

## FORMULAÇÃO PARA O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SALAS DE AULA COM MINIMIZAÇÃO DE DESLOCAMENTOS

Rosana Maria Luvezute Kripka<sup>a</sup>, Moacir Kripka<sup>b</sup>  
Marilene Caproski da Silva<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Ciências Exatas e Geociências, Universidade de Passo Fundo, Campus Bairro São José – 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil, rkripka@upf.br

<sup>b</sup> Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Campus Bairro São José – 99001-970, Passo Fundo, RS – Brasil, mkripka@upf.br

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma formulação desenvolvida para o problema de alocação de salas na Universidade de Passo Fundo na qual, na distribuição das salas de aula, objetiva-se minimizar os deslocamentos dos alunos pelo campus, buscando acomodá-los em salas próximas aos prédios onde seus cursos estão sediados. O processo de otimização foi realizado através do método *Simulated Annealing*. Foram realizados testes diversos com dados reais que comprovaram a validação do modelo. Acredita-se que a formulação matemática apresentada, com pequenas adaptações, poderá resolver problemas específicos de outras Instituições de ensino.

**Palavras-Chave:** Modelagem Matemática, Alocação de salas de aula, Otimização Combinatorial, *Simulated Annealing*.

**Abstract:** This paper presents a formulation developed for the classroom assignment problem at the University of Passo Fundo, in which, in the distribution of classrooms, the objective is to minimize the traffic of students in the campus, trying to accommodate them in rooms next to the buildings where their courses are based. The optimization process was performed using the Simulated Annealing method. Several tests were performed with real data which confirmed the validation of the model. It is supposed that the mathematical model presented, with some minor adjustments, can be applied to solve specific problems of other educational institutions.

**Keywords:** mathematical modeling, classroom assignment problem, combinatorial optimization, simulated annealing

## 1. INTRODUÇÃO

A resolução de problemas reais através de técnicas de otimização tem sido muito empregada atualmente, tendo em vista que, no planejamento econômico, a busca das melhores soluções possíveis, para problemas restritos, possui grande importância comercial. Seja na minimização de custos ou tempo, ou, ainda, na maximização da eficiência ou dos lucros, a aplicação de técnicas adequadas possibilita não somente encontrar uma solução viável para os problemas tratados, como também alcançar algum objetivo pré-determinado, tendo em vista as condições existentes. Neste contexto tem-se o Problema de Alocação de Salas de Aula (PAS, ou Classroom Assignment Problem), em instituições de ensino superior de médio e grande porte, o qual se refere à atribuição de salas de aula às turmas, respeitando restrições tais como o número de alunos e a capacidade de cada sala.

O Problema de Alocação de Salas é referido na literatura como um problema pertencente à classe NP-difícil, para os quais a obtenção da solução ótima do problema, em um período de tempo aceitável, não é uma tarefa simples (Subramanian et al., 2006). Para problemas combinatórios dessa natureza, a utilização de métodos baseados em programação matemática exata se mostra pouco eficiente mesmo para problemas de pequena ou média dimensão. Em função disso, métodos heurísticos vêm sendo empregados com êxito não apenas para a alocação de salas, mas para outras classes de problemas de organização acadêmica (Alvarez-Valdés, Crespo and Tamarit, 2001; Dammak et al., 2008).

Diversos estudos e formulações foram e vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de efetuar a otimização da alocação de salas, abordando particularidades e interesses específicos das instituições de ensino (Martínez–Alfaro e Flores–Terán, 1998; Silva, Sampaio e Alvarenga, 2005; Subramanian et al., 2006). O presente trabalho apresenta uma formulação desenvolvida com o objetivo de contemplar o problema enfrentado na Universidade de Passo Fundo (UPF), localizada na região sul do Brasil. A UPF possui mais de 17 mil alunos de graduação, a maioria destes estudando no campus central, sendo uma parcela significativa no período da noite. A formulação elaborada objetiva não apenas a alocação das salas, mas também a minimização dos deslocamentos dos alunos pelo campus, buscando acomodá-los em salas próximas aos prédios onde seus cursos estão sediados. Para a otimização foi empregado o método *Simulated Annealing*. A opção por esse método se deve a sua vasta aplicação ao tipo de problema em estudo (Martínez–Alfaro e Flores–Terán, 1998; Silva, Sampaio e Alvarenga, 2005), bem como à experiência anterior dos autores em outros problemas de natureza combinatória (Kripka, 2004; Kripka, Oro e Kripka, 2005).

O item seguinte deste trabalho apresenta de forma sucinta os princípios do método *Simulated Annealing*. No item 3 é descrita a formulação do problema, incluindo as hipóteses que a embasaram. Segue-se no item 4 a aplicação da formulação na alocação das salas do Instituto de Ciências Exatas e Geociências da UPF. Por fim, no item 5, são apresentadas as conclusões e algumas considerações.

## 2. SIMULATED ANNEALING

Os métodos de otimização usualmente empregados são baseados em estratégias descendentes. Nestas, a partir de uma solução inicial, uma nova solução é gerada e o valor da função obtido para esta solução comparado ao inicial. Caso uma redução no valor da função seja verificada, a mesma passa a ser adotada como solução corrente e o processo é repetido, até que nenhuma melhora seja verificada no valor da função, dentro da precisão desejada. O resultado obtido deste processo, dependendo das características das funções envolvidas, pode constituir-se na melhor solução nas vizinhanças da solução inicial, mas não necessariamente no ótimo global.

A estratégia usual para melhorar a solução obtida consiste na análise do problema a partir de diversas soluções iniciais.

O Método do Recozimento Simulado, ou *Simulated Annealing*, utiliza uma estratégia diferente da convencional, tentando evitar a convergência para um mínimo local aceitando também, a partir de um determinado critério, soluções que incrementem o valor da função objetivo.

O método foi desenvolvido em analogia ao processo de recozimento de um sólido, quando se busca a obtenção de um estado que apresenta mínima energia. O termo recozimento é dado ao processo de aquecimento de um sólido até seu ponto de fusão, seguido de um resfriamento lento. Neste processo, o resfriamento lento é essencial para a manutenção do equilíbrio térmico no qual os átomos possam se reorganizar em uma estrutura de mínima energia. Caso o sólido seja resfriado de forma abrupta, seus átomos formarão uma estrutura irregular, e, portanto fraca. Computacionalmente, o recozimento pode ser considerado como um processo estocástico de determinação da organização dos átomos com mínima energia. A altas temperaturas os átomos movem-se livremente podendo, com grande probabilidade, atingir posições que acarretam em aumento na energia do sistema. A redução gradual da temperatura possibilita aos átomos a gradual movimentação no sentido de formarem uma estrutura irregular, e a probabilidade de aumento na energia é reduzida.

A simulação do recozimento como uma técnica de otimização foi originalmente proposta por Kirkpatrick, Gelatt e Vecchi (1983), na qual a função objetivo corresponde à energia do sólido. De forma análoga, ao recozimento em termodinâmica, o processo inicia com um alto valor a temperatura  $T$ , para a qual uma nova solução é gerada. Esta nova solução será automaticamente aceita caso gere uma redução no valor da função. Sendo o novo valor maior que o anterior, o aceite se dará de acordo com um critério probabilístico, sendo dada pela equação:

$$p = e^{-\frac{\Delta f}{T}} \quad (1)$$

Na Eq. 1,  $\Delta f$  representa a diferença no valor da função entre a solução atual e nova solução. Essa nova solução será aceita se  $p$  for maior que um número entre zero e um, gerado randomicamente. Para valores altos de  $T$ , a maioria das soluções será aceita, sendo  $T$  gradualmente reduzido até que o critério de parada seja atendido.

### 3. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Usualmente, em problemas de alocação de salas, busca-se minimizar uma função objetivo que consiste num somatório das próprias restrições do problema, as quais são classificadas em essenciais e não essenciais, com atribuição de pesos conforme sua importância relativa. Aos requisitos essenciais são atribuídos pesos relativos grandes com objetivo de eliminar as soluções não factíveis. Diferentemente, na presente formulação, proposta pelos autores, o objetivo consiste na minimização da distância a ser percorrida pelos alunos, com relação ao prédio de origem de seu curso (aqui chamado de “sede”). Assim, caso uma turma necessite ser acomodada em outro prédio que não sua sede, o custo dessa operação será obtido pelo produto da distância até a sede pelo número de alunos matriculados na disciplina correspondente.

As restrições essenciais empregadas na formulação do problema, que são comuns aos problemas de alocação de salas, são as seguintes:

- as aulas de duas disciplinas não podem ocorrer simultaneamente em uma mesma sala;
- a aula de uma disciplina não pode ocorrer em mais de uma sala no mesmo instante;
- a capacidade da sala deve ser maior que o número de alunos inscritos para aquela aula.

Todas as restrições listadas possuem caráter impeditivo, ou seja, só serão aceitas as soluções que atendam simultaneamente a todas. Além dessas, foi considerada ainda uma restrição de caráter não impeditivo, relativa à existência de uma sobra de lugares na sala, com relação ao

número de alunos inscritos na disciplina a ser ministrada nesta sala. Essa restrição se deve ao fato de que o período de complementação de matrículas na UPF normalmente se estende por alguns dias após o início das aulas. Cabe observar que, em caso de necessidade de mudança em uma das salas originalmente atribuídas, pode ocorrer a alteração de um número significativo de trocas de sala, justificando-se assim que se atribua, sempre que possível, uma sala com número de lugares maior que o número exato de alunos originalmente matriculados.

Em função das considerações efetuadas, o problema de alocação de salas de aula foi formulado como:

$$\text{minimizar} \quad \sum_{i=1}^{nd} \sum_{j=1}^{ns} X_{ij} D_j N_i \quad (2)$$

$$\text{sujeito a} \quad \sum_{j=1}^{ns} X_{ij} = 1, \quad i=1, \dots, nd \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{nd} X_{ij} \leq 1, \quad j=1, \dots, ns \quad (4)$$

$$N_i \leq X_{ij} C_j, \quad i=1, \dots, nd, \quad j=1, \dots, ns \quad (5)$$

$$N_i + \delta \leq X_{ij} C_j, \quad i=1, \dots, nd, \quad j=1, \dots, ns \quad (6)$$

Na formulação anterior,  $X_{ij}$  é uma matriz binária, na qual cada coeficiente assume valor unitário se a disciplina  $i$  for atribuída à sala  $j$ , e valor nulo em caso contrário. Na função objetivo (Eq.2),  $D_i$  indica a distância da disciplina  $i$  à sede, ou seja, da sala atribuída à disciplina ao prédio de origem do curso, e  $N_i$  o número de alunos da disciplina  $i$ . Nos somatórios,  $nd$  representa o número total de disciplinas e  $ns$  o número de salas disponíveis. As Eq. 3 e 4 correspondem, respectivamente, às condições de que cada disciplina deve ser atribuída a uma sala, e cada sala deve comportar no máximo uma disciplina. Na Eq. 5 tem-se que o número de alunos da turma  $i$  não deve superar a capacidade da sala  $C_j$  à ela atribuída. Por fim, a relação descrita na Eq. 6 corresponde à restrição não impeditiva, segundo a qual é aconselhável um folga ou reserva  $\delta$  em cada sala.

Como norma da Instituição, os alunos não podem se matricular em disciplinas que ocorrem em horários concomitantes, ou seja, não existem problemas de choques de horários entre as disciplinas distribuídas. Além disso, as disciplinas com dois créditos são oferecidas, pelos cursos, aos pares, de tal forma que a combinação de seus horários preencha os quatro períodos do turno. Assim, para tratar casos desta natureza, foram criadas disciplinas artificiais que representam duas disciplinas de dois créditos, para as quais são necessárias apenas uma sala, que comporte o maior número de alunos entre as duas disciplinas consideradas, que atenda as duas disciplinas em questão. Desta forma, as restrições quanto ao número de créditos de cada disciplina, foram consideradas implicitamente, considerando que, em cada turno, a ocorrência de uma disciplina necessita, apenas, de uma sala com capacidade adequada.

Além disso, o problema da distribuição de salas de aulas em laboratórios foi considerado como um problema particular de distribuição de disciplinas específicas entre salas de aula específicas, que poderia ser resolvido pela mesma formulação proposta. Como as salas específicas para aulas de laboratório não podem ser atribuídas para as demais disciplinas e vice-

versa, entendemos que, caso esta distribuição seja realizada conjuntamente com as demais disciplinas, isto não influenciaria nos resultados otimizados obtidos, devido às especificidades das restrições da distribuição.

Assim, na formulação proposta, a atribuição das salas é efetuada para cada dia de forma isolada, sem a preocupação de que uma turma tenha aula em uma mesma sala nos diversos dias da semana, mas apenas que, a cada noite, os alunos que estejam regularmente matriculados nas disciplinas de um determinado nível do curso não precisem se deslocar de um prédio a outro. Assim, a atribuição é feita com base na disciplina com maior número de alunos daquele turno.

#### 4. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE SALAS

Foi realizada uma pesquisa de campo no Instituto de Ciências Exatas e Geociências, da Universidade de Passo Fundo, com a finalidade de coletar dados reais para validação do modelo de otimização proposto para o problema de alocação de salas.

Assim, para os seis dias letivos (segunda a sábado) foram obtidos os dados conforme a Tabela 1. A enumeração dos prédios foi realizada conforme a Tabela 2. As distâncias consideradas entre eles, para construção da matriz de distâncias  $D$ , empregada para o cálculo da função objetivo, estão apresentadas na Tabela 3. Na Tabela 4 estão relacionados os dados gerais relativos às disciplinas consideradas.

Tabela 1: Dados Gerais dos problemas de Alocação de Salas

Dia	Nº Disciplinas	Nº Salas	Nº Alunos
Segunda	28	36	685
Terça	29	37	691
Quarta	23	36	573
Quinta	28	37	679
Sexta	22	38	523
Sábado	10	36	224

Tabela 2: Numeração dos prédios considerados.

Prédio	Numeração considerada
ICEG-B2	1
ICEG-B5	2
FEFF-A12	3
CENTRAL DE SALAS-D5	4
CET-B3	5
FAED	6
IFCH	7

Tabela 3: Distância em metros entre os prédios.

Prédios	1	2	3	4	5	6	7
1	0	218	292	420	112	413	190
2	218	0	390	212	325	140	430
3	292	390	0	605	380	520	305
4	420	212	605	0	521	70	570
5	112	325	380	521	0	500	112
6	413	140	520	70	500	0	100
7	190	430	305	570	112	100	0

Tabela 4: Descrição de salas de aula disponíveis.

Sala	Número	Capacidade	Prédio
001	1	20	1
202	2	20	1
203	3	20	1
205	4	25	1
209	5	55	1
210	6	70	1
211	7	50	1
214	8	20	1
218	9	30	1
219	10	30	1
220	11	70	1
224	12	25	1
101	13	75	2
102	14	40	2
103	15	25	2
105	16	35	2
106	17	38	2
107	18	26	2
108	19	40	2
109	20	45	2
110	21	40	2
04	22	54	3
06	23	54	3
08	24	54	3
09	25	54	3
02	26	54	3
12	27	30	4
15	28	40	4
21	29	40	4
04	30	40	4
14	31	50	4
122	32	25	5
226	33	30	5
133	34	25	5
125	35	25	5
231	36	25	5
217	37	25	6
214	38	25	6

Em seguida, apresenta-se um exemplo específico sobre os dados utilizados na otimização da alocação de salas para segunda-feira, bem como todos os resultados computacionais gerais obtidos.

## 5. RESULTADOS COMPUTACIONAIS

A formulação proposta foi implementada em linguagem Fortran, sendo a otimização efetuada com o método *Simulated Annealing*. As restrições não atendidas foram consideradas por meio da penalização da função objetivo, empregando-se fatores de penalização distintos para cada grupo de restrições, conforme o caráter impeditivo ou não destas restrições.

A partir da implementação da formulação, diversas simulações numéricas foram efetuadas (Kripka e Kripka, 2010).

Além disso, considerando os dados reais apresentados, foram realizadas as otimizações dos seis dias letivos para a demanda de disciplinas do Instituto de Ciências Exatas e Geociências relativas ao segundo semestre de 2010.

Como exemplo, a Tabela 5 apresenta as disciplinas previstas para ocorrerem nas segundas-feiras e, na Tabela 6, apresentam-se os resultados obtidos das otimizações realizadas. Estão relacionados na Tabela 5 os nomes das disciplinas e número total de créditos apenas como dados informativos sobre o problema real. Já o curso ao qual a disciplina pertence indica a sede da mesma.

As análises foram efetuadas com e sem sobras, ou seja, a consideração da reserva de lugares (diferença entre a capacidade da sala e o número de alunos matriculados). Nas simulações com reserva de lugares, foram buscadas cinco vagas adicionais por disciplina.

Além disso, como solução inicial no processo de otimização foram utilizadas tanto soluções iniciais infactíveis, como também foi considerada a solução encontrada, praticada, chamada de atual. Os resultados, invariavelmente, convergiram para os mesmos valores otimizados das funções objetivos.

Tabela 5: Descrição das disciplinas que ocorrem na segunda-feira

Curso	Nome	Nº	Nº Créd.	Distribuição	Nº Alunos	Sede
Física LP	Física Geral e Exp. IV.	1	6	4	16	1
Física LP	Seminário de Educação.	2	3	4	30	1
Química LP/BEL	Iniciação ao Conhecimento Acadêmico.	3	4	4	21	1
Química LP/BEL	Controle de Poluição Química.	4	4	4	19	1
Química LP	Fundamentos das Ciências Naturais: Fís/qui/.	5	4	4	23	1
Química LP/BEL	Cristaloquímica e Mineralogia	6	4	4	18	1
Química BEL	Química Analítica II.	7	4	4	13	1
Química BEL	Sociologia da Ciência e da Tecnologia.	8	4	4	30	1
Química BEL	Química Orgânica I.	9	4	4	14	1
Química BEL	Bioquímica.	10	4	4	19	1
Geografia LP	Trabalho de Conclusão de Curso I.	11	4	4	07	1
Química BEL	Princípios de Operações Unitárias.	12	4	4	12	1
Matemática LP	Fundamentos de Matemática II.	13	4	4	21	1
Matemática LP	Lógica Matemática.	14	4	4	13	1
Matemática	Matemática	15	4	4	27	1

LP	Financeira.					
Matemática LP	Análise da Matemática I.	16	4	4	23	1
Matemática LP	Metodologia do Ensino da Matemática II.	17	4	4	14	1
Matemática LP	Cálculo Diferencial e Integral II.	18	6	4	20	1
Matemática LP	Iniciação ao Conhecimento Acadêmico.	19	4	4	35	1
CST em Sistemas para Internet	Algoritmos.	20	4	4	26	2
Análise e Desenvolvementos de Sistemas	Redes de Computadores.	21	4	4	31	2
Análise e Desenvolvementos de Sistemas	Estrutura de Dados.	22	4	4	68	2
Análise e Desenvolvementos de Sistemas	Legislação e Empreendedorismo em Informática.	23	4	4	23	2
Ciência da Computação	Álgebra Linear.	24	4	4	48	2
Ciência da Computação	Redes de computadores II.	25	4	4	21	2
Ciência da Computação	Organização de Arquivos e Dados.	26	4	4	25	2
Ciência da Computação	Sistemas Operacionais.	27	4	4	18	2
Ciência da Computação	Teoria da Computação.	28	4	4	30	2

Tabela 6: Resultados da Otimização de salas para segunda-feira

Disc.	Nº Alunos	Sede	Solução inicial atual			Solução Otimizada			Solução Otimizada com sobra		
			Sala	Cap	Prédio	Sala	Cap	Prédio	Sala	Cap	Prédio
1	16	1	23	54	3	36	25	5	36	25	5
2	30	1	2	20	1	5	55	1	7	50	1
3	21	1	1	20	1	10	30	1	33	30	5
4	19	1	5	55	1	3	20	1	34	25	5
5	23	1	34	25	5	4	25	1	10	30	1
6	18	1	3	20	1	8	20	1	32	25	5
7	13	1	11	70	1	33	30	5	1	20	1
8	30	1	33	30	5	6	70	1	5	55	1
9	14	1	35	25	5	34	25	5	2	20	1
10	19	1	32	25	5	6	70	1	4	25	1

11	7	1	38	25	6	26	54	3	22	54	3
12	12	1	4	25	1	15	25	2	35	25	5
13	21	1	27	30	4	9	30	1	25	54	3
14	13	1	28	40	4	32	25	5	3	20	1
15	27	1	10	30	1	7	50	1	19	40	2
16	23	1	8	20	1	12	25	1	9	30	1
17	14	1	9	30	1	35	25	5	8	20	1
18	20	1	29	40	4	2	20	1	12	25	1
19	35	1	7	50	1	11	70	1	6	70	1
20	26	2	17	38	2	17	38	2	21	40	2
21	31	2	14	40	2	19	40	2	20	45	2
22	68	2	13	75	2	13	75	2	13	75	2
23	23	2	18	26	2	14	40	2	17	38	2
24	48	2	6	70	1	31	50	4	11	70	1
25	21	2	21	40	2	16	35	2	18	26	2
26	25	2	20	45	2	20	45	2	14	40	2
27	18	2	15	25	2	18	26	2	15	25	2
28	30	2	19	40	2	21	40	2	16	35	2

Cabe observar que, em alguns casos, a solução inicial atual seria infactível, uma vez que o número de alunos foi superior à capacidade da sala. Esta foi a solução adotada pela secretaria, a partir do deslocamento de mesas entre as salas. Exemplificando, a disciplina 2 (com 30 alunos matriculados) foi alocada originalmente na sala 2 (vinte lugares).

Conforme comentado na descrição da formulação do problema, é interesse da instituição que, sempre que possível, haja um excedente prevendo eventuais matrículas posteriores ao início das aulas e por este motivo também se optou em realizar a otimização prevendo a existência de lugares excedentes nas salas (folgas), conforme apresentado na Tabela 6. Em função da capacidade das salas disponíveis, a restrição de folga pode ser integralmente atendida.

Como já foi dito, o processo de otimização foi realizado para os demais dias da semana, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 7.

Observa-se que em todos os casos o software encontrou uma solução factível e com resultados significativamente melhores que a solução atual adotada, tanto para as otimizações que previam folgas como para aquelas que não previam folgas.

Tabela 7: Resultados da otimização de salas para todos os dias da semana

Dias	Resultados	Solução Atual	Solução otimizada	Percentual de redução	Solução otimizada com folga	Percentual de redução
Segunda	Função Objetivo	193498	22776	88,2%	42318	94,4%
	Distância Percorrida	53398	22676	57,5%	42058	68,9%
Terça	Função Objetivo	278308	27554	90%	55698	93%
	Distância Percorrida	98258	27334	72,2%	55478	55,5%
Quarta	Função Objetivo	136160	3908	97,1%	40294	96%
	Distância Percorrida	36060	3808	85%	40144	18,5%
Quinta	Função Objetivo	399984	12100	97%	23700	98%

	Distância Percorrida	69924	12060	82.7%	23480	75,9%
Sexta	Função Objetivo	413595	5120	98,7%	13170	98,2%
	Distância Percorrida	93545	5040	94.6%	13030	61,4%
Sábado	Função Objetivo	49624	0	100%	0	100%
	Distância Percorrida	19594	0	100%	0	100%

Além disso, em termos de distância média percorrida por aluno obteve-se os resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Distância média percorrida por aluno (em metros)

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	Sábado
<b>Solução inicial atual</b>	77,95	142,20	62,93	102,98	178,86	87,47
<b>Solução Otimizada</b>	33,10	39,56	6,65	17,76	9,64	0
<b>Solução Otimizada com folga</b>	61,40	80,29	70,06	34,58	24,91	0

Pode se observar na Tabela 8 que, com exceção da quarta-feira, os demais resultados otimizados indicaram reduções significativas na distância média percorrida pelos alunos.

## 6. CONCLUSÕES

Com o objetivo de atender a uma demanda específica da Universidade de Passo Fundo foi desenvolvida uma formulação matemática para a otimização da alocação das salas de aula no campus. Nesta formulação, além do atendimento às restrições usuais nesse tipo de problema, buscou-se manter os alunos o mais próximo possível da sede de seus respectivos cursos, através da minimização das distâncias a serem percorridas.

A formulação foi implementada com o emprego do método *Simulated Annealing*, o qual já havia sido utilizado com êxito pelos autores em aplicações de natureza semelhante.

Em todas as otimizações realizadas obteve-se soluções factíveis melhores que as praticadas, o que indica que o modelo proposto além de atender as necessidades do referido Instituto, propõe soluções melhores do que as elaboradas manualmente.

Os resultados obtidos evidenciam a importância do emprego de técnica de otimização a esse tipo de problema, bem como a validade da abordagem efetuada.

Acredita-se que a formulação matemática apresentada, com pequenas adaptações, poderá resolver problemas específicos de outras Instituições de ensino.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Valdés , R., Crespo, E. and Tamarit, J.M., Tabu Search: an Efficient Metaheuristic for University Organization Problems. *Investigacion Operacional*, vol. 22, no. 2, 2001
- Dammak, A., Elloumi, A., Kamoun, H. and Ferland, J.A. Course Timetabling at a Tunisian University: A Case Study. *J Syst Sci Syst Eng*, 17(3), 2008.

- Kirkpatrick, S., Gelatt, C.D. and Vecchi, M.P. Optimization by Simulated Annealing, *Science* 220, 4598, pp. 671-680, 1983.
- Kripka, M., Discrete optimization of trusses by simulated annealing. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 26, n. 2, p. 170-173, 2004.
- Kripka, R.M.L e Kripka, M., Simulated Annealing Aplicado na Otimização da Alocação de Salas em Instituição de Ensino Superior. In: XXXI Iberian-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, 2010, Buenos Aires/Argentina. CILAMCE 2010, 2010.
- Kripka, R.M.L., Oro, N.T., e Kripka, M. Distribuição de Cargas Horárias em Instituições de Ensino Superior: Uma Formulação para a maximização do Aproveitamento dos Recursos Humanos. *Ciência & Engenharia*, V. 14, N. 1, 65-72, 2005.
- Martínez–Alfaro, H., & Flores–Terán, G. Solving the Classroom Assignment Problem with Simulated Annealing. In *IEEE Int. Conf. On Systems, Man, & Cybernetics*. San Diego, Ca, 1998.
- Silva, A.S.N., Sampaio, R.M. e Alvarenga, G.B. Uma Aplicação de Simulated Annealing para o Problema de Alocação de Salas. *Journal of Computer Science*, vol.4, n.3, 59-66, 2005.
- Subramanian, A., Medeiros, J.M.F., Cabral, L.A.F.e Souza, M.J.F. Aplicação da metaheurística Busca Tabu na resolução do Problema de Alocação de Salas do Centro de Tecnologia da UFPB. ENEGEP, 2006.