



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**CRIANDO ESCALAS DE HORÁRIO PARA UM POSTO DE
GASOLINA UTILIZANDO UM MODELO MATEMÁTICO**

LUCAS DE TOLEDO CHAIB

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO MONLEVADE

Março, 2016



CRIANDO ESCALAS DE HORÁRIO PARA UM POSTO DE GASOLINA UTILIZANDO UM MODELO MATEMÁTICO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
Universidade Federal de Ouro Preto como
parte dos requisitos para a obtenção do
título de Engenheiro de Produção.

Orientação: Prof. Dr. Alexandre Xavier
Martins

JOÃO MONLEVADE

2016



ANEXO VIII – ATA DE DEFESA

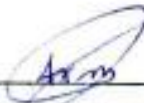
Ao 1º dia do mês de março de 2016, às 14 horas, na sala B103 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pelo aluno Lucas de Toledo Chaib, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores: Dr. Alexandre Xavier Martins, Drª. Luciana Paula Reis, MSc. Maressa Nunes Ribeiro Tavares. O aluno apresentou o trabalho intitulado: CRIANDO ESCALAS DE HORÁRIO PARA UM POSTO DE GASOLINA UTILIZANDO UM MODELO MATEMÁTICO.

A comissão examinadora deliberou, pela:


- Aprovação
 Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: 30 dias
 Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: _____
 Reprovação

do aluno, com a nota 6,8. Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pelo aluno.


João Monlevade, 01 de março de 2016.



Professor Orientador: Dr. Alexandre Xavier Martins



Convidada: Drª. Luciana Paula Reis



Convidado: MSc. Maressa Nunes Ribeiro Tavares



Aluno: Lucas de Toledo Chaib



TERMO DE RESPONSABILIDADE

O texto do trabalho de conclusão de curso intitulado "CRIANDO ESCALAS DE HORÁRIO PARA UM POSTO DE GASOLINA UTILIZANDO UM MODELO MATEMÁTICO" é de minha inteira responsabilidade. Declaro que não há utilização indevida de texto, material fotográfico ou qualquer outro material pertencente a terceiros sem o devido referenciamento ou consentimento dos referidos autores.

João Monlevade, 01 de Março de 2016

Lucas de Toledo Chaib



AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus, que está sempre comigo. Aos meus pais Maria Antônia e Dalton, pela força e por sempre me apoiarem. Aos meus irmãos, pelo companheirismo em todos os momentos. À República Xilindró, que se tornou minha segunda família e esteve junto durante toda a caminhada. Ao prof. Dr. Alexandre Xavier Martins pelo apoio, orientação, amizade e paciência. A todos os professores e amigos que encontrei durante faculdade e a todos que de alguma maneira fizeram parte dessa história.

Muito obrigado!

RESUMO

Este estudo visou obter uma ferramenta que possa auxiliar na criação das escalas de trabalho e que com isso permita verificar quantos funcionários são necessários para atender a demanda obedecendo aos requisitos exigidos como, número mínimo de funcionários alocados nos turnos e número de folgas aos domingos de cada funcionário. O problema de agendamento de escalas de trabalho é um problema comum e presente em diversas áreas, porém neste trabalho o foco é a criação de escala para um posto de gasolina específico. Para obtenção da ferramenta foi criado um modelo matemático no software Lingo que em conjunto com o Excel possibilitou fazer simulações para analisar diferentes possibilidades. A resposta obtida com o modelo mostrou ser suficiente e a ferramenta satisfatória para o propósito que foi criada.

Palavras-chave: Escalas de Trabalho, Programação Linear, Modelo Matemático.

ABSTRACT

This study aims to get a tool that can assist in the creation of work schedules and with that possible to verify how many employees are required to attend the demand obeying the requirements as minimum number of workers at each turn and number of days off on Sundays to each worker .The scheduling problem is a common problem and this in many areas, but in this study the focus is to create a schedule for a particular gas station. To obtain the tool was created a mathematical model in Lingo software that together with the Excel and make it possible simulations to analyze different possibilities. The response obtained with the model proved to be sufficient and satisfactory tool for the purpose it was created.

Keywords: Timetabling, Linear Programming, Mathematical Model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Modelo do Formato da Escala de Trabalho	8
Figura 2 – Fluxo de informações.....	9
Figura 3 - Escala gerada para o Cenário Base.....	12
Figura 4 – Escala gerada para o Cenário 1	13
Figura 5 – Escala gerada para o Cenário 2.....	13
Figura 6 – Escala gerada para o Cenário 2.....	13

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado obtido para o cenário base	14
Tabela 2 – Resultado obtido para o cenário 1	15
Tabela 3 – Resultado obtido para o cenário 2	15
Tabela 4 – Resultado obtido para o cenário 3	16

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Objetivos Específicos	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 Escalas de horário	3
2.2 Métodos aplicados em problemas de escalas de horário	3
3 METODOLOGIA	5
4 DESENVOLVIMENTO	6
4.1 O Posto de gasolina estudado	6
4.2 Descrição do problema: Programação de horários para frentistas em um posto de gasolina	6
4.3 Construindo o modelo matemático	8
4.3.1 Modelo Matemático	9
5 RESULTADOS	12
5.1 Análise dos resultados obtidos	12
6 CONCLUSÃO	17
REFERÊNCIAS	19

1 INTRODUÇÃO

A construção de escalas de horário por ferramentas computacionais vem sendo amplamente estudada para aplicação em construção de horários em hospitais (DIAS *et al.*, 2003) e universidades (AYOB *et al.*, 2007), entre outros. O objetivo desses estudos é, por meio de sistemas computacionais, obter melhores resultados no dimensionamento dos recursos, fazendo uma melhor utilização desses e reduzindo os custos operacionais.

Neste tipo de problema é preciso definir o objetivo a ser alcançado e considerar todas as restrições características de cada problema. O resultado deve ser buscado de modo a encontrar uma solução viável, mesmo que essa não seja ótima. Algumas restrições têm que ser respeitadas de qualquer maneira, como a de um professor não poder estar em duas salas ao mesmo tempo para o problema das universidades, já outras, podem ser flexíveis caso não haja maneira de se cumprir o que foi estabelecido, como por exemplo, as horas extras de trabalhadores nos turnos dos hospitais, que devem ser evitadas.

Um posto de gasolina tem encontrado dificuldades em planejar e desenvolver uma escala de horário quer seja satisfatória para atender a demanda e que cumpra todas as restrições de disponibilidade de funcionários.

Para esses problemas, algumas restrições são determinadas de acordo com a legislação que vai definir alguns pré-requisitos a serem cumpridos. No caso da determinação das escalas de trabalho em postos de gasolina que será abordada nesse trabalho, consideramos, por exemplo, o fato que é exigido que cada trabalhador tenha folga ao menos dois domingos em cada mês trabalhado.

A criação do modelo para postos de gasolina será baseada em uma escala para um posto de uma cidade pequena que trabalha com doze frentistas em dois turnos, sendo que cada turno tem duração de oito horas.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta que possibilitasse resolver o problema de agendamentos de horários de trabalho em um posto de gasolina. Para o desenvolvimento foi utilizada a programação linear visando conciliar todas as restrições e buscar, dentre alguns cenários pré-estabelecidos a melhor resposta para o problema, ou ao menos uma resposta que fosse viável.

1.1 Justificativa

Um posto de gasolina, assim como outros estabelecimentos que possuem certa quantidade de funcionários e precisa alocá-los para atender sempre a demanda, tem a necessidade de organizar uma escala para que os funcionários fiquem distribuídos da melhor maneira possível evitando ociosidade e garantindo uma boa qualidade do serviço.

Devido à necessidade de um posto se organizar e determinar as escalas de trabalho de seus funcionários visando uma melhor alocação dos recursos e os cumprimentos das normas legais, esse estudo se propôs a buscar maneiras de criar escalas com a configuração atual de funcionários e também com possíveis alterações visando encontrar uma boa solução.

1.2 Objetivos

O Objetivo principal deste estudo foi utilizar um modelo matemático baseado em programação linear para gerar as escalas de horários do posto de gasolina visando atender todas as restrições. O estudo visou estudar a possibilidade de atender as necessidades do posto construindo escalas com as características atuais e também considerando algumas modificações nas restrições impostas à criação da escala.

1.3 Objetivos Específicos

Tratando mais especificamente, o presente trabalho terá os seguintes objetivos:

- Estudar a funcionalidade de um modelo de programação linear na determinação de uma escala de trabalho;
- Desenvolver um modelo que possa ser flexível para testar o cenário atual e outros possíveis cenários que possam vir a ser desenvolvidos;
- Utilizar o modelo para testar o modelo atual de funcionamento do posto de gasolina estudado e também ao menos dois cenários extras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Escalas de horário

Burke e Soubeiga (2003) diz que o agendamento de pessoal está preocupado com a determinação de requisitos apropriados da força de trabalho, a alocação da força de trabalho e atribuições de serviço da força de trabalho para uma organização, a fim de atender aos requisitos internos e externos. Isto envolve a alocação de recursos humanos para intervalos de tempo e localizações possíveis.

2.2 Métodos aplicados em problemas de escalas de horário

Jarrah, Bard e de Silva (1994) utiliza uma programação linear inteira (PLI), um conjunto de variáveis envolvidas, e um método heurístico com restrição de horas trabalhadas em fins de semana inferior a 24 horas. Billionnet (1999) apresenta uma solução para o problema de programação funcionários com uma PLI, usando um método de uma passagem simples, que muitas vezes dá o mix de trabalho com menor custo. Chen e Lin (2000) apresentam um desenvolvimento do sistema de gestão da força de trabalho, aplicando o modelo de regressão ou modelo de simulação para call centers com um programação linear inteira mista.

A PLI pode fornecer as melhores soluções para os problemas de agendamento para dois dias consecutivos de folga. Tibrewala, Philippe e Browne (1972) mostram que um simples algoritmo fornece as melhores soluções para os problemas de agendamento de homens para atender às necessidades cíclicas sobre períodos em que cada homem ou a máquina deve estar inativo durante dois períodos consecutivos por ciclo.

Baseado nessas resoluções Dias et al. (2003) apresentaram a automatização do sistema para construção do plano de trabalho do Hospital Escola da Universidade de Campinas, melhorando o plano de agendamento de horários, diminuindo o numero de horas extras e atendendo conforme fosse possível as restrições inerentes ao problema. Foi descrita uma abordagem heurística de tais horários que provou funcionar muito

bem, Os solucionadores foram baseados em programação genética e técnicas de busca tabu.

No âmbito das universidades pelo mundo são feitas muitas pesquisas sobre a calendarização buscando alocar recursos físicos, alunos e professores de maneira que se possa atender a restrições típicas do problema. Valdes, Crespo e Tamarit(1997) descreve um novo algoritmo para agendamento de exame e sua aplicação a uma grande universidade na Espanha. O algoritmo combina várias heurísticas baseadas em busca tabu e visa obter não só uma solução sem exames simultâneos, mas a melhor distribuição de exames entre os períodos para todos os alunos.

3 METODOLOGIA

Para o estudo realizado foi utilizado um método de pesquisa quantitativa tendo como objetivo uma boa precisão desde a coleta dos dados até as análises que foram feitas com os resultados. De acordo com Diehl (2004 apud DALFOVO, 2008) pesquisa quantitativa pelo uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se técnicas estatísticas, objetivando resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança.

O trabalho realizado começou com uma busca por estudos com métodos matemáticos de solução aplicados a problemas semelhantes ao problema determinação de escalas de horário em postos de gasolina.

Após uma melhor compreensão dos métodos matemáticos como pesquisa tabu e métodos heurísticos aplicados à solução deste tipo de problema foi definido um método a ser usado para que fosse possível iniciar a coleta de informações necessárias para desenvolver o trabalho, sendo essa então a segunda etapa do estudo.

A coleta de informações ocorreu através de visita ao posto estudado para observar o funcionamento e estrutura do posto, durante a visita foi possível também conversar com o gerente do posto e alguns funcionários.

A terceira etapa do estudo foi a elaboração do modelo a partir do estudo teórico realizado e das informações coletadas. Essa foi considerada a etapa mais importante do trabalho por ser o ponto onde foi consolidado tudo que foi visto previamente e também foi gerada toda informação utilizada na última etapa, através da aplicação do modelo proposto.

A quarta e última etapa do trabalho consistiu em analisar os resultados obtidos através da execução do modelo desenvolvido. Com essa análise foi possível chegar a uma boa conclusão da situação atual do posto considerando a equipe alocada e também uma boa compreensão das soluções analisadas e suas implicações.

4 DESENVOLVIMENTO

Este trabalho visou oferecer ao posto de gasolina estudado um modelo matemático que possa sugerir uma escala de trabalho definindo a alocação de seus funcionários e respeitando, ao máximo, as restrições impostas. O modelo foi construído usando programação linear.

4.1 O Posto de gasolina estudado

Um posto de gasolina de uma cidade do interior de Minas Gerais, trabalha com funcionamento de 06:00 às 22:00 horas dividido em dois turnos. A empresa busca dividir as folgas em fins de semana de acordo com a possibilidade e a preferência dos funcionários desde que sempre esteja de acordo com a legislação para esse tipo de trabalho.

Por lei, os frentistas dos postos de gasolina devem folgar ao menos dois domingos por mês, restrição essa que não havia e, portanto não era considerada nas escalas de horários. Com uma mudança na legislação, a empresa passará a ser obrigada a dar dois domingos por mês de folga para cada funcionário. O estudo utilizou um modelo matemático visando encontrar a melhor distribuição possível dos funcionários obedecendo à legislação e atendendo a demanda da empresa. Neste trabalho usaremos os valores médios do último ano como referência para a demanda.

4.2 Descrição do problema: Programação de horários para frentistas em um posto de gasolina

O problema estudado é uma situação na qual se busca uma definição de como devem ser planejadas as escalas de trabalho para os frentistas do posto de gasolina. No presente caso analisamos um posto de gasolina que trabalha 16 horas por dia (08:00 às 22:00 horas) divididos em dois turnos. Foi analisado somente um turno uma vez que os funcionários possuem um turno do qual fazem parte e sempre são alocados nesse horário. Não há a possibilidade de um funcionário participar da escala dos dois turnos.

Como os turnos possuem características semelhantes os resultados obtidos poderão ser utilizados para o outro turno.

O posto conta atualmente com cinco frentistas trabalhando em cada turno e esse será o número de pessoas consideradas disponíveis para o planejamento inicial.

Para montar a escala foi considerado que os frentistas trabalham oito horas por dia e precisam folgar ao menos um dia a cada seis dias consecutivos trabalhados, caso seja necessário o frentista pode ter uma folga com menos dias trabalhados para que, em outra data, esteja disponível ao planejamento visando atender a demanda e que permita respeitar as outras restrições, porém ter folgas frequentes ou antes do necessário não é o ideal. Também será considerado que ao menos duas das folgas do trabalhador devem ocorrer aos domingos.

Inicialmente foi montado um cenário, chamado de cenário base, com as características atuais do quadro de planejamento, ou seja, foram considerados os cinco funcionários e as restrições de que todos os dias sejam escalados ao menos quatro funcionários por turno. Foi considerado também que o funcionário não pode trabalhar sete dias consecutivos sem uma folga e que para ter uma folga ele deve trabalhar ao menos quatro dias consecutivos. Este cenário visou fornecer ao menos duas folgas aos domingos para cada funcionário e buscou com isso identificar se é possível obter uma programação dos turnos obedecendo à legislação e utilizando somente o quadro de funcionários já existente.

O cenário base foi utilizado também para comparação com os outros cenários obtidos com alterações em diferentes parâmetros, como número de funcionários disponíveis para montar a escala e o número de funcionários exigidos aos domingos.

Após o cenário base foram gerados mais três cenários adicionais para análise (cenário 1, cenário 2 e cenário 3) no qual o primeiro teve uma mudança na quantidade de funcionários disponíveis, visando perceber qual o impacto da contratação de mais uma pessoa, o segundo teve uma mudança na restrição que determina o mínimo de funcionários que devem estar nos turnos de domingo, e o terceiro teve as mudanças dos cenários 1 e 2 juntas, desse modo foi possível identificar novas possibilidades de montagem da escala.

Para o cenário base consideramos que todos os cinco frentistas do turno estavam disponíveis não considerando possibilidade de férias e nem afastamentos e que a escala

deve ser feita considerando trinta dias de trabalho. O número de funcionários por dia deve ser de no mínimo quatro. O número máximo de dias consecutivos de trabalho foi de seis dias.

As escalas obtidas foram como na Figura 1 e o número 1(um) indica que é um dia de trabalho do funcionário e numero 0 indica um dia de folga.

Figura 1– Modelo do Formato da Escala de Trabalho

	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter
Funcionários	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Funcionário 1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Funcionário 2	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Funcionário 3	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Funcionário 4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
Funcionário 5	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Funcionário 6	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1

Para cenário 1 vamos considerar a mesma situação do cenário base alterando apenas o número de frentistas disponíveis. Estarão disponíveis seis frentistas para formar a escala. Esse cenário representa a opção de contratar mais um funcionário visando atender as restrições impostas para a formação da escala de trabalho dos frentistas e sem alterar a capacidade de atendimento do posto.

O cenário 2 terá as mesmas restrições do cenário 1, porém a restrição que exige no mínimo quatro frentistas nos domingos será alterada de modo que sejam exigidos somente três funcionários escalados e assim facilite o cumprimento das duas folgas mensais aos domingos. A quantidade mínima de funcionários para os outros dias continuará sendo de quatro pessoas e o limite máximo de seis dias consecutivos de trabalho também deverá ser respeitado.

4.3 Construindo o modelo matemático

As restrições listadas abaixo foram consideradas para a elaboração do modelo matemático que forneceu a escala de horários para o sistema analisado.

1. O número de funcionários escalados por dia deve ser igual ou maior a quatro;
2. Para todos os dias, ou o funcionário folga ou ele trabalha;

3. O funcionário deve folgar aos domingos pelo menos duas vezes a cada mês;
4. É permitido ao funcionário trabalhar por no máximo seis dias consecutivos;
5. Quatro folgas ao mês foi considerada a quantidade referência de número de folgas;

Sempre que uma das restrições não puder ser cumprida, é considerada uma penalização pelo descumprimento.

Para resolver o problema foi utilizado o software de otimização Lingo vinculado ao software Excel de modo que os dados de entrada foram colocados no Excel e exportados para o Lingo que utiliza as informações para encontrar a solução e depois envia novamente para o Excel onde é possível visualizar o resultado obtido.

Figura 2 – Fluxo de informações



4.3.1 Modelo Matemático

Após análise do problema de agendamento de horários para funcionários de um posto de gasolina e das características a serem consideradas no modelo matemático que foi desenvolvido foi possível definir a função objetivo e suas restrições. O modelo matemático tem por objetivo minimizar os desvios das folgas normais e aos domingos

Definição dos dados de entrada:

F: Conjunto de funcionários com elementos i pertencentes a F;

D: Conjunto de dias de trabalho com elementos d pertencentes a D;

Q: Conjunto de números que indicam a quantidade de folgas esperadas com elementos i pertencentes a F ;

X: Conjunto de escalas com elementos i pertencentes a F e d pertencentes a D ;

P: Conjunto de números que indicam com valor 1 (um) os domingos com elementos d pertencentes a D ;

Variáveis de decisão:

$dn(i)$: Desvio de folgas aos domingos negativos geradas pelo funcionário i ;

$dp(i)$: Desvio de folgas aos domingos positivos geradas pelo funcionário i ;

$dpf(i)$: Desvio de folgas positivas geradas pelo funcionário i ;

$T_{i,d}$: Funcionário i trabalha no dia d ;

$N_{i,d}$: Funcionário i folga no dia d ;

$P_{i,d}$: Funcionário i folga no dia d sendo este dia d um domingo;

$$\min = \sum_{i \in F} (dn_i + dp_i + dpf_i) \quad (4.1)$$

s.a.

$$T_{i,d} + N_{i,d} = 1, \quad \forall d \in D, i \in F \quad (4.2)$$

$$\sum_{i \in F} T_{i,d} \geq 4, \quad \forall d \in D \quad (4.3)$$

$$\left(\sum_{d \in D} N_{i,d} \right) - dpf_i = Q_i, \quad \forall i \in F \quad (4.4)$$

$$\left(\sum_{d \in D} P_{i,d} \right) - dp_i + dn_i = 2, \quad \forall i \in F \quad (4.5)$$

$$\sum_{k=d}^{k=d+6} P_{i,k} \geq 1, \quad \forall i \in F, \forall d \in D \mid d \leq 24 \quad (4.6)$$

$$\sum_{k=d}^{k=d+3} P_{i,k} \leq 1, \quad \forall i \in F, \forall d \in D \mid d \leq 27 \quad (4.7)$$

A função objetivo (4.1) minimiza o desvio das folgas normais e aos domingos. A restrição (4.2) garante que para todos os dias o funcionário folga ou o funcionário trabalha. A restrição (4.3) determina um mínimo de quatro funcionários trabalhando todos os dias. A restrição (4.4) faz com que o funcionário tenda a ter quatro folgas ao mês. A restrição (4.5) faz com que o funcionário tenda a ter duas folgas aos domingos. A restrição (4.6) indica que em um mês de trinta dias nenhum funcionário vai trabalhar sete dias consecutivos sem ter ao menos uma folga. A restrição (4.7) indica que em um mês de trinta dias nenhum funcionário deve folgar mais de uma vez em um intervalo de quatro dias seguidos.

5 RESULTADOS

Nesse capítulo são apresentados todos os resultados obtidos com o modelo desenvolvido. Cada cenário é apresentado de maneira separada e após o detalhamento dos resultados são feitas observações e conclusões sobre o que se obteve de cada um deles.

5.1 Análise dos resultados obtidos

Para apresentar e analisar os resultados obtidos são apresentadas as tabelas geradas através da execução do modelo no software LINGO contendo as escalas de horários, para os frentistas do posto de gasolina, que melhor atendiam às restrições consideradas. Conforme informado anteriormente o modelo visou atender as restrições de que os trabalhadores folguem ao menos dois domingos no mês trabalhado, que recebam uma folga no máximo a cada seis dias consecutivos de trabalho e que sejam sempre alocados ao menos quatro funcionários em cada turno para os dias de segunda a sábado. As restrições de mínimo de funcionários alocados aos domingos e a quantidade de funcionários disponíveis variou de acordo com cada um dos cenários estudados.

Para execução do modelo o software Lingo interagiu com o Excel gerando uma escala de horário com o melhor resultado encontrado considerando as restrições impostas ao cenário. Logo abaixo são apresentadas as figuras 3, 4, 5 e 6 com as das escalas obtidas para cada cenário.

Figura 3 - Escala gerada para o Cenário Base

Cenário Base

Funcionários	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	Total de dias Trabalhados	
funcionário 1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25
funcionário 2	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25
funcionário 3	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25
funcionário 4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	26
funcionário 5	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25	
funcionário 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total de Funcionários por dia	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	126	

Figura 4 – Escala gerada para o Cenário 1

Cenário 1

Funcionários	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	Total de Dias Trabalhados	
Funcionário 1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25
Funcionário 2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	25
Funcionário 3	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	26
Funcionário 4	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	26
Funcionário 5	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25	
Funcionário 6	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	25	
Total de Funcionários por dia	6	4	6	6	4	4	5	5	6	6	4	4	5	5	6	4	6	4	4	6	5	5	6	4	152

Figura 5 – Escala gerada para o Cenário 2

Cenário 2

Funcionários	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	Total de Dias Trabalhados	
Funcionário 1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25
Funcionário 2	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	25
Funcionário 3	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	25
Funcionário 4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	25
Funcionário 5	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	25
Funcionário 6	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	25
Total de Funcionários por dia	5	4	6	4	6	6	3	6	5	5	5	6	5	3	5	5	6	5	4	6	3	6	5	4	150

Figura 6 – Escala gerada para o Cenário 2

Cenário 2

Funcionários	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	qua	qui	sex	sab	dom	seg	ter	Total de Dias Trabalhados	
Funcionário 1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	25
Funcionário 2	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	25
Funcionário 3	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	25
Funcionário 4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	25
Funcionário 5	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	25
Funcionário 6	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	25
Total de Funcionários por dia	5	4	6	4	6	6	3	6	5	5	5	6	5	3	5	5	6	5	4	6	3	6	5	4	150

Nas figuras com os resultados obtidos em cada um dos cenários executados é possível observar a quantidade de dias que cada funcionário deverá trabalhar e que deverá folgar durante o mês. É possível também verificar quantos domingos cada funcionário conseguirá folgar e quantos dias consecutivos deverá trabalhar. Essas informações são importantes uma vez que permitem analisar se os funcionários recebem tantas folgas quanto deveriam, permitem também analisar como está a utilização de cada trabalhador, ou seja, quantas vezes ao mês o trabalhador é escalado para trabalhar.

Observando a Tabela 1 podemos ver que no cenário base não foi possível oferecer duas folgas aos domingos a nenhum dos cinco funcionários da escala, quatro dos funcionários presentes na escala estão com apenas uma folga no domingo e um dos funcionários ficaria sem nenhuma folga nesses dias.

Tabela 1 – Resultado obtido para o cenário base

Funcionários	dn	dp	dpf
Funcionário 1	1	0	1
Funcionário 2	2	0	0
Funcionário 3	1	0	1
Funcionário 4	1	0	1
Funcionário 5	1	0	1

LEGENDA

dn - Número de folgas aos domingos que faltaram para atingir a meta de 2 folgas

dp - Número de folgas aos domingos que passaram da meta de 2 folgas

dpf - Número de folgas no mês a mais que as 4 folgas que são consideradas referência

Na Tabela 2 há o resultado obtido para o cenário 1, para esse cenário foi considerado a disponibilidade de seis funcionários mas é possível perceber que ainda há descumprimento do requisito de ao menos duas folgas aos domingos para cada trabalhador.

A Tabela 3 contém o resultado obtido para o cenário 2 que considerou o mesmo número de funcionários (cinco) do cenário base, porém com uma diferença, neste cenário a restrição de um mínimo de quatro pessoas trabalhando aos domingos foi alterada para mínimo de três funcionários. Esta alteração também não resolveu a situação não sendo possível construir a escala sem penalizações.

Tabela 2 – Resultado obtido para o cenário 1

Funcionários	dn	dp	dpf
Funcionário 1	1	0	1
Funcionário 2	1	0	1
Funcionário 3	2	0	0
Funcionário 4	2	0	0
Funcionário 5	1	0	1
Funcionário 6	1	0	1

LEGENDA

dn - Número de folgas aos domingos que faltaram para atingir a meta de 2 folgas

dp - Número de folgas aos domingos que passaram da meta de 2 folgas

dpf - Número de folgas no mês a mais que as 4 folgas que são consideradas referência

Tabela 3 – Resultado obtido para o cenário 2

Funcionários	dn	dp	dpf
Funcionário 1	1	0	1
Funcionário 2	2	0	0
Funcionário 3	1	0	1
Funcionário 4	1	0	1
Funcionário 5	1	0	1

LEGENDA

dn - Número de folgas aos domingos que faltaram para atingir a meta de 2 folgas

dp - Número de folgas aos domingos que passaram da meta de 2 folgas

dpf - Número de folgas no mês a mais que as 4 folgas que são consideradas referência

Tabela 4 – Resultado obtido para o cenário 3

Funcionários	dn	dp	dpf
Funcionário 1	0	0	0
Funcionário 2	0	0	0
Funcionário 3	0	0	0
Funcionário 4	0	0	0
Funcionário 5	0	0	0
Funcionário 6	0	0	0

LEGENDA

dn - Número de folgas aos domingos que faltaram para atingir a meta de 2 folgas

dp - Número de folgas aos domingos que passaram da meta de 2 folgas

dpf - Número de folgas no mês a mais que as 4 folgas que são consideradas referência

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos para o cenário 3 que considerou o mesmo número de funcionários (seis) do cenário 1, porém com uma diferença, neste cenário a restrição de um mínimo de quatro pessoas trabalhando aos domingos foi alterada para mínimo de três funcionários. Com essas alterações foi possível obter uma escala de horários que atendeu a todas as restrições.

Após analisar todos os resultados apresentados para cada um dos cenários é possível verificar que para que todas as restrições sejam atendidas apenas a contratação de mais um funcionário não resolveria, tampouco somente a alteração na restrição de mínimo de funcionários alocados aos domingos. Para atender a necessidade do posto e obedecer a todas as restrições uma solução encontrada foi de que o posto além de contratar um funcionário deveria analisar a possibilidade de alterar a quantidade de frentistas que é exigida nos turnos aos domingos. Caso o número exigido passe de quatro para três funcionários por turno, então seria possível construir uma escala obedecendo todas as restrições.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o propósito de estudar a possibilidade da construção de uma escala de horário utilizando programação linear e através da escala gerada observar a possibilidade de atender a demanda do posto de gasolina com o quadro de funcionários atual e também de testar possíveis mudanças no quadro de funcionários para atender as exigências de demanda mantendo o nível de serviço oferecido.

Para a construção das escalas de horários para os funcionários foi criado um modelo matemático utilizando programação linear. Esse modelo foi capaz de gerar os quadros com as escalas para os funcionários considerando as restrições que foram impostas.

Num primeiro momento foi identificado através do cenário base que com o quadro atual de funcionários não seria possível atender as restrições que foram colocadas, pois os funcionários não receberiam duas folgas ao mês aos domingos. Além do cenário base os cenários 1 e 3 foram criados com um funcionário a mais disponível para a escala, ou seja, seis funcionários estariam na nova escala de horários.

Com a adição de uma pessoa a mais foi possível identificar uma maior disponibilidade de frentistas em quase todos os dias, o que poderia representar um ganho no tempo de atendimento e conseqüentemente na qualidade do serviço oferecido, porém o objetivo principal ao se contratar mais uma pessoa era de atender a exigências que foram impostas como restrições ao modelo e isso não ocorreu. Mesmo com um funcionário a mais disponível na escala não seria possível oferecer dois domingos de folga para todos os frentistas.

O cenário 2 mostrou então uma alternativa que foi alterar a restrição de mínimo de funcionários alocados aos domingos. Essa alteração mantendo o número de funcionários do cenário base (cinco) não se mostrou suficiente.

Somente com a alteração no número mínimo de funcionários exigido aos domingos e o aumento no quadro de funcionários (cenário 3) permitiu que se obtivesse uma escala de horários favorável e que atendeu todas as restrições impostas.

A utilização de programação linear para formular um quadro de horários se mostrou eficiente, principalmente por se tratar de um modelo simples e baixa complexidade. Fica como proposta para novos trabalhos, a utilização de outros métodos para obter a escala

de trabalho e também o estudo de mais cenários, considerar mais possibilidades alterando tanto as restrições como a disponibilidade de funcionários pode trazer novos bons resultados para estudo.

A utilização da programação linear para obter a escala de trabalho para o posto de gasolina foi considerada satisfatória, uma vez que permite a empresa gerar uma escala de trabalho de maneira fácil e também por ser possível alterar os parâmetros e adaptar a futuras necessidades que possam surgir ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

AYOB, M. et al. Solving a practical examination timetabling problem: A case study. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics). Part 3. [S.l.: s.n.], 2007. (Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), v. 4707 LNCS), p. 611 – 624. ISBN 9783540744825.

BILLIONNET, A. Integer programming to schedule a hierarchical workforce with variable demands. *European Journal of Operational Research*, Elsevier, v. 114, n. 1, p. 105 – 114, 1999.

BURKE, E.; SOUBEIGA, E. A Real-World Workforce Scheduling Problem in the Hospitality Industry: Theoretical Models and Algorithmic Methods. In: CITESEER. see <http://webhost.ua.ac.be/eume/workshops/reallife/burke.pdf>. [S.l.], 2003.

CHEN, W.-H.; LIN, C.-S. A hybrid heuristic to solve a task allocation problem. *Computers Operations Research*, Elsevier, v. 27, n. 3, p. 287 – 303, 2000.

DALFOVO, Michael Samir; LANA, Rogério Adilson; SILVEIRA, Amélia. Métodos quantitativos e qualitativos: um resgate teórico. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada*, Blumenau, Sem II. 2008 ISSN 1980-7031, v.2, n.4, 2008, p. 01- 13.

DIAS, T. M. et al. Constructing nurse schedules at large hospitals. *International Transactions in Operational Research*, Blackwell Publishing, v. 10, n. 3, p. 245 – 265, 2003. ISSN 1475-3995. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/1475-3995.00406>>.

JARRAH, A. I.; BARD, J. F.; DESILVA, A. H. Solving large-scale tour scheduling problems. *Management Science*, INFORMS, v. 40, n. 9, p. 1124 – 1144, 1994.

TIBREWALA, R.; PHILIPPE, D.; BROWNE, J. Optimal Scheduling of Two Consecutive Idle Periods. *Management Science*, INFORMS, v. 19, n. 1, p. 71 – 75, 1972.

VALDES, R. A.; CRESPO, E.; TAMARIT, J. M. A tabu search algorithm to schedule university examinations. *Questiío: Quaderns d'Estadística, Sistemes, Informatica i*

Investigació Operativa, Universitat Politècnica de Catalunya, v. 21, n. 1, p. 201 – 215,
1997.