

## **ALOCAÇÃO DE PROFESSORES, COM FOCO EM GANHO DE DESEMPENHO, CONFORME CRITÉRIOS AVALIATIVOS DO MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

### **Joaquim José da Cunha Júnior**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Minas Gerais<sup>1</sup>  
Instituto de Engenharia e Tecnologia - Centro Universitário de Belo Horizonte UniBH<sup>2</sup>  
1. Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG.  
2. Av. Professor Mário Werneck, 1685 - Estoril, Belo Horizonte, MG  
jowcunha@yahoo.com.br

### **Braulio Roberto Goncalves Marinho Couto**

Instituto de Engenharia e Tecnologia - Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH  
Av. Mário Werneck, 1455, CEP 30450-610, Belo Horizonte, MG  
braulio.couto@unibh.br

### **Ana Flávia Bittencourt de Andrade**

Engenharia de Produção - Centro Universitário de Belo Horizonte UniBH  
Avenida Professor Mário Werneck, 1685 - Estoril, Belo Horizonte, MG  
anaflaviabittencourtt@hotmail.com

### **Mauricio Cardoso de Souza**

Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal de Minas Gerais  
Av. Presidente Antônio Carlos, 6627, Belo Horizonte, MG.  
mauricio.souza@pq.cnpq.br

### **RESUMO**

Em instituições de ensino superior privadas, a gestão do corpo docente é fundamental para a garantia da qualidade dos cursos e para a obtenção de bons índices de desempenho frente ao Ministério da Educação. Com a escassez de professores com boa titulação e sua baixa disponibilidade para ocupar cargos com dedicação parcial ou integral, a escolha do corpo docente para cada curso pode tornar-se muito complexa de acordo com o porte da instituição e a quantidade de cursos envolvidos. Nesse trabalho propomos um modelo matemático capaz de oferecer soluções de boa qualidade para esse problema. O modelo foi testado utilizando dados de uma instituição de ensino superior privada evidenciando seu potencial em trazer melhorias para esse processo.

**PALAVRAS CHAVE.** Alocação de Professores, Gestão do Corpo Docente, Otimização.

**Área Principal:** EDU - PO na Educação, OA - Outras aplicações em PO, OC - Otimização Combinatória

### **ABSTRACT**

In private higher education institutions, the management of teachers is critical to ensuring the quality of courses and to obtain good levels of performance across the education ministry. With the shortage of teachers with good degrees and low availability to occupy positions with partial or full time, the choice of teachers for each course can become very complex according to the size of the institution and the number of courses involved. In this paper we propose a mathematical

model able to provide good quality solutions to this problem. The model was tested using data from a private institution of higher education showing its potential in bringing improvements to this process.

**KEYWORDS.** Teacher Allocation, Faculty Management, Optimization.

**Main Area:** EDU - OR in Education, OA - Other applications in OR, OC - Combinatorial Optimization



## 1. Introdução

O mercado da educação superior no Brasil está claramente dividido entre as instituições públicas e as privadas. Nesse contexto, pode-se notar, claramente, a presença de duas realidades completamente distintas, mas, submetidas aos mesmos critérios avaliativos.

Nas instituições públicas, é comum que todos (ou quase todos) os professores sejam doutores e trabalhem em regime de dedicação exclusiva. Por outro lado, nas instituições privadas, grande parte dos professores dividem suas rotinas de trabalho com outros empregadores (outras instituições de ensino privadas ou outras empresas). A titulação, nesse caso, pode variar muito de instituição para instituição, mas, é, em sua maioria, dada por mestres e especialistas.

A gestão do corpo docente de uma instituição privada pode ser uma tarefa bastante complexa. Além da dificuldade de encontrar bons profissionais com boa titulação, é difícil que os mesmos disponham de tempo para exercer regimes de trabalho parcial ou integral na instituição. Assim, uma gestão eficiente dos docentes disponíveis pode representar um diferencial capaz de elevar a qualidade dos cursos e seu desempenho frente aos critérios de avaliação do Ministério da Educação - MEC.

Com o crescimento do mercado da educação e, em especial, do ensino superior, tem surgido grupos proprietários de Instituições de Ensino Superior (IES) que chegam a ter centenas de milhares de alunos. Alguns desses grupos possuem ações negociadas na bolsa e representam alternativas de investimento no mercado de capitais. Sendo assim, embora nem todos pratiquem as mesmas estratégias, seu desempenho é frequentemente comparado e isso pode significar sua valorização (ou não) no mercado.

Uma forma de avaliação e comparação é através dos critérios de desempenho do MEC. Esses critérios determinam notas para cada curso oferecido pela IES e o índice geral do curso ou, simplesmente, IGC. Assim, em teoria, uma IES cujo IGC é elevado, entrega uma qualidade superior aos seus alunos e, conseqüentemente, pode estar mais valorizada no mercado.

O conceito preliminar de curso ou, simplesmente, CPC atribui notas de 1 a 5 para cada curso e utilizado no cálculo do IGC. Uma importante parcela no cálculo do CPC de um curso é a composição do corpo docente. Basicamente, avalia-se, para cada curso a titulação, através do percentual de professores doutores e mestres e o seu regime de trabalho (parcial, integral ou horista).

Dependendo do porte da IES e da quantidade de cursos envolvidos, essa tarefa pode ser bastante complexa. Um índice alto de doutores não garante uma boa nota global para a instituição se esses doutores estiverem concentrados em um percentual baixo de cursos. O mesmo vale para os professores cujo regime de trabalho é de tempo parcial ou integral.

O objetivo deste trabalho é criar um modelo matemático que seja capaz de auxiliar na solução do problema de indicação docente de uma instituição de ensino superior com foco em ganhos de desempenho nos indicadores de qualidade do MEC, tanto para os cursos (CPC) como para a instituição (IGC). Este problema consiste em, dado um conjunto de cursos, turmas e professores, criar uma solução em que, para cada turma haja um professor indicado. Neste problema, algumas regras precisam ser obedecidas como, por exemplo, a disponibilidade de carga horária de cada professor (total e por turno) e as disciplinas que o mesmo está apto a lecionar.

Esse trabalho vem sendo desenvolvido e testado em uma instituição de ensino superior privada que atua em Minas Gerais. Seus vários cursos estão divididos em diferentes institutos e, para a realização dos experimentos, escolhemos o maior deles, o instituto de engenharia. Dentro desse instituto planejamos a alocação de professores para 7 cursos de engenharia distintos. Foram utilizados os dados de alocação de professores realizada na prática para que os resultados obtidos através do modelo pudessem ser comparados a esses resultados e sua eficácia avaliada.

Após essa breve introdução, apresentaremos um rápido exame de literatura na Seção 2. Na Seção 3 apresentamos uma formulação matemática para o problema e suas principais características. Os dados utilizados e os experimentos computacionais preliminares são apresentados na Seção 4 e, por fim, na Seção 5, são apresentadas algumas conclusões iniciais e propostas para

continuidade dos trabalhos.

## 2. Exame de Literatura

Ao que nos consta, o problema de alocação de professores vem sendo sistematicamente tratado na literatura com a proposta de criação de horários (ver os trabalhos de Góes (2005) e Souza *et. al* (2001). Entretanto, o problema abordado nesse trabalho possui um objetivo particular para o qual não há evidências de trabalhos na literatura. Assim, essa Seção se concentrará em apresentar o contexto de avaliação do corpo docente e os principais dados do panorama do ensino superior no Brasil.

Segundo Barreyro (2008) o mercado de ensino superior no Brasil é dominado por instituições privadas. Nos últimos anos, a educação superior no Brasil passou por diversas mudanças e uma das mais relevantes foi o aumento no número de matrículas nos cursos de graduação. De acordo com o Censo, realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o aumento foi de 7,1% de 2009 a 2010 e de 110,1% de 2001 a 2010.

A elevação no número de matrículas em cursos de graduação deve-se principalmente ao crescimento econômico alcançado pelo país nas últimas décadas. Isso tem impulsionado o mercado a buscar mão-de-obra mais especializada e proporcionado a criação de políticas públicas de incentivo ao ingresso e a permanência no ensino superior, como por exemplo, os programas FIES e ProUni.

Segundo o Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES, o número de instituições de ensino superior (IES) acompanhou esse crescimento: o aumento no número de instituições privadas foi de cerca de 197,1% de 1995 até 2007 e o número de instituições públicas (federais, estaduais e municipais) também apresentou uma elevação no mesmo período, cerca de 18,6%.

O INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, órgão associado ao Ministério da Educação (MEC), é responsável pelos critérios de avaliação dos cursos superiores, com o intuito de controlar a evolução da qualidade dos mesmos e das instituições de ensino superior. A avaliação dos cursos baseia-se na análise das características de ensino, principalmente as relacionadas ao corpo docente, infraestrutura, projeto pedagógico e ao desempenho dos graduandos no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – ENADE (INEP, 2011).

Um dos indicadores de qualidade mais importantes é o Índice Geral de Cursos – IGC, utilizado para avaliar as instituições de ensino superior. O INEP afirma que esse índice é expresso em conceitos, que podem variar de um a cinco pontos. O IGC de uma instituição é calculado a partir da média dos últimos CPCs ponderada pelo número de alunos matriculados nesses cursos e da média dos conceitos de avaliação dos programas de pós-graduação *stricto sensu* também ponderada pelo número de alunos quando a IES possui programas de pós-graduação *stricto sensu*. O CPC é o indicador de avaliação dos cursos de graduação, e apresenta um ciclo de três anos, em combinação com o resultado do Enade, que, por sua vez, mede o desempenho dos estudantes. Quanto mais próximo de cinco pontos for o IGC de uma instituição, mais satisfatório é o ensino da mesma.

Assim, tanto o IGC como o CPC podem ser utilizados como critérios de escolha da instituição, pelos estudantes e de escolha do profissional graduado, por parte do empregador. Ao apresentarem bons índices de avaliação da qualidade, as instituições de ensino superior privadas podem atrair não somente um número maior de alunos, mas também investidores, aumentando a valorização das mesmas.

Para cálculo do CPC são agrupadas diferentes métricas de qualidade ligadas aos cursos. Ao todo, existem sete componentes que são consideradas nesse cálculo, das quais 3 são relativas ao corpo docente. A nota dada ao percentual de doutores corresponde a 15% do cálculo do CPC e a notas dada ao percentual de mestres corresponde a 7,5%.

O regime de trabalho dos docentes do curso também é considerado no cálculo do CPC. Segundo o MEC, a classificação do regime é feita da seguinte maneira:

- (i) Tempo Integral: quando o docente tem dedicação exclusiva à Instituição, sendo contratado

com 40 horas semanais, sendo que, dessas, 20 horas devem ser dedicadas a estudos, pesquisas, trabalhos de extensão, planejamento pedagógico, avaliação e orientação de estudantes.

- (ii) Tempo Parcial: quando o docente atua em 12 ou mais horas semanais em uma mesma instituição, devendo reservar pelo menos 25% do tempo para estudos, planejamento pedagógico, avaliação e orientação de estudantes.
- (iii) Horista: quando o docente é contratado pela instituição estritamente para ministrar aulas, independentemente da carga horária contratada, ou casos que não possam ser classificados em nenhuma das categorias acima.

A nota dada ao percentual de professores com regime trabalho parcial ou integral corresponde a 7,5% do CPC. Com isso, somando o impacto da titulação do corpo docente (15% para percentual de doutores e 7,5% para percentual de mestres) e do regime de trabalho (7,5%), temos que 30% do CPC é obtido a partir do corpo docente do curso.

Assim, instituições que possuem um grande número de docentes doutores e com dedicação exclusiva a ela, tendem a apresentar notas maiores nesses quesitos e, conseqüentemente, podem ter a nota do CPC aumentada.

No cálculo do CPC são utilizadas notas padronizadas com valores entre 0 e 5 através do afastamento padronizado (ver Bussab e Morettin (2004)). Esse afastamento é obtido através da diferença entre o percentual de quesito para o curso em relação a média nacional daquele quesito (por exemplo: diferença entre a média de doutores no curso e a média nacional de doutores para aquele curso) dividido pelo desvio padrão do quesito em nível nacional.

$$AP_i^x = \frac{X_i - \bar{X}_i}{DP_i^x}, \quad \text{em que :} \quad (1)$$

$AP_i^x$  é o afastamento padronizado do quesito  $x$  no curso  $i$ ;

$X_i$  é o percentual do quesito  $x$  no curso  $i$ ;

$\bar{X}_i$  é a média dos percentuais do quesito em nível nacional e

$DP_i^x$  é o desvio padrão do quesito  $x$  em nível nacional.

A partir do afastamento padronizado e para que todas as instituições de ensino superior tenha notas entre 0 e 5, soma-se ao afastamento padronizado do curso para o quesito o valor absoluto do menor afastamento padronizado para aquele quesito em nível nacional (desconsiderando valores menores que -3,0, pois, são tidos como valores extremos). O resultado é então dividido pela soma do maior afastamento para o quesito em nível nacional (desconsiderando valores maiores 3,0) com o valor absoluto do menor afastamento padronizado também em nível nacional (desconsiderando valores menores que -3,0) e multiplicado por 5.

$$NX_i = 5 \cdot \frac{AP_i^x + |MenorAP^x|}{MaiorAP_i^x + |MenorAP^x|}, \quad \text{em que :} \quad (2)$$

$NX_i$  é a nota padronizada do quesito  $X$  no curso  $i$ ;

$AP_i^x$  é o afastamento padronizado do quesito  $x$  no curso  $i$ ;

$MenorAP^x$  é o menor afastamento padronizado para o quesito em nível nacional (desconsiderando valores menores que -3,0) e

$MaiorAP_i^x$  é o maior afastamento padronizado para o quesito em nível nacional (desconsiderando valores maiores que 3,0).

Com isso, as notas padronizadas para cada quesito em cada curso, incluindo as notas relativas ao corpo docente, dependem de todas as notas para aquele quesito para todos os cursos em nível nacional. Assim, não existem percentuais fixos para titulação nem regime de trabalho e,

eventualmente, um curso com pode obter uma nota mais elevada que outro em virtude de a média nacional para aquele quesito naquele curso ser menor que a do outro.

Como o IGC de instituições de ensino superior que não possuem programas de pós-graduação *stricto sensu* é dado pela média dos CPCs ponderada pelo total de alunos matriculados em cada curso, temos que, dependendo de como os professores são alocados em cada curso, os CPCs podem mudar bem como o IGC da instituição. Com isso, pode ser possível obter ganhos de desempenho expressos pela elevação do IGC apenas fazendo a alocação dos professores de maneira mais acertiva (sem, necessariamente, alterar o corpo docente com contratações ou demissões). Como, geralmente, o problema é de grande porte, pois, as instituições de ensino podem ter centenas de turmas, professores e disciplinas, a criação de modelo matemático pode auxiliar consideravelmente no processo de alocação dos professores.

### 3. Modelo de alocação de professores

Propomos um modelo de programação linear inteira mista para a alocação dos professores às turmas disponíveis. Nesse modelo consideramos que a IES possui  $P$  professores,  $D$  disciplinas,  $C$  cursos e  $T$  turmas divididas em  $U$  turnos. Ocorre que cada turma possui uma, e apenas uma, disciplina e a matriz binária  $\beta_{td}$  informa com valor igual a 1 quando a disciplina da turma  $t$  é  $d$  e 0, caso contrário.

A carga horária de uma turma  $t$  é dada por  $\alpha_t$  e o turno correspondente é dado por  $\eta_{t,u}$  que é uma matriz binária que informa com valor igual a um quando a turma  $t$  é pertencente ao turno  $u$ . Cada turma  $t$  pertence a um curso  $c$  e essa relação é expressa pela matriz binária  $\theta_{tc}$  em que se  $\theta_{tc} = 1$  significa que a turma  $t$  pertence ao curso  $c$ .

Cada professor indica sua disponibilidade de carga horária para assumir as turmas por turno, a carga horária total desejada e as disciplinas que pode lecionar. A disponibilidade é dividida por turno e é dada por  $\pi_{pu}$  (carga horária disponível do professor  $p$  no turno  $u$ ). A carga horária total (considerando todos os turnos) desejada por cada professor que é expressa por  $\kappa_p$ . A matriz binária  $\lambda_{pd}$  indica se o professor  $p$  pode lecionar a disciplina  $d$  quando  $\lambda_{pd} = 1$ .

O regime de trabalho do professor é dividido em dois tipos: horista ou não, sendo que o professor que não é horista pode ter como regime de trabalho tempo total ou parcial. Como não há diferenças entre o regime em tempo integral ou parcial para fins de cálculo do CPC, consideramos as duas categoriais como uma só. Assim, o vetor binário  $\gamma_p$  indica com valor 1 se o professor possui regime de trabalho de tempo integral ou parcial e com valor 0 caso seja horista.

Os professores podem ser especialistas, mestres ou doutores. Apenas o percentual de mestres e doutores contribui para o cálculo do CPC. Assim, a informação acerca da titulação é dada pelos vetores binários  $\psi_p$  e  $\phi_p$ , que indicam com valores iguais a 1 se o professor  $p$  é mestre ou doutor, respectivamente.

Como o peso pela alocação de um professor de acordo com sua titulação e regime de trabalho pode variar de um curso para outro, foram criados os parâmetros  $\Psi_c$  e  $\Phi_c$  que estabelecem o peso da alocação de um professor doutor ou mestre no curso  $c$ , respectivamente. Com relação ao regime de trabalho, foi criado o parâmetro  $\Gamma_c$  que atribui peso ao professor cujo regime de trabalho é parcial ou integral no curso  $c$ .

Para a definição dos fatores para percentual de mestres, doutores e regime de trabalho, foi realizada regressão linear múltipla (FIELD, 2009), gerando um modelo para cada curso. Nestas regressões, foi considerado, como desfecho, o conceito preliminar do curso (CPC) e, como variáveis independentes, o percentual de professores com titulação mínima mestrado ( $\Delta_1$ ), o percentual de doutores ( $\Delta_2$ ) e o percentual de professores em regime parcial ou integral ( $\Delta_3$ ), avaliados em cada curso. Os dados para a modelagem foram obtidos no site do INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, por meio de planilhas disponibilizadas no link <http://portal.inep.gov.br/enade/resultados>, com resultados do ENADE de 2004 a 2012. Em cada modelo, foram estimados os coeficientes de regressão para cada variável independente ( $\Delta_1, \Delta_2$  e  $\Delta_3$ ) de cada curso, além da constante do modelo de previsão do CPC e o respectivo coeficiente de

determinação (Tabela 1). O coeficiente de determinação ( $r^2$ ) mede o quanto a variabilidade nos valores de CPC, de um determinado curso que participa do ENADE, são explicados considerando somente a titulação e o regime de trabalho dos docentes.

Como as notas relativas ao corpo docente são definidas por percentuais, foi criado um parâmetro de custo que é contabilizado sempre que um professor é incluído no corpo docente de um curso. Este parâmetro foi definido como sendo um valor sempre maior que a maior nota que um professor pode tirar. Ou seja, no melhor caso, um professor é doutor e trabalha em regime de trabalho parcial ou integral. O parâmetro de custo foi criado como sendo sempre 10% maior que a melhor nota possível por aquele curso e é dado por  $\Xi_c$ .

O Modelo de Alocação de Professores é definido como:

$x_{pt}$ , variável binária que informa se o professor  $p$  foi alocado na turma  $t$ ;

$y_{pc}$ , variável binária que informa se o professor  $p$  foi alocado em pelo menos uma turma do curso  $c$ ;

$$\text{Maximizar } FO = \sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P y_{cp} \cdot (\psi_p \cdot \Psi_c + \phi_p \cdot \Phi_c + \gamma_p \cdot \Gamma_c - \Xi_c) \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{t=1}^T x_{pt} \cdot \eta_{t,u} \cdot \alpha_t \leq \pi_{pu} \quad \forall p = 1 \dots P, u = 1 \dots U \quad (4)$$

$$\sum_{t=1}^T x_{pt} \cdot \alpha_t \leq \kappa_p \quad \forall p = 1 \dots P \quad (5)$$

$$\sum_{d=1}^D \sum_{p=1}^P x_{pt} \cdot \beta_{td} \cdot \lambda_{pd} = 1 \quad \forall t = 1 \dots T \quad (6)$$

$$y_{pc} \geq x_{pt} \cdot \theta_{tc} \quad \forall p = 1 \dots P, t = 1 \dots T, c = 1 \dots C \quad (7)$$

$$x, y \in \{0, 1\} \quad (8)$$

A função objetivo (3), apresenta a soma das penalidades e bonificações incorridas na escolha de cada professor  $p$  para cada curso  $c$  de acordo com sua titulação e regime de trabalho. Assim, sempre que um professor  $p$  é escolhido para turma  $t$  do curso  $c$  ( $x_{pt} = 1$ ), há a incidência de uma penalidade  $\Xi_c$ . Entretanto, há também uma bonificação de acordo com sua titulação e caso seu regime de trabalho seja de tempo parcial ou integral. Como temos uma função de maximização, o modelo reduz o número de professores escolhidos (para minimizar as penalidades) e prioriza os professores de acordo com sua titulação e regime de trabalho (para maximizar as bonificações).

O conjunto de restrições dado pela expressão (4) garante que a disponibilidade de um professor em cada turno não será excedida. As restrições expressas em (5) garantem que a disponibilidade total de um professor (em todos os turnos) não será excedida. As restrições (6) garantem que, para cada turma, um (e apenas um) professor será alocado, dado que a disciplina é  $d$  ( $\beta_{td} = 1$ ) e que o professor  $p$  pode lecionar essa disciplina ( $\lambda_{pd} = 1$ ). As restrições (7) garantem que, se um professor  $p$  foi alocado em pelo menos uma turma do curso  $c$ , ele deverá ser contabilizado na função objetivo para aquele curso através da variável  $y_{pc}$ . As restrições (8) impõem os domínios das variáveis  $x$  e  $y$ .

Tabela 1: Modelos de regressão linear múltipla considerando, como desfecho, o conceito preliminar do curso (CPC) e, como variáveis independentes, o percentual de professores com titulação mínima mestrado ( $\Delta_1$ ), o percentual de doutores ( $\Delta_2$ ) e o percentual de professores em regime parcial ou integral ( $\Delta_3$ )

Curso	Alunos	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	Constante	$r^2$
1	963	0.006	0.027	0.004	1.374	62 %
2	1020	0.013	0.006	0.005	1.111	34 %
3	553	0.014	0.008	0.007	0.663	47 %
4	392	0.011	0.006	0.007	1.059	48 %
5	175	0.028	0.004	0.005	-0.259	38 %
6	476	0.009	0.022	0.004	1.379	53 %
7	79	0.029	0.014	0.004	0.505	58 %
8	89	0.011	0.019	0.006	0.948	63 %
9	74	0.007	0.033	0.006	1.808	34 %
10	206	0.011	0.019	0.006	0.948	63 %
11	1016	0.005	0.017	0.006	1.455	45 %
12	79	0.007	0.012	0.006	1.325	49 %
13	528	0.009	0.005	0.005	1.406	22 %
14	368	0.006	0.01	0.007	1.395	44 %
15	418	0.011	0.007	0.003	1.474	31 %
16	2438	0.011	0.005	0.007	1.086	41 %
17	75	0.019	0.008	0.006	0.733	12 %
18	737	0.013	0.012	0.004	0.763	53 %
19	874	0.014	0.003	0.006	1.025	36 %
20	789	0.015	0.001	0.003	1.26	21 %
21	819	0.018	0.004	0.009	0.187	44 %
22	456	0.01	0.012	0.007	1.083	53 %
23	23	0.013	0.005	0.002	1.259	38 %
24	81	0.036	0.002	0.003	-0.198	10 %
25	28	0.009	0.011	0.006	1.083	45 %
26	280	0.009	0.032	0.002	1.629	42 %
27	79	0.007	0.035	0.002	1.425	43 %
28	164	0.009	0.001	0.001	2.04	13 %
29	425	0.007	0.01	0.004	1.503	31 %
30	136	0.005	0.019	0.004	1.397	64 %
31	51	0.008	0.03	0.003	1.514	49 %
32	109	0.007	0.02	0.003	1.151	70 %
33	436	0.005	0.012	0.003	1.495	36 %
34	392	0.011	0.01	0.008	0.669	46 %
35	256	0.008	0.013	0.007	0.939	54 %
36	369	0.005	0.018	0.002	1.612	54 %
37	148	0.006	0.04	0.003	1.607	41 %
38	161	0.01	0.005	0.005	1.323	33 %
39	378	0.007	0.01	0.004	1.503	31 %
40	294	0.009	0.015	0.007	0.518	45 %
41	224	0.007	0.005	0.002	1.934	16 %
42	50	0.012	0.004	0.007	1.146	37 %



#### 4. Resultados Computacionais Preliminares

O modelo implementado em AMPL e resolvido com o CPLEX 12.4 em um Intel Xeon X5690 @ 3,47 gigahertz com 24-CPU e memória RAM de 132 gigabytes e sistema operacional Linux. O tempo limite foi de 7200 segundos. Foram utilizados dados reais obtidos na *IES* em que o estudo vem sendo desenvolvido. Para avaliar a eficácia do modelo, os resultados obtidos foram comparados com aqueles verificados na prática. Vale ressaltar que não há uma metodologia clara e padronizada para a escolha dos professores na prática. Basicamente, os coordenadores de curso são cobrados pelo desempenho de seus cursos e, individualmente, buscam alocar o maior número possível de professores com boa titulação e regime de trabalho.

Após as devidas validações do modelo a partir de testes computacionais com instâncias menores, um teste foi realizado utilizando os dados da indicação docente do segundo semestre de 2014. Neste semestre foram empregados 716 professores ( $P = 716$ ) em 2747 turmas ( $T = 2747$ ) de 55 cursos ( $C = 55$ ). Existem turmas nos turnos da manhã, tarde e noite, além de turmas em turno integral (manhã e tarde) e na modalidade de ensino à distância ( $U = 5$ ). Ao todo, neste semestre, foram lecionadas 1336 disciplinas diferentes ( $D = 1336$ ).

As informações acerca da disponibilidade de carga horária em cada turno e carga horária desejada foram informadas pelos próprios professores conforme sistema informatizado de gestão docente da organização. Neste sistema os professores também indicam as disciplinas que estão aptos a lecionar.

Os parâmetros  $\Psi_c$  e  $\Phi_c$  relativos a inserção de mestres ou doutores no curso  $c$  foram obtidos por regração múltipla conforme já descrito. Como o IGC é dado pela média dos CPCs dos cursos ponderada pelo número de alunos, os parâmetros de cada curso foram multiplicados pelos respectivos números de alunos de maneira que ficassem proporcionais a contribuição do curso no cálculo do IGC.

No semestre em questão havia 16.06% de doutores e 65.50% de mestres. Os professores em regime de trabalho de tempo integral ou parcial totalizavam 49.44%; A carga horária média por professor era de 13.39 horas.

Com a aplicação do modelo de alocação de professores haveria redução no número de professores que passaria para 534. Os percentuais de doutores e mestres passaria a ser de 18.32% e 69.47%, respectivamente e 59.73% dos professores possuiriam regime de trabalho em tempo integral ou parcial. A carga horária média por professor seria de 17.95 horas.

Dos 55 cursos disponíveis na instituição no período em que os dados foram obtidos, apenas 42 possuíam CPC e entravam no compito do IGC. Com isso, embora tenham sido gerados parâmetros para todos os cursos e o teste tenha sido realizado com todas as turmas, para fins de cálculo do IGC foram considerados apenas os 42 cursos que possuem CPC.

O impacto no IGC, previsto pelas mudanças na indicação docente, seria de cerca 7.22% passando de 2.64 a 2.84.

A comparação entre o resultado obtido com o modelo para cada curso e os valores verificados na prática podem ser vistos na Tabela 2. Ela apresenta o curso de referência (identificado através de um número de 1 a 42), os percentuais de mestres, doutores e professores em regime de trabalho em tempo parcial ou integral e o CPC estimado para essa composição tanto para a indicação docente realizada na prática em 2014-2 como para a indicação sugerida pelo modelo.

#### 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

O campo de atuação da Pesquisa Operacional é muito vasto. Muitas vezes, decisões gerenciais quotidianas das empresas poderiam ser facilitadas e melhoradas com o emprego de técnicas simples de otimização. No estudo em questão, verificamos uma oportunidade do emprego da Pesquisa Operacional para dar suporte a decisões estratégicas em uma instituição de ensino superior privada. A partir de um conjunto inicial de dados, propusemos um modelo de programação linear inteira mista bastante simples e capaz de gerar soluções de boa qualidade. Esse modelo, não necessariamente otimiza o desempenho dos curso, uma vez que algumas premissas assumidas não tem

Tabela 2: Comparação entre a composição do corpo docente ocorrida na prática em 2014-2 e a indicação sugerida pelo modelo de alocação de professores

Curso	Resultados na Prática				Resultados com o Modelo			
	% Mestres	% Doutores	% TI ou TP	CPC	% Mestres	% Doutores	% TI ou TP	CPC
1	80.70 %	12.28 %	70.18 %	2.47	90.91 %	36.36 %	77.27 %	3.21
2	87.88 %	16.67 %	63.64 %	2.67	94.29 %	0.00 %	65.71 %	2.67
3	93.94 %	48.48 %	60.61 %	2.79	100.00 %	43.75 %	81.25 %	2.98
4	96.00 %	12.00 %	88.00 %	2.80	100.00 %	8.33 %	91.67 %	2.85
5	95.24 %	80.95 %	95.24 %	3.21	100.00 %	42.86 %	78.57 %	3.11
6	69.23 %	11.54 %	50.00 %	2.46	66.67 %	6.67 %	66.67 %	2.39
7	62.50 %	0.00 %	62.50 %	2.57	62.50 %	0.00 %	62.50 %	2.57
8	92.31 %	0.00 %	23.08 %	2.10	100.00 %	0.00 %	37.50 %	2.27
9	80.00 %	20.00 %	30.00 %	3.21	60.00 %	20.00 %	40.00 %	3.13
10	73.33 %	6.67 %	60.00 %	2.24	80.00 %	0.00 %	80.00 %	2.31
11	93.18 %	20.45 %	50.00 %	2.57	91.30 %	21.74 %	91.30 %	2.83
12	100.00 %	14.29 %	71.43 %	2.63	100.00 %	33.33 %	83.33 %	2.93
13	96.43 %	35.71 %	50.00 %	2.70	94.74 %	21.05 %	73.68 %	2.73
14	90.91 %	42.42 %	60.61 %	2.79	90.00 %	60.00 %	85.00 %	3.13
15	92.31 %	23.08 %	69.23 %	2.86	100.00 %	19.05 %	61.90 %	2.89
16	86.32 %	14.53 %	63.25 %	2.55	100.00 %	1.96 %	82.35 %	2.77
17	100.00 %	27.27 %	100.00 %	3.45	100.00 %	23.08 %	76.92 %	3.28
18	85.45 %	18.18 %	74.55 %	2.39	100.00 %	25.00 %	87.50 %	2.71
19	87.50 %	16.67 %	64.58 %	2.69	95.65 %	0.00 %	86.96 %	2.89
20	81.97 %	11.48 %	73.77 %	2.72	100.00 %	0.00 %	66.67 %	2.96
21	88.00 %	32.00 %	84.00 %	2.66	100.00 %	10.53 %	100.00 %	2.93
22	76.47 %	11.76 %	100.00 %	2.69	85.71 %	14.29 %	100.00 %	2.81
23	100.00 %	20.00 %	100.00 %	2.86	100.00 %	0.00 %	75.00 %	2.71
24	100.00 %	30.77 %	84.62 %	3.72	100.00 %	0.00 %	60.00 %	3.58
25	100.00 %	0.00 %	50.00 %	2.28	100.00 %	20.00 %	60.00 %	2.56
26	90.91 %	22.73 %	77.27 %	3.33	90.91 %	27.27 %	81.82 %	3.48
27	90.00 %	30.00 %	60.00 %	3.23	83.33 %	33.33 %	50.00 %	3.28
28	80.00 %	40.00 %	50.00 %	2.85	87.50 %	12.50 %	50.00 %	2.89
29	88.00 %	20.00 %	60.00 %	2.56	92.86 %	35.71 %	78.57 %	2.82
30	90.91 %	36.36 %	63.64 %	2.80	90.00 %	40.00 %	70.00 %	2.89
31	77.78 %	0.00 %	55.56 %	2.30	100.00 %	0.00 %	75.00 %	2.54
32	92.31 %	15.38 %	46.15 %	2.24	80.00 %	20.00 %	60.00 %	2.29
33	88.71 %	37.10 %	33.87 %	2.49	88.24 %	37.25 %	37.25 %	2.50
34	100.00 %	69.23 %	84.62 %	3.14	100.00 %	60.00 %	80.00 %	3.01
35	94.12 %	47.06 %	70.59 %	2.80	100.00 %	50.00 %	91.67 %	3.03
36	93.33 %	20.00 %	53.33 %	2.55	88.89 %	44.44 %	55.56 %	2.97
37	89.47 %	26.32 %	52.63 %	3.35	75.00 %	37.50 %	50.00 %	3.71
38	84.62 %	46.15 %	61.54 %	2.71	90.91 %	45.45 %	54.55 %	2.73
39	66.67 %	10.00 %	53.33 %	2.28	82.35 %	11.76 %	58.82 %	2.43
40	100.00 %	23.08 %	53.85 %	2.14	100.00 %	27.27 %	72.73 %	2.34
41	63.64 %	18.18 %	54.55 %	2.58	80.00 %	10.00 %	40.00 %	2.62
42	71.43 %	0.00 %	85.71 %	2.60	66.67 %	0.00 %	83.33 %	2.53

caráter exato. Contudo, os primeiros testes apontam para sua eficácia e possibilidade de aplicação imediata no contexto real.

A facilidade de implementação e o baixo custo computacional encorajam a continuidade do estudo para melhorar sua aderência. Como propostas para melhorias, podemos citar:

- (i) a inclusão de critérios ligados ao desempenho do docente como, por exemplo, a sua avaliação institucional;
- (ii) planejamento para o médio prazo, considerando os semestres subsequentes;
- (iii) tratativas para os custos envolvidos no processo (desligamentos, contratações, capacitação, resilição e etc.);
- (iv) vinculação da indicação docente a criação dos horários e alocação das turmas aos espaços acadêmicos;

Além disso, um planejamento do corpo docente para o médio prazo (alguns semestres) pode trazer ganhos. Como ocorre uma flutuação na quantidade de turmas e nas disciplinas a cada semestre, pode ocorrer que um professor que será importante dentro de 1 ou 2 semestres, seja dispensado por não ser o mais adequado avaliando exclusivamente o plano para o próximo semestre. Isto gera, além de um desgaste do corpo docente e das coordenações, uma elevação nos custos em virtude de indenizações trabalhistas e custos de contratação.

Poderemos considerar também os custos envolvidos no processo. Alterações na carga horária de um docente pode gerar indenizações, denominadas resilições. Assim, conhecer os professores cuja recomposição de carga horária evitaria o pagamento desse tipo de penalidade pode ser uma alternativa bastante interessante no sentido de reduzir os custos. Além disso, os custos com desligamentos podem ser representativos e inviabilizar um planejamento de redução do corpo docente. Políticas que aumentem a rotatividade do corpo docente podem gerar altos custos e o desgaste da imagem da instituição. Contabilizar esses e outros custos e passar a considerá-los no modelo podem ser uma alternativa para melhorar seu potencial de ganhos para a empresa.

### Referências

**Barreyro, G. B.**, Mapa do ensino superior privado, *Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira*, 2008.

**Bussab, W.O. e Morettin, P.A.**, Estatística Básica, 5 ed., São Paulo: Saraiva, 2004. 66p.

**Field, A.** Descobrimo a Estatística usando o SPSS, 2 ed., Porto Alegre: Artmed Editora, 2009.688p.

**Goes, A. R. T.**, Otimização na Distribuição da Carga Horária de Professores – Método Exato, Método Heurístico, Método Misto e Interface, *Dissertação (Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia) – Setor de Ciências Exatas e Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba*, 2005.

**Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 02 de maio de 2015.

**Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, Resumo Técnico do Censo da Educação Superior de 2012. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/centso-da-educacao-superior/resumos-tecnicos/>. Acesso em: 02 de maio de 2015.

**Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, Indicadores de Qualidade da Educação Superior 2012. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/educacao-superior/indicadores/notas-tecnicas/>. Acesso em: 02 de maio de 2015.

**Souza, M. J. F.; Maculan, N; Ochi, L. S.**, Uma heurística para o problema de programação de horários em escolas. *CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL, XXIII*, São Carlos-SP. 2001.