Acesso em: 3 set. 2023.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração - Edição Compacta**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. 9788597027525. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788597027525/>. Acesso em: 27 mai. 2022.

DAFT, Richard L. **Administração, Tradução da 12ª edição norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2017. 9788522125258. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788522125258/>. Acesso em: 29 mai. 2022.

FÁVERO, Luiz P. **Pesquisa Operacional - Para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2012. 9788595155626. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788595155626/>. Acesso em: 24 mai. 2022.

GOLDBARG, Marco C., LUNA, Henrique P. L. **Otimização Combinatória e Programação Linear**. Rio de Janeiro; Elsevier 2ª ed, 2005.

GOMES, Luiz Flavio Autran M. **Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério**. São Paulo: Grupo GEN, 2019. 9788597021592. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788597021592/>. Acesso em: 29 mai. 2022.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Grupo A, 2013. 9788580551198. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788580551198/>. Acesso em: 24 mai. 2022.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa Operacional na tomada de decisões, 5ª edição**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. 9788521630494. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788521630494/>. Acesso em: 24 mai. 2022.

LONGARAY, André A. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Editora Saraiva, 2013. 9788502210844. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788502210844/>. Acesso em: 28 mai. 2022.

MAÇÃES, Manuel Alberto R. **Planeamento, Estratégia e Tomada de Decisão - Vol IV**. Portugal: Grupo Almedina (Portugal), 2018. 9789896942274. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9789896942274/>. Acesso em: 29 mai. 2022.

MAXIMIANO, Antonio Cesar A. **Introdução à Administração, 8ª edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2012. 9788522475872. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788522475872/>. Acesso em: 29 mai. 2022.

MEDEIROS, A. L.; TROMBINI DUARTE, M. M. Modelo de apuração de custos em universidades federais. **Revista Observatório**, v. 4, n. 5, p. 813-848, 1 ago. 2018.

MORAIS, G. K. O. de; ANDRADE, M. E. de; COSTA, R. F. R.; LIMA, F. S. de. RELAÇÃO ENTRE GASTO PÚBLICO EM EDUCAÇÃO E DESEMPENHO EDUCACIONAL: UMA ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS DO NORDESTE. **Revista de Economia Regional, Urbana e do Trabalho**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 35–55, 2018. DOI: 10.21680/2316-5235.2018v7n1ID16708. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/rerut/article/view/16708>. Acesso em: 03 set. 2023.

MOREIRA, Daniel A. **Pesquisa Operacional: Curso Introductório**. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2018. 9788522128068. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788522128068/>. Acesso em: 27 mai. 2022.

NASCIMENTO, F. P. D; SOUSA, F. L. L. **Metodologia da pesquisa científica - Teoria e prática**. Brasília: Thesaurus Editora, 2015.

SILVA, Ermes Medeiros da. **Pesquisa Operacional - Para os Cursos de Administração e Engenharia, 5ª edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2017. 9788597013559. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788597013559/>. Acesso em: 27 mai. 2022.

SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. *O que é pesquisa operacional?* Disponível em: <https://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional>. Acesso em: 27 mai. 2022.

TAHA, H. A. **Pesquisa operacional: uma visão geral**. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p. ISBN: 9788576051503. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/689>. Acesso em: 24 May 2022

TENENTE, Luiza. **Universidades federais perdem, em 10 anos, 73% da verba para construir laboratórios, fazer obras e trocar computadores**. G1, 23 ago. 2020.

YOSHIZAKI, Hugo Tsugunobu Yoshida. **Planejamento e projeto de bases de modelos quantitativos de auxílio à decisão**. São Paulo, 1997

