

Projeto de Escalonamento Alocação de médicos

Atol Fortin de Oliveira

15 de dezembro de 2009

Sumário

1	Introdução	3
2	O Problema	4
2.1	Especificação do problema	4
2.2	Resumo das variáveis definidas	5
2.3	Restrições que caracterizam o Problema	6
3	Solução Proposta	7
3.1	Modelando o problema	7
3.2	Aplicando algoritmo de busca tabu ao modelo proposto	9
3.3	Resultados	9
4	Conclusão	10

1 Introdução

Como projeto para esta disciplina vou tratar de um problema real, que muitos hospitais gostariam saber resolver de maneira ótima. Chamaremos este problema de *problema da alocação de médicos a um hospital*. O problema em questão é muito rico, admitindo muitas variantes, que serão discutidas mais adiante.

Apresento neste projeto uma modelagem de tal problema como um problema de escalonamento, e também alguns resultados obtidos ao aplicar o *algoritmo de busca tabu*.

Para termos uma visão geral do problema, seguem as propriedades que caracterizam este problema. O problema trata-se de encontrar uma alocação de médicos a um hospital ao longo de um ano. Todo dia deve ter um número fixo de médicos no plantão noturno de 12 horas, sendo que médicos devem estar divididos em grupos de tamanhos fixos, atuando em setores diferentes.

A quantidade fixa de médicos no plantão noturno de 12 horas, os setores de atuação, e a quantidade de médicos em cada setor devem ser definidas pelo próprio hospital. Os setores de atuação dos médicos podem ser, por exemplo, PS (pronto socorro), UTI (unidade de tratamento intensivo), UCO (unidade coronariana), entre outras.

É necessário que consigamos minimizar a diferença do número de horas trabalhadas pelos médicos ao longo do ano, além de tentar garantir boa distribuição dos plantões para os médicos. É muito vanjatoso, tanto para os médicos quanto para o hospital, que os plantões dos médicos estejam bem distribuídos nos setores, ao longo do ano, e se possível, ao longo dos meses. Um outro fator que dificulta a obtenção de uma solução boa é que médicos podem fazer restrições de dias específicos da semana, ou datas especiais, em que não podem trabalhar.

Também é importante garantir uma boa distribuição dos plantões dos médicos em finais de semana e feriados.

Veja que como estamos trabalhando em um problema especificado por um hospital real, teremos também algumas características específicas, que serão listadas no próximo parágrafo. É claro que outros hospitais poderiam estar interessados em garantir outras propriedades, sendo então necessária uma adaptação à solução que proposta. Felizmente, da maneira como o problema foi resolvido, modificações podem ser feitas sem causar muito impacto.

No problema em questão, alguns médicos são estrangeiros. Em uma noite de plantão não podemos ter dois médicos estrangeiros, nem mesmo atuando em setores diferentes. Além disso, os médicos são divididos em 12 grupos de tamanhos iguais. Em cada mês um grupo recebe férias, e um outro grupo deve ficar alocado a um setor específico, que requer muito serviço, ao longo do mês inteiro. Tais grupos são pré-estabelecidos, assim como quais grupos receberão férias e trabalharão no setor especial em cada mês.

2 O Problema

2.1 Especificação do problema

Para conseguirmos captar a essência do problema, vamos apresentar algumas definições, para então podermos descrever e formalizar as restrições que caracterizam o problema.

Denotamos por $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ o conjunto de n médicos, e por $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ os m setores de atuação dos médicos. Denotamos por K o número de médicos exigidos em cada plantão, onde podemos chamar de k_1 a quantidade de médicos que devem atuar no setor b_1 , de k_2 a quantidade de médicos que devem atuar no setor b_2 , e assim por diante, até k_m , que representa a quantidade de médicos que deve atuar no setor k_m . Além disso, temos que ter $K = \sum_{i=1}^m k_i$.

Cada médico a_i tem uma lista L_i de datas em que não pode trabalhar, onde L_i contém datas dos dias em que o médico a_i não pode trabalhar. Assim, conseguimos representar dias específicos da semana, ou datas especiais, em que cada médico não pode trabalhar. Temos também uma lista E que representa os médicos estrangeiros.

Precisamos saber a qual grupo cada médico pertence. Denotamos por $G = (g_1, g_2, \dots, g_{12})$ a lista de grupos, sendo que os grupos são dois a dois disjuntos e $A = \cup_{i=1}^{12} g_i$. Além disso, precisamos de uma lista de todos os feriados que ocorrerão ao longo do ano.

Dado isso, queremos determinar uma alocação C de médicos, onde C_i representa a lista de datas e setores em que o médico a_i deve trabalhar. Para ajudar a definir as restrições que serão listadas na próxima seção (2.3), veremos algumas outras definições.

Dada uma alocação C , podemos calcular alguns valores. Para cada médico a_i definimos por h_i a quantidade de horas que a_i deve trabalhar ao longo do ano, por p_i a quantidade de plantões que a_i deve realizar ao longo do ano. Seja $h_{i,j}$ o número de horas que o médico a_i deve atuar no setor b_j e $p_{i,j}$ a quantidade de plantões que a_i deve realizar no setor b_j ao longo do ano.

Vamos também fazer algumas hipóteses simplificadoras, que podem ser adaptadas facilmente. Assumiremos que todos os meses do ano possuem 30 dias, e que o ano começa em uma segunda-feira. Assim fica mais simples conseguirmos definir as restrições dos médicos.

2.2 Resumo das variáveis definidas

Segue um resumo das variáveis definidas, sendo que as 6 primeiras delas constituem uma instância do problema da alocação de médicos a um hospital.

- $A = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ representa os n médicos.
- $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ representa as m áreas que o hospital oferece.
- $k =$ número de médicos que devem realizar um plantão, sendo k_j deles atuando no setor b_j .
- $L =$ lista de datas em que os médicos não podem trabalhar.
- $E =$ lista de médicos estrangeiros.
- $G =$ grupos de médicos, para definir férias e atuação em um setor especial, que exige muita demanda.
- $h_{i,j} =$ número de horas que o médico i deve realizar no setor j ao longo do ano.
- $p_{i,j} =$ número de plantões que o médico i deve realizar no setor j ao longo do ano.

2.3 Restrições que caracterizam o Problema

Após definir do que se trata o problema, podemos definir as restrições que podem ser determinadas pelo hospital e pelos médicos de maneira mais concreta. Segue a lista de restrições. As 4 primeiras restrições são as restrições fortes (em vermelho), e as demais restrições são as restrições fracas do nosso problema (em azul).

1. Um médico não pode dar dois plantões ao mesmo tempo.
2. O número de médicos em cada plantão deve ser exatamente K , sendo que k_1 deles devem atuar no setor b_1 , e assim por diante até o setor b_m .
3. Queremos minimizar a maior diferença do número de plantões dados por qualquer par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2})
4. Exatamente um grupo g_i de médicos deve tirar férias por mês, e exatamente um grupo g_j de médicos deve trabalhar em um setor especial b_{m+1} .
5. Queremos respeitar as restrições de datas dos médicos.
6. Queremos minimizar a maior diferença do número de vezes que cada par de médicos realiza plantão um setor.
$$\min\{\max\{|p_{i_1,j} - p_{i_2,j}| : 1 \leq i_1 \leq n, 1 \leq i_2 \leq n, 1 \leq j \leq m\}\}.$$
7. Queremos minimizar a soma das diferenças do número de vezes que cada par de médicos realiza plantão em cada setor.
$$\min\{\sum_{i_1=1}^n \sum_{i_2=1}^n \sum_{j=1}^m |p_{i_1,j} - p_{i_2,j}|\}.$$
8. Queremos que um médico tenha alguns dias de descanso entre os plantões. Veja que essa restrição poderia variar dependendo do setor em que o plantão foi realizado.
9. Queremos minimizar a maior diferença do número de plantões em finais de semana que um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) realiza. Junto com isso, queremos minimizar também a soma das diferenças do número de plantões em finais de semana para cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) .
10. Queremos minimizar a maior diferença do número de plantões em feriados de 3 dias que um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) realiza. Junto com isso, queremos minimizar também a soma das diferenças do número de plantões em feriados de 3 dias para cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) .
11. Queremos minimizar a maior diferença do número de plantões em feriados de 4 ou mais dias que um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) realiza. Junto com isso, queremos minimizar também a soma das diferenças do número de plantões em feriados de 4 ou mais dias para cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) .
12. Não podemos ter dois médicos estrangeiros em um mesmo plantão, nem mesmo atuando em setores diferentes.

3 Solução Proposta

3.1 Modelando o problema

A modelagem que será descrita adiante permite que consigamos aplicar algoritmos como *busca tabu* ou *algoritmos genéticos*.

Dada uma instância do problema de alocação dos médicos a um hospital, construímos uma instância de um problema de escalonamento da seguinte maneira:

- Tarefas com custo unitário. Cada tarefa representa um plantão de um médico. Como o número de plantões ao longo do ano é $K*360$, teremos esse número de tarefas. Distribuimos igualmente essas tarefas entre os n médicos.
- Temos K máquinas para representar a realização dos plantões. Assim, representando uma alocação por uma matriz com K linhas e 360 colunas, cada coluna de tarefas de uma alocação nas K máquinas representa uma noite de plantões. As k_1 primeiras linhas dessa matriz representam os plantões que devem ser dados do setor b_1 , e assim por diante.
- Consideramos também uma função objetivo. Iremos atribuir um valor Q à uma alocação, representando a sua qualidade. Queremos encontrar uma alocação que minimize Q . Como é necessário garantir as restrições fortes do problema original, diremos que qualquer alocação que não as respeite terá qualidade $Q = \infty$. Além disso, queremos fazer o possível para garantir as restrições fracas. Para isso, iremos adotar valores que serão somados à Q quando as restrições fracas não são respeitadas, penalizando as alocações. Aplicando um fator multiplicativo aos valores de penalidade de cada restrição fraca, conseguimos definir quais delas são mais ou menos importantes.

Portanto, para uma alocação que respeita as restrições fortes, a penalidade da qualidade desta alocação será dada por:

$$Q = \sum F_i * x_i,$$

onde F_i representa a penalidade da i -ésima restrição, e x_i representa o fator multiplicativo desta restrição, ou seja, sua importância. Segue a lista de restrições.

1. Penalizamos uma alocação que contém mais de 1 médico estrangeiro de plantão.
2. Penalizamos uma alocação pela maior diferença de plantões dados por um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) em um setor qualquer.
3. Penalizamos uma alocação pela soma das diferenças de plantões dados por cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) em cada os setores.

4. Penalizamos uma alocação para cada médico que deve dar plantão em um dia indesejado.
5. Penalizamos uma alocação para cada dois plantões consecutivos de cada médico.
6. Penalizamos uma alocação pela maior diferença de plantões em finais de semana que um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) deve trabalhar.
7. Penalizamos uma alocação pela soma das diferenças de plantões em finais de semana que cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) deve trabalhar.
8. Penalizamos uma alocação pela maior diferença de plantões em feriados de 3 dias que um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) deve trabalhar.
9. Penalizamos uma alocação pela soma das diferenças de plantões em feriados de 3 dias que cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) deve trabalhar.
10. Penalizamos uma alocação pela maior diferença de plantões em feriados de 4 ou mais dias que um par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) deve trabalhar.
11. Penalizamos uma alocação pela soma das diferenças de plantões em feriados de 4 ou mais dias que cada par de médicos (a_{i_1}, a_{i_2}) deve trabalhar.

3.2 Aplicando algoritmo de busca tabu ao modelo proposto

Podemos utilizar o algoritmo de busca tabu para resolver o modelo proposto. Para isso, basta definir a vizinhança de uma alocação, pois o critério de para decidir se uma alocação é melhor que outra é obtido através do modelo descrito.

Inicialmente, começamos com uma alocação “qualquer”. A alocação inicial junto com a maneira de construir a vizinhança de uma alocação nos garantem algumas restrições fortes trivialmente. Nessa alocação inicial, apenas o que fazemos é dividir igualmente entre os médicos tarefas que representam os plantões, e alocá-las de qualquer forma nas máquinas, de modo a preencher cada máquina com 360 tarefas. A construção da vizinhança é feita através de uma única troca de plantão entre dois médicos. Portanto, a quantidade de plantões de cada médico é preservada.

A restrição forte que diz que um médico não pode dar dois plantões ao mesmo tempo pode ser facilmente resolvida na implementação. Com relação à outra restrição forte, que diz respeito aos grupos que devem ficar de férias e atuar no setor especial, isso também será considerado como uma penalização caso seja desrespeitada em uma alocação. Basta penalizar com um valor bem alto, que o algoritmo irá tentar respeitar ao máximo essa restrição.

Pretendo ainda descrever alguns detalhes de implementação, como:

- Permite flexibilidade de reconhecimento de entrada.
- Estrutura utilizada.
- Consumo de tempo.
- Otimizações.

3.3 Resultados

Estou implementando o algoritmo e fazendo alguns testes.

Pretendo disponibilizar alguns *screen shots* do algoritmo funcionando, e também descrever quais foram os resultados obtidos. Pretendo comparar resultados das alocações obtidas através do algoritmo, e as alocações que foram usadas pelo hospital. Acredito que o algoritmo final deverá encontrar boas soluções.

4 Conclusão

O problema escolhido me pareceu muito interessante, principalmente por ser um problema real. Ao longo do desenvolvimento deste projeto, muitas dúvidas foram surgindo, e tive que ir em busca de dados que estavam faltando sobre o problema. Tendo isso em vista, que muitos detalhes sobre restrições e propriedades do problema podem estar sempre sofrendo alterações, ou até mesmo podem ter sido omitidas/esquecidas pelo próprio hospital, acredito que o modelo proposto é muito robusto, pois permite modificações sem muita dificuldade.

O problema estudado tem suas características específicas, porém muitas outras restrições poderiam ser interessantes também. Além disso, acredito que o problema poderia ser estendido de forma a considerar uma rede de hospitais, distância entre os hospitais, aparelhos/recursos dos hospitais e muitas outras variantes, tornando o problema ainda mais interessante.

Outros mecanismos também podem ser aplicados para resolver esse problema, como *algoritmos de busca genética* e outras meta-heurísticas, além de ser possível pensar em resolver o problema como um problema de programação linear, ou até modelar o problema de forma mais completa, para que possa ser usado algum algoritmo específico.