

Metaheurísticas para a elaboração de escalas de trabalho de técnicos de enfermagem

Maira Regina Poltosi, Arthur Tórgo Gomez

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
Av. Unisinos, 950 - CEP 93.022-000 – São Leopoldo – RS – Brasil

mpoltosi@gmail.com, breno@unisinos.br

***Abstract.** The health care providers are affected by problems of personnel costs. Usually, the generation of the rosters is a hand-made and time-consuming task and does not always comply with the legislation and the internal rules. We present an approach for rosters generation for the nursing technicians, according to legal and internal restrictions and in a satisfactory time. It also aims at giving the employees a higher level of satisfaction concerning their day off preferences and fair distribution of unpopular shifts. The proposal is to apply a Tabu Search metaheuristic combined with Genetic Algorithm. Experiments were carried out with artificial test cases based on real data. The results are satisfactory showing the solution feasibility.*

***Resumo.** Problemas de custos com pessoal também afetam a área da saúde. Usualmente, as escalas de trabalho são elaboradas manualmente, consumindo muito tempo e nem sempre atendendo a legislação e normas internas. Apresentamos uma abordagem para a geração de escalas de trabalho para técnicos de enfermagem, de acordo com restrições legais, em um tempo satisfatório. A ferramenta também busca atender preferências de folgas e uma justa distribuição dos plantões impopulares. A proposta é aplicar a metaheurística Busca Tabu combinada com Algoritmo Genético. Foram realizados experimentos com casos de teste baseados em dados reais, obtendo-se resultados satisfatórios mostrando a viabilidade da solução.*

1. Introdução

Problemas de produtividade e rotatividade de pessoal afetam os custos das empresas. Os provedores de cuidados de saúde também sofrem com estes problemas, sendo que nesta área, o controle de custos não pode comprometer a qualidade do atendimento. Em consequência disso, os hospitais e a classe médica buscam intensivamente medidas efetivas para aumentar a produtividade do pessoal. A falta de ferramentas computacionais para a elaboração das escalas de trabalho de pessoal de enfermagem que gerem resultados condizentes com a realidade, em um tempo computacional aceitável, faz com que a maioria dos hospitais e clínicas realizem esta tarefa manualmente. É uma tarefa demorada, visto que as escalas devem atender à legislação, às normas internas das organizações e às preferências dos funcionários, requisitos geralmente conflitantes.

Este trabalho propõe um modelo para a geração de escalas de trabalho mensais para os técnicos de enfermagem de um hospital real. Foram examinadas as regras operacionais do hospital e as restrições da legislação que devem ser atendidas. De modo

obter um maior nível de satisfação dos funcionários busca-se humanizar a escala atendendo as preferências de dias de folga e distribuição equitativa dos plantões impopulares.

A literatura sobre o problema de elaboração de escala de trabalho é vasta, como se pode ver em Burke et al (2004b), Ernst et al (2004a) e Ernst et al (2004b). As variações das pesquisas são observadas tanto nas áreas de aplicação e definição do problema como nos métodos de solução empregados. Devido ao grande número de variáveis e restrições envolvidas, classifica-se como um problema NP-Difícil em Burke et al (2003). Casos reais do problema têm sido tratados com metaheurísticas como Simulated Annealing em Dowling et al (1997), Busca Tabu em Burke et al (1998) e Dowsland (1998) e Algoritmos Genéticos em Burke et al (2001) e Özcan (2005).

2. Descrição do Problema

A gestão de pessoal abrange o dimensionamento da força de trabalho, a alocação e a designação de tarefas a esta força de trabalho, de acordo com os requisitos internos e externos de uma organização. A elaboração das escalas de trabalho corresponde à etapa de alocação de pessoal a períodos de tempo e, opcionalmente, a locais.

Para prestar atendimento de 24 horas, nos 7 dias da semana, a área da saúde adota escala por turnos. Uma escala mensal de enfermagem apresenta a distribuição da equipe de uma enfermaria, considerando todos os dias do mês e os turnos de trabalho, que são, geralmente, manhã e tarde de 6hs e noite de 12hs. O regime de trabalho de 12x36hs torna a elaboração da escala da noite bastante simples, não fazendo parte deste estudo. Na escala, também são registradas as ausências tais como folgas, férias e licenças. A escala mensal tem a estrutura de uma matriz bidimensional onde cada linha corresponde à escala de um técnico, também chamada de escala individual, e as colunas representam os dias do período que está sendo considerado.

Na geração da escala mensal, de modo a obter resultados de boa qualidade, devem ser consideradas a legislação trabalhista, normas da instituição, as regras e a dinâmica da enfermaria. Também é desejado uma escala humanizada. Estes aspectos determinam as restrições que a escala deve atender.

2.1. Restrições Obrigatórias

As restrições obrigatórias são aquelas que devem ser atendidas para que uma escala seja considerada viável. Neste trabalho, as restrições abaixo são consideradas obrigatórias.

- Cobertura mínima: as folgas devem ser planejadas de forma garantir o número mínimo necessário de profissionais em assistência, de acordo com a demanda de cada enfermaria/turno/dia;
- Folgas: deve ser concedido no mínimo o número de folgas obrigatórias por lei para cada técnico. O total de folgas concedidas não pode ultrapassar o número de folgas obrigatórias mais o número de folgas adicionais a que o técnico possa ter direito;
- Disponibilidade: se em determinado dia o técnico está em licença ou férias, ele não pode ser escalado para o trabalho.

2.2. Restrições Desejáveis

Representam um conjunto de fatores que contribuem para a qualidade da escala resultante, sendo passíveis de relaxação. É praticamente impossível encontrar uma escala que atenda a todos os requisitos desejáveis, Burke et al (2004a). Estas são:

- Solicitações: representam as datas solicitadas para as folgas;
- Distribuição dos plantões: distribuir os plantões em dias impopulares (sábados, domingos e feriados) de forma equitativa entre os funcionários.
- Fim-de-semana: cada funcionário deve receber uma folga em um sábado e em um domingo ou em um sábado e um feriado.
- Folgas adicionais: horas trabalhadas além da carga horária regulamentar e feriados trabalhados são convertidos em folgas adicionais. Conceder o máximo possível de folgas adicionais que um técnico possa ter direito.
- Intervalo: respeitar ao máximo o intervalo entre as folgas determinado por lei. Na prática é possível flexibilizar este prazo.
- Cobertura ideal: a preferência é trabalhar com o máximo possível de pessoal alocado. Mas há um número mínimo ideal de pessoal a ser alocado a cada enfermaria/turno/dia.

3. Metodologia

Esta pesquisa envolveu a definição de um modelo matemático, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional e realização de testes de validação. A seguir são apresentados o modelo matemático, a arquitetura do programa desenvolvido e como as metaheurísticas Busca Tabu e Algoritmo Genético foram aplicadas, maiores detalhes em Poltosi e Gómez (2008).

3.1 Definição do Modelo Matemático

Os problemas de escalonamento de pessoal são considerados problemas de otimização combinatória(POC). Por otimização entenda-se buscar o maior, ou o menor, resultado de uma função objetivo(FO) cujas variáveis atendem a um conjunto de restrições.

Neste modelo, cada variável de decisão(VD) representa uma penalidade por restrição desejável não atendida. A FO avalia a qualidade da solução indicando o quanto as restrições desejáveis estão sendo satisfeitas, buscando a menor soma das penalidades. A cada uma das VD é atribuído um peso, que indica a importância desta variável na FO. A Tabela 1 apresenta a definição das variáveis utilizadas no modelo proposto.

Tabela 1. Variáveis da formulação matemática do modelo proposto.

X	Representa a solução como o conjunto de todas as variáveis de decisão x_{ijk} .
$F_s(X)$	VD Solicitações – representa a penalidade por folgas solicitadas e não atendidas.
$F_p(X)$	VD Distribuição dos plantões – é o desvio padrão da distribuição dos plantões, aos sábados, domingos e feriados.

$F_f(X)$	VD Fim-de-semana – penaliza a cada técnico que não teve esta requisição atendida.
$F_a(X)$	VD Folgas adicionais – penalidade a cada folgas adicionais de cada técnico não concedidas na escala.
$F_i(X)$	VD Intervalo – penalidade dos intervalos entre folgas que excederam o limite legal, mas ainda dentro da relaxação permitida.
$F_{i+}(X)$	VD Intervalo+ - penalidade dos intervalos entre folgas que excederam o limite legal além da relaxação permitida.
$F_c(X)$	VD Cobertura – representa a penalidade para as ocorrências de cobertura abaixo do mínimo ideal.

Para separar o problema em subproblemas, reduzindo o espaço de busca, conforme em Burke et al (2004a), e obter ganhos computacionais e na qualidade da solução final, como sugerido por Blöchliger (2004), as escalas são elaboradas separadamente por enfermaria/turno visto que as equipes são específicas de cada enfermaria e turno.

3.2 Arquitetura

O processo de elaboração de uma escala começa com o programa gerando uma escala inicial a partir de parâmetros informados: período (mês/ano) para o qual elaborar a escala, número de técnicos, cobertura ideal requerida, relaxação permitida na cobertura, intervalos máximo e mínimo desejado entre as folgas, a relaxação permitida no intervalo máximo e pesos das variáveis da FO. O objetivo é obter uma escala viável, onde apenas os requisitos obrigatórios são atendidos sem preocupação com a qualidade da escala construída. A cobertura diária poderá ser atendida com ou sem relaxamento e apenas as folgas obrigatórias serão concedidas.

Esta escala será a solução inicial para a Busca Tabu (BT), método sugerido por Glover (1989). A escala resultante no final da BT é submetida ao Algoritmo Genético (AG) como uma estratégia de diversificação. Segundo Burke et al (2004a) “A eficiência da Busca Tabu pode ser aumentada aplicando diversificação”. A escala diversificada realimentará uma nova Busca Tabu para refinamento da solução. Este ciclo termina quando um número de diversificações informado previamente for atingido ou quando o AG não alterar a escala.

As informações específicas de cada técnico, como dias de preferência de folgas, última folga do período anterior, número de folgas adicionais e indisponibilidade, são fornecidas pelo caso de teste, simulando dados que na prática seriam obtidos em uma base de dados.

No final do processo, o sistema apresenta a melhor escala obtida, onde está indicado, a cada dia, se os técnicos estarão em assistência ou em folga. Também são expostos o percentual de melhora obtida na função objetivo em relação à escala inicial e o valor de cada parcela que compõem a função objetivo, entre outros resultados.

3.3 Busca Tabu

No modelo proposto, a cada iteração da BT são examinadas duas vizinhanças. A primeira vizinhança atua como uma pequena diversificação da escala uma vez que seus movimentos alternam a escala de um técnico/dia, entre folga e trabalho. Como na construção da solução inicial são atendidas apenas as folgas obrigatórias do período, este movimento visa atender a restrição Folgas adicionais indicando quantas, para quem e quando, folgas adicionais conceder. A cada técnico com direito a receber mais folgas do que já está designado, é verificado para qual dia a concessão de uma folga resulta em uma menor FO. Também é verificado se o número de folgas concedidas para este técnico, é maior que o número de folgas obrigatórias. Em caso positivo, avalia-se o impacto na FO causado pela substituição de cada folga por trabalho. Entre estas duas possibilidades, conceder ou retirar folga, o movimento que resultar na menor FO é realizado na escala.

A segunda vizinhança é gerada por movimentos de troca (*swap*). São avaliadas todas as trocas entre as escalas diferentes (folga ou trabalho), de cada técnico/dia diferentes, de acordo com a disponibilidade dos técnicos e que resultem em escalas viáveis, ou seja, atendem os requisitos de cobertura e o número de folgas concedidas a cada técnico não é menor que o número de folgas obrigatórias nem maior que o número de folgas obrigatórias mais às folgas adicionais. A cada iteração, é realizado na escala o movimento que resultar na menor FO.

3.4 Algoritmo Genético

Neste modelo o AG é aplicado como uma forma de diversificação mais agressiva que o movimento de diversificação realizado na BT. Troca várias escalas técnico/dia buscando atingir regiões do espaço de soluções que os movimentos da Busca Tabu não alcançaram.

O AG implementado seleciona a população inicial da escala resultante da BT, sendo a escala de cada técnico um candidato a indivíduo desta população. Cada escala individual é um cromossomo e cada dia é um gene. Serão selecionadas as escalas individuais com o valor da função Solicitações maior que um (mais de uma data de folga solicitada não atendidas) e/ou com o valor da pena Fim-de-semana igual a um (técnico não tem folgas em um sábado e em um feriado ou em um sábado e em um domingo). O parâmetro Tamanho da População limita o número máximo de indivíduos que serão selecionados. O AG prossegue se no mínimo dois indivíduos forem selecionados.

A cada iteração, são selecionados dois indivíduos da população inicial, que ainda não cruzaram entre si, chamaremos estes indivíduos de pai 1 e pai 2. A partir destes, será criada uma população de filhos. A probabilidade de cruzamento é de 100% e a de mutação é de 0%. O parâmetro Número de Gerações indica quantos cruzamentos devem ser realizados. A cada cruzamento é gerado aleatoriamente um ou dois pontos de corte e os segmentos das escalas pais são combinados gerando filhos.

Após as gerações, é verificado se algum filho substitui o pai 1 com diminuição no valor da FO. Em caso positivo, o pai é substituído pelo filho que promover a maior redução no valor da FO e é eliminado da população inicial, caso contrário o pai permanece para futuros cruzamentos. Este mesmo processo de substituição é repetido

para o pai 2. Após, todos os filhos gerados são descartados e o algoritmo retorna a selecionar dois pais da população inicial.

O processo de cruzamento termina quando não há mais um mínimo de dois indivíduos na população inicial que ainda não cruzaram entre si, ou ainda, quando os indivíduos restantes já cruzaram entre si, mas não obtiveram melhoria na FO.

4. Experimentos e resultados

Os experimentos foram realizados em um computador com processador Intel 1.66 GHz Duo Core e 1 Gb de RAM, com o sistema operacional Windows XP Professional Versão 2000 Service Pack 2 em velocidade de processamento Normal. A aplicação foi desenvolvida em uma *thread*, utilizando apenas um processador.

A falta de casos de teste padronizados, devido às variações nos modelos propostos e de resultados reconhecidos, dificulta a comparação dos resultados deste trabalho. Como casos de testes têm sido utilizados geradores de casos de teste aleatórios como em Özcan (2005), casos artificiais baseadas em dados reais, em Dowsland (1998) ou dados de casos reais como em Burke et al (1998), Burke et al (2001), Burke et al (2003), Burke et al (2004a). Neste trabalho foi utilizado um caso de teste artificial baseado em dados reais coletados em um grande hospital.

As seguintes condições foram aplicadas em todos os experimentos: 20 técnicos, sendo um técnico indisponível por todo o período devido à licença e três profissionais ausentes por quinze dias, em férias. Para todos os dias a cobertura mínima ideal é de 14 técnicos permitindo o relaxamento na cobertura de uma pessoa. Tamanho da lista tabu em 10 e o número máximo de iterações na BT sem melhoria igual a 50, intervalo entre folgas máximo de seis dias e mínimo de quatro dias.

Informações específicas de cada técnico como datas de folgas solicitadas, data da última folga no período anterior e disponibilidade são fornecidas pelo caso de teste, simulando dados que, na prática, seriam obtidos de uma base de dados.

Para obter uma solução não-tendenciosa (SNT), em que cada VD contribui da mesma forma que as demais na FO, os pesos das parcelas da FO foram calibrados, normalizando os valores que cada parcela pode assumir. Nesta etapa, o melhor resultado foi obtido com BTmax igual a 50 e Lista Tabu comportando 30 movimentos, obtendo-se uma melhoria de 70,88%. A partir desta calibragem, foram realizados experimentos ativando a diversificação pelo AG, para avaliar o desempenho em termos de ganho na FO e impacto no tempo de processamento. Devido a geração aleatória dos pontos de corte, cada teste foi executado 10 vezes e considerada a média aritmética dos resultados obtidos.

4.1. AG com 1 Ponto de Corte

O melhor resultado alcançado, melhoria de 75,13%, um ganho de quase 4,25 pontos percentuais em relação ao melhor resultado obtido sem executar o AG.

Apesar que, com 1 ponto de corte, a cada geração são criados apenas 2 filhos, não é preciso um alto número de gerações para se obter os melhores resultados. O ponto de corte deve ser um número entre 1 até 30, dependendo do número de dias do período em planejamento, e se ambos pais estão disponíveis em todo o período. Com um alto

número de gerações, o ponto de corte tende a se repetir, gerando filhos iguais a outros já existentes: sem promover maior diversidade, não promove ganhos. Portanto, um número mais alto de gerações não garante melhor resultado. Este comportamento é visível na Figura 1, onde se verifica que o mesmo resultado é obtido com 20 e 500 gerações.

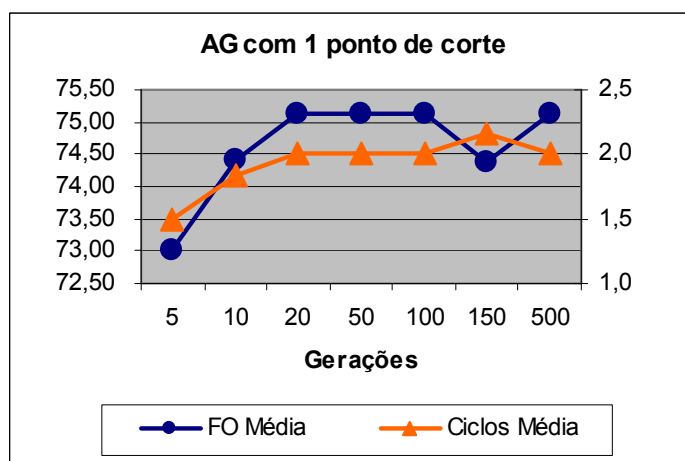


Figura 1. Resultados obtidos com AG de 1 ponto de corte.

Em um dos experimentos com 150 gerações foi executado o maior número de ciclos BT-AG (3), mas a FO resultante não foi a melhor. Apesar disto, a correlação entre o número de ciclos executados e a FO obtida é significativa: 0,79. No gráfico acima, a linha referente ao número médio de ciclos está associada à escala da direita.

4.2. AG com 2 pontos de corte

Aplicando 2 pontos de corte no AG, são criados 6 filhos a cada geração, aumentando a possibilidade de obter melhores resultados. Como esperado, foram obtidas melhorias de até 80,55%, sendo 77,79% na média.

O número de ciclos BT-AG executados também aumentou, chegando a 6 em alguns experimentos. Nestes testes, a correlação entre a FO e o número de ciclos executados é de 0,81.

Com 1 ponto de corte o melhor resultado foi obtido com apenas 20 gerações, e neste caso, com 100 gerações. Porém, um maior número de gerações não garante melhores resultados, como podemos observar na Figura 2. A linha referente ao número médio de ciclos está associada à escala da direita.

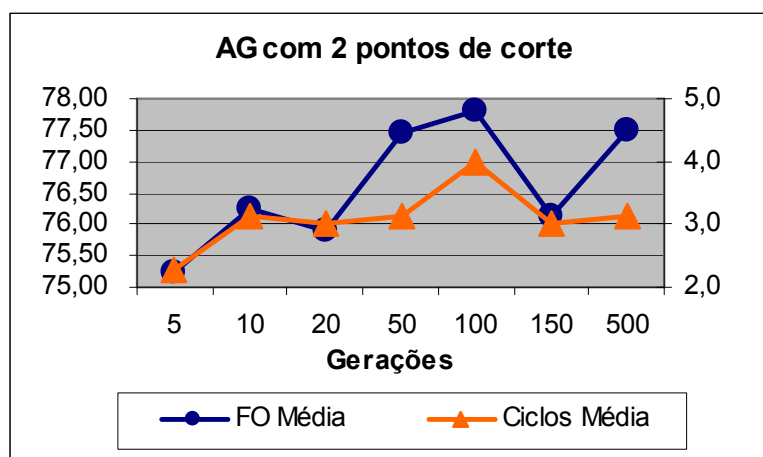


Figura 2. Resultados obtidos com AG de 2 pontos de corte.

4.3 Validação do Modelo

O desempenho foi testado com um caso de teste com 20 técnicos para meses de 28 a 31 dias. Nos trabalhos de Burke et al (1998), Burke et al (2003) e Özcan (2005) também são utilizados casos de testes com 20 enfermeiros, sendo no primeiro para 14 dias e nos demais para 28 dias.

O tempo médio de execução, sem diversificação com o AG, é de 18 minutos variando de 10 a 26 minutos, dependendo do mês. Este resultado é compatível com os tempos encontrados, para o caso de 20 enfermeiros, testados em Burke et al (1998) e Burke et al (2003), considerando as diferenças no modelo e em capacidade de processamento.

Foi criado um caso de teste que representa uma escala real com 13 técnicos, 2 ausentes o período todo, período de 31 dias, 4 sábados, 4 domingos e um feriado. Informações tais como data da última folga e número de folgas adicionais foram obtidas da escala do período anterior. A FO calculada para esta escala real é de 411,78. A submissão desta escala, como escala inicial, com pesos SNT, atingiu uma FO de 96,83 no tempo médio de 7'45'', representando um ganho de 76,49%. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Avaliação escala real pesos SNT.

	Escala Inicial	Escala Obtida
Solicitações	3,9845	19,5507
Distrib. dos Plantões	32,7616	0
Fim-de-semana	57,8366	0
Intervalo	157,545	0
Intervalo +	28	10
Folgas Adquiridas	72,3658	33,3996
Cobertura	59,2865	33,878

As penalidades reduziram sensivelmente, exceto a de solicitações de folga, que é uma variável bastante privilegiada na escala elaborada manualmente.

Ativando o AG com um ponto de corte, variando de 50 a 100 gerações e com dois pontos de corte, variando de 100 a 150 gerações, não se obteve melhorias.

Realizando um teste com esta mesma escala real, porém privilegiando a VD Solicitações multiplicando o peso SNT respectivo por 10, obtemos um percentual de melhoria de 74,45%. Observa-se uma redução significativa em quase todas as variáveis de decisão exceto na VD Cobertura que sofre um aumento de 14,29%. Neste teste o AG não foi executado pois nenhum indivíduo atende aos requisitos para a população inicial.

Para comparação com o resultado obtido com os pesos SNT, dividimos o valor resultante da VD Solicitações por 10 e obtemos o valor de 0,55, que representa 13,91% do valor desta VD na escala real com pesos SNT, ou seja, as solicitações de folgas foram atendidas quase plenamente.

5. Conclusão

Foi proposto um modelo para elaboração de escalas de trabalho mensais para os técnicos de enfermagem, de acordo com as regras operacionais do hospital e as restrições da legislação e promovendo maior satisfação dos funcionários com as suas escalas. É uma ferramenta importante para gerenciar a parcela mais significativa dos funcionários da área da saúde.

O modelo desenvolvido combina Busca Tabu com Algoritmo Genético explorando o refinamento realizado pela BT e a diversificação promovida pelo AG para obter os melhores resultados. Os testes realizados mostraram que: o modelo é robusto, condizente com a realidade, produz escalas de qualidade muito superior às construídas manualmente e em um tempo computacional razoável.

O desempenho da BT se mostrou muito bom, visto que a cada exploração de vizinhança é realizado um alto número de movimentos, apesar que poucos são viáveis. O AG, por sua vez, surpreendeu pela rapidez e pela melhoria obtida. Mesmo com apenas 1 ponto de corte, pode ser obtida uma melhoria significativa. Com 2 pontos de corte os resultados são ainda melhores, mas o tempo de processamento aumenta pois o número de execuções do ciclo BT-AG é maior.

Em várias execuções do AG, com 1 ou com 2 pontos de corte, não resultaram em melhorias nas escalas. Muitas das escalas individuais filhas geradas são inviáveis, pois cada enfermeiro possui um número mínimo e um máximo de folgas que podem ser concedidas. E também, como as folgas são esparsas na escala, com 2 pontos de corte, podem ser recortados segmentos das escalas pais que não contenham folgas, gerando assim, filhos iguais aos pais.

A falta de casos de teste padronizados, devido às variações nos modelos propostos, e de resultados reconhecidos, dificulta a comparação dos resultados desta pesquisa com outras. Para os experimentos foi utilizado um caso de teste modelo baseado em dados reais. Com os pesos da solução não-tendenciosa foi possível obter ótimos resultados em relação às escalas reais, ainda mais considerando que, na prática,

muitas destas escalas não são viáveis. O modelo foi validado com uma escala real onde se mostrou muito superior.

É um problema combinatório realmente muito complexo e os administradores precisam definir quais variáveis privilegiar. O modelo oferece flexibilidade, permitindo a alteração dos pesos e parâmetros que configuram os limites de relaxamento aceitos.

Referências Bibliográficas

- Blöchliger, I. (2004). Modeling Staff Scheduling Problems-A Tutorial. *European Journal of Operational Research* v.158, pgs.533-542.
- Burke, E.K., Causmaecker, P.D. E Berghe, G.V. (1998). A Hybrid Tabu Search Algorithm for the Nurse Rostering Problem. Em *Simulated Evolution and Learning*, B. McKay et al. (Eds.), *Lecture Notes in Artificial Intelligence* v.1585, pgs.187–194, Springer.
- Burke, E.K., Causmaecker, P.D. E Berghe, G.V. (2001). A Memetic Approach to the Nurse Rostering Problem, *Applied Intelligence* 15, pgs.199–214. Kluwer Academic Publishers.
- Burke, E.K., Causmaecker, P.D., Petrovic, S. E Berghe, G.V.(2003). Variable Neighbourhood Search for Nurse Rostering Problems, em *Metaheuristics: Computer Decision-Making*, M .G.C. Resende e J. P. de Sousa (Eds.), pgs.153-172. Kluwer Academic Publishers.
- Burke, E.K., Causmaecker, P.D., Berghe, G.V. E Landeghem, H.V. (2004a). Novel Metaheuristic Approaches to Nurse Rostering Problems in Belgian Hospitals. J. Leung (Ed.), *Handbook of Scheduling: Algorithms, Models and Performance Analysis*, pgs. 44.1–44.18. CRC Press.
- Burke, E.K., Causmaecker, P.D., Berghe, G.V. E Landeghem, H.V. (2004b). The State of the Art of Nurse Rostering, *Journal of Scheduling*, v.7 n.6, pgs.441– 499.
- Dowling, D., Krishnamoorthy, M., Mackenzie, H. E Sier, D. (1997). Staff rostering at a large international airport. *Atas de Operations Research* v.72, pgs.125–147.
- Dowland, K. A. (1998). Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation. *European Journal of Operational Research* v.106, pgs. 393-407.
- Ernst, A., H. Jiang, M. Krishnamoorthy E Sier, D.(2004a). Staffing Scheduling and Rostering: A Review of Applications,Methods and Models. *European Journal of Operations Research* 153, pgs.3–27.
- Ernst, A., H. Jiang, M. Krishnamoorthy, Owens, B. E Sier, D. (2004b). An Annotated Bibliography of Personnel Scheduling and Rostering. *Atas de Operations Research* v.127.
- Özcan, E. (2005). Memetic Algorithms for Nurse Rostering. *Atas de 20th International Symposium on Computer and Information Sciences*, Istanbul.
- Poltosi, M., Gómez, A. T.. (2008) Metaheurísticas para a Gestão de Técnicos de Enfermagem. *Anais de 5th CONTECSI*, pgs.341-359.