

# MODELO MULTICRITÉRIO COMBINADO COM PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA PARA APOIAR A SELEÇÃO E DESIGNAÇÃO DE MONITORES EM DISCIPLINAS DE UM CURSO PRÉ-VESTIBULAR

**Solon Oliveira**

solongeorgenes\_12@hotmail.com

**Allan Andrade**

allan-bruno250@hotmail.com

**Gabriel Freire**

gabriel0591@hotmail.com

**Layra Nayara Damacena de Lima**

layra.nayara@gmail.com

**Jônatas Araújo de Almeida**

jonatasaa@yahoo.com.br



*Este artigo propõe a utilização de um modelo multicritério de apoio à decisão combinado com programação linear, no problema de seleção e alocação de candidatos. Inicialmente fez-se uma breve explanação da literatura a respeito da decisão multicritério, do modelo aditivo e do problema de seleção. Em seguida, foi apresentado o modelo proposto, desenvolvido com o apoio do software SCILAB. Posteriormente, a aplicação do modelo foi realizada em um curso pré-vestibular do interior de Pernambuco, cujo resultado selecionou e designou 8 dos 30 candidatos para as 12 disciplinas ofertadas. A partir da análise de sensibilidade desenvolvida, com uma variação de 20% nos pesos dos critérios utilizados, das 100000 soluções encontradas, com uma distribuição uniforme, a solução padrão sugerida pelo modelo se repete cerca de 65,82%, e cerca de 97,75% das soluções mantêm pelo menos 11 das 12 designações sugeridas pela solução padrão, apresentando a robustez de maior parte da solução padrão encontrada. O resultado mostra a contribuição do modelo proposto para o problema de seleção de candidatos, auxiliando de forma segura o decisor da organização.*

*Palavras-chave: MCDM, Problema de Designação, Knapsack Problem, Simulação Monte Carlo*

## 1. Introdução

O problema de seleção e alocação de recursos está cada vez mais motivando as organizações a tomarem melhores decisões para se manterem competitivas. No contexto de seleção de alunos, muito tempo e recursos são gastos anualmente em todo o mundo na tentativa de selecionar os melhores grupos de um universo de candidatos altamente qualificados (TILL et al., 2013).

A seleção de professores com competências que se adequem fortemente aos cargos ofertados tem se tornado um problema cada vez mais frequente para as escolas e universidades. Algumas pesquisas relatam métodos de seleção de professores e até mesmo fazem análises sobre os editais de grandes universidades públicas do País. E este problema de seleção por sua vez, se repete na seleção de alunos, onde o desempenho acadêmico anterior continua a ser o preditor mais consistente do sucesso acadêmico, conforme observado por Eva et al. (2004). Na tentativa de avaliar características pessoais valorizadas em um profissional competente, a entrevista pessoal continua sendo o instrumento de seleção mais utilizado (PARRY et al., 2006). Porém ao longo dos anos, os pesquisadores documentaram as insuficiências da entrevista no processo de seleção (HARRIS e OWEN, 2007).

Um outro fato muito importante que ainda não é muito estudado é a seleção de monitores para as disciplinas ofertadas por cursos pré-vestibulares, organizações estas responsáveis por sanar as lacunas do aprendizado da maioria dos estudantes. A fim de proporcionar um maior nível de serviço, alguns cursos pré-vestibulares do país estão ofertando vagas de monitorias para alunos de cursos superiores.

As escolas que implementam projetos de recrutamento de estudantes orientados para a diversidade devem se perguntar se recrutaram estudantes adequados para o uso ideal dos recursos educacionais e se elaboraram estratégias de ensino adequadas para instruir os alunos a aprenderem bem podendo alcançar seu potencial e desenvolver uma excelente personalidade. Enquanto isso, os membros do comitê de recrutamento de estudantes devem entender completamente os pontos chaves para a seleção de talentos, enquanto exploram as qualidades dos alunos que atenderão às expectativas da escola (PARRY et al., 2006).

Segundo Milkovich e Boudreau (1997), o recrutamento é um processo de identificação e atração de candidatos. Porém não é tão simples, e pode acabar por sofrer interferências que podem prejudicar o resultado final. Desta forma processo de recrutamento em Universidades assim como em empresas privadas, pode sofrer uma interferência negativa a depender das atitudes dos envolvidos nas decisões sobre o processo de recrutamento (KAO. P.-H., 2012).

Assim, uma combinação de um método multicritério com a programação linear inteira binária permite encontrar uma solução para o problema de seleção e alocação de monitores. Com o objetivo de utilizar os recursos disponíveis de uma maneira mais eficaz, possibilitando uma

seleção mais justificada, e designando os melhores graduandos as suas disciplinas de maior aptidão.

Diante desse contexto, o modelo desenvolvido foi aplicado em um curso pré-vestibular social, patrocinado por uma prefeitura do interior de Pernambuco, aumentando assim a sua importância por utilizar recursos públicos na tentativa de aumentar as chances de alunos da rede pública a ingressarem nas grandes universidades do país.

Para tanto, este artigo é composto por 5 seções, onde na 1ª seção é apresentada a introdução; na 2ª apresenta-se uma breve revisão sobre a abordagem multicritério; modelo aditivo; seleção de monitores, na 3ª seção apresenta-se o modelo proposto; na 4ª seção apresenta-se aplicação do modelo proposto, juntamente com a discussão dos resultados obtidos e da análise de sensibilidade. Por fim, na 5ª seção é apresentada a conclusão do estudo.

## **2. Revisão da literatura**

### **2.1. Decisão multicritério**

Um problema de decisão multicritério consiste numa situação, em que há pelo menos duas alternativas de ação para se escolher, e essa escolha é conduzida pelo desejo de se atender a múltiplos objetivos, muitas vezes conflitantes entre si. (ALMEIDA, 2013). Assim a tomada de decisão multicritério (*Multiple Criteria Decision Making – MCDM*), auxilia os tomadores de decisão no conhecimento do problema, sobre seus valores de julgamento, organizando e sintetizando a apresentação das informações, sob uma discussão do problema, assim escolhendo um plano de ação (BELTON, STEWART, 2002).

Em um problema de decisão multicritério, o decisor defronta-se com uma série de alternativas e precisa optar em face de vários critérios; dificilmente, nesta situação encontra-se uma ação que maximize todos os critérios simultaneamente. (ALMEIDA, BASTOS, 2002).

Um método de apoio à decisão multicritério consiste numa formulação metodológica ou numa teoria, com estrutura axiomática bem definida, que pode ser usado para construir um modelo de decisão. O modelo de decisão multicritério corresponde a uma representação formal e com simplificação do problema de decisão com múltiplos objetivos enfrentado pelo decisor. Esse modelo de decisão deve incorporar a estrutura de preferências do decisor para o problema em questão (ALMEIDA, 2013).

#### **2.1.1. Modelo de agregação aditivo**

O modelo de decisão multicritério apresentado considera uma racionalidade compensatória e é um modelo de critério único de síntese, onde os diferentes critérios de seleção do problema, são agregados por uma única função valor, através de constantes de escala que refletem quanto um critério compensa o outro (KEENEY; RAIFFA, 1976). De forma mais clara, uma função valor

global  $V(x_i)$ , determina uma pontuação única para as alternativas do problema. A função valor global é obtida pela equação (1).

$$V(X_i) = \sum_{z=1}^l k_z v_z(x_{iz}) \quad (1)$$

Onde o  $k_z$  representa a constante de escala do critério  $z$ , muitas vezes chamadas de pesos. As constantes refletem a relação de *trade-offs* entre os critérios e não apenas a importância relativa entre eles. Utilizar o nome peso para essas constantes de escala no modelo aditivo não é muito conveniente, mas muitas vezes este termo é usado para fins de simplificação, desta forma, a título de simplificação, será utilizado o termo pesos neste trabalho, mas com o significado de constantes de escala.

## 2.2. Seleção de monitores

O grande desafio atual é a condução do processo de contratação que na maioria das vezes, é falho. A falta de critérios e de instrumentos adequados é um dos principais motivos deste fracasso, podendo gerar consideráveis perdas financeiras. Isso sem falar sobre os custos que enganos como esses podem causar com relação à perda de tempo ou clientes (NANIAS, 2003).

De acordo com Chiavenato (1999), a seleção busca, dentre os vários candidatos recrutados, aqueles que são mais adequados aos cargos existentes na organização, visando manter ou aumentar a eficiência e o desempenho do pessoal, bem como a eficácia da organização. No fundo, está em jogo o capital intelectual da organização que a seleção deve preservar ou enriquecer. Segundo Swan (1992), selecionar a pessoa certa é uma habilidade que poucos gerentes possuem. Mesmo profissionais de recursos humanos que entrevistam pessoas diariamente acham a tarefa desgastante e cheia de riscos. E isto reforça a necessidade de dar a atenção adequada aos processos seletivos.

O problema de seleção abrange muitas áreas, e devido às dificuldades enfrentadas neste processo ele têm ganhado cada vez mais importância. Um processo de recrutamento rigoroso e bem estruturado é necessário para selecionar profissionais com um alto nível de motivação e responsabilidade (ALVAREZ & SCHULTZ, 2017). Além disso, com recursos limitados é sempre importante selecionar os candidatos mais adequados para a respectiva posição, afirma Beier et. al., (2017).

Não foram encontrados trabalhos sobre o problema específico de seleção de monitores tratado no presente artigo. Uma vertente deste problema já explorada é referente a seleção de professores que envolve diversos aspectos. De forma geral, os editais para contratação de professores das Instituições de Ensino Superior, não se alinham aos planejamentos estratégicos institucionais. Esta deficiência poderia ser minimizada com apoio profissional, que seria dado

por um “analista de decisão”, conforme largamente destacado na literatura (ROY, 1996; BELTON & STEWART, 2002; VINCKE, 1992; ALMEIDA, 2013).

### **3. O modelo proposto**

A proposta do modelo para a seleção e alocação dos monitores utiliza um modelo de decisão multicritério combinado com a programação inteira binária. A utilização desse tipo de programação se justifica devido às restrições do problema, onde cada monitor participante da seleção pode atuar em no máximo duas disciplinas e cada disciplina necessita de um único monitor.

O problema da designação é um tipo especial de problema de programação linear em que os designados estão sendo indicados para a realização de tarefas (HILLIER, 2006). Os problemas de designação podem ser resolvidos como problemas de programação linear inteira binária, como por exemplo problemas de escalonamento de pessoal e problemas de designação de tarefas. Um problema muito conhecido dentro da programação linear inteira é o problema da mochila (Knapsack problem- KP). Esse problema tem uma modelagem que simula o preenchimento de uma mochila sem ultrapassar um determinado limite de peso, com o objetivo de otimizar o valor dos produtos contidos na mochila (LACHTERMACHER, 2007).

O modelo é constituído em duas partes integradas a um algoritmo gerado no SCILAB, a fim de solucionar em conjunto o problema de seleção e alocação. A primeira etapa realiza as combinações entre os candidatos e as vagas, analisando a aderência entre o perfil do candidato e as respectivas atribuições da vaga. A aderência relaciona o curso do candidato a disciplina, onde podem existir cursos com alta aderência à algumas disciplinas, como também baixa ou nenhuma aderência à outras disciplinas. A fim de separar o grupo de candidatos que concorrem a determinada vaga.

A utilização da escala é uma metodologia que pode ser vista em editais de diversas áreas, por exemplo, o processo de seleção de professores das universidades públicas brasileiras se dá através de um concurso público e suas etapas são regidas por um edital que visa selecionar os melhores candidatos para as vagas ofertadas, de acordo com critérios pré-estabelecidos. A forma de avaliação do desempenho dos candidatos utilizada nos concursos é um modelo de soma ponderada. Dessa forma, a avaliação de cada critério é uma função aditiva dos seus subcritérios e a avaliação geral é uma nova soma ponderada dos critérios (Almeida, et. al., 2013).

O processo de otimização, por sua vez é feito através da designação dos candidatos para as respectivas vagas, fornecendo a solução ótima do problema de otimização, que consiste em maximizar a função objetivo, dado pela equação (2), sob as restrições do problema.

$$\text{Max } W = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{z=1}^l v_z(x_{ijz}) Y_{ij} \quad (2)$$

s.a.

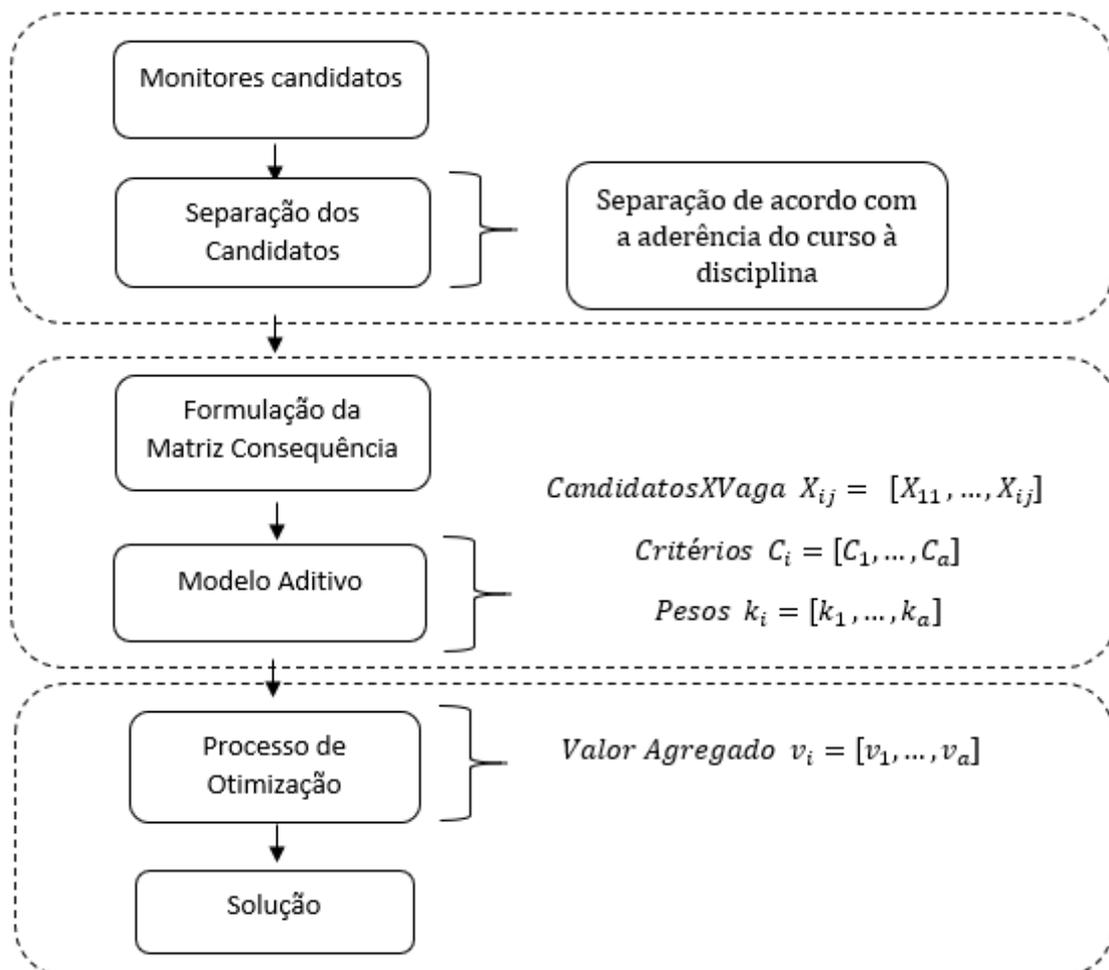
$$\sum_{j=1}^n Y_{ij} = 1, \text{ para } \forall i$$

$$\sum_{i=1}^m Y_{ij} \leq 2, \text{ para } \forall j$$

Onde  $Y_{ij}$ , é uma variável binária, que assume valor  $Y_{ij} = 1$ , se o candidato  $i$  for designado para a disciplina  $j$  e  $Y_{ij} = 0$  caso contrário,  $n$  é o número de disciplinas; e  $m$  é o número de candidatos,  $l$  o número de critérios,  $x_{ijz}$  são os respectivos valores da matriz consequência e  $V(x_{ij})$  é o valor agregado de cada candidato. Dessa forma o processo de otimização é realizado, a fim de obter a combinação ótima dos candidatos que maximiza o valor da função objetivo.

Em seguida o modelo aditivo obtém o valor de cada combinação candidato por vaga sob a luz dos critérios considerados. E a utilização da programação inteira é realizada para otimizar o problema de forma muito semelhante ao problema da mochila, encontrando assim a combinação de monitores que fornece o maior valor na função objetivo. A figura 1 mostra o modelo proposto.

Figura 1: Modelo Proposto



#### **4. Aplicação do modelo**

O modelo de decisão multicritério proposto foi aplicado utilizando dados reais de uma seleção de monitores de um curso pré-vestibular no Agreste Pernambucano, que atende cerca de 200 alunos por ano tendo o seu primeiro ano de funcionamento em 2009. O curso foi fundado por um grupo de professores. Em 2013 a coordenação do curso passou a usar uma estratégia de selecionar monitores que são estudantes universitários para apoiar diretamente os estudantes do curso. Estratégia essa que é utilizada por grandes cursos de referência no estado.

Com o objetivo de melhorar o processo de seleção de monitores levando em consideração critérios de seleção que antes não eram considerados, foi aplicado o modelo desenvolvido, onde a empresa busca selecionar apenas um monitor por disciplina, podendo o mesmo candidato ser monitor de no máximo duas disciplinas. Para o problema em questão, devem ser escolhidos monitores para 12 disciplinas dentre 30 candidatos inscritos.

A separação dos candidatos é feita com base no quadro de aderência, que vai restringir as vagas que cada candidato está apto a preencher. Em problemas multicritério que combinam o modelo aditivo com a programação binária é recomendado o uso da escala de razão, devido a penalização que combinações com mais alternativas teriam em relação às combinações com menos alternativas, (Almeida et al, 2014). De forma bem similar foi identificado um problema com o uso do método multicritério de sobreclassificação para seleção de portfólios, o PROMETHEE V (Vetschera & Almeida, 2012). No problema apresentado, no entanto, essa conversão não se faz necessária, uma vez que qualquer combinação viável seria composta obrigatoriamente por 12 alternativas devido às restrições naturais do problema.

Diante desta realidade, o estudo desenvolvido, procurou adaptar os critérios estabelecidos pela empresa, de modo a garantir uma seleção adequada às limitações impostas, desta forma para o caso foram utilizados seis critérios de seleção.

O primeiro critério foi, o coeficiente de rendimento (CR), representa o rendimento acadêmico de um estudante com base no seu desempenho obtido ao longo do curso, não levando em consideração qualquer atividade extracurricular que o estudante tenha participado, conforme SOUZA, et. al. (2011). Pelas características do problema, a fim de assegurar que os candidatos dominem o conhecimento que terão de repassar, a nota do candidato no ENEM também é levada em consideração. Outro critério é o número de reprovações na faculdade também é considerado.

Outro critério foi a aderência do curso à disciplina, que funciona como um grande filtro, onde se separa os candidatos em grupos de acordo com as vagas disponíveis. Os grupos são formados de acordo com o grau de aderência do curso prestado pelo candidato com cada disciplina, este grau de aderência é pré-determinado pelo tomador de decisão. A experiência é um fator muito importante, sendo avaliada através do número de vezes que o candidato já foi monitor na própria

Universidade, sendo um diferencial para os candidatos mais preparados. E por fim, dado o caráter de preocupação social da organização, a renda per capita do candidato é o sexto critério, a fim de proporcionar oportunidades para jovens de baixa renda.

Com a adaptação dos critérios de seleção podemos citar os seis que serão apresentados no quadro 1.

Quadro 1: Critérios de seleção

<i>Critério</i>	<i>Descrição</i>	<i>Escala</i>	<i>Pesos</i>
<i>Aderência (C1)</i>	<i>Aderência do curso do candidato a disciplina da vaga</i>	<i>Qualitativa 1 - Muito baixa 2 - Baixa 3 - Regular 4 - Boa 5 - Muito Alta</i>	<i>0,278</i>
<i>Nota do ENEM (C2)</i>	<i>Referente a nota do candidato no ENEM</i>	<i>Numérica</i>	<i>0,222</i>
<i>Coefficiente de Rendimento (C3)</i>	<i>Representa o rendimento acadêmico de um estudante com base no seu desempenho obtido ao longo do curso</i>	<i>Numérica</i>	<i>0,167</i>
<i>Renda (C4)</i>	<i>Referente a renda per capita da família do candidato</i>	<i>Unidade Monetária</i>	<i>0,167</i>
<i>Número de Monitorias (C5)</i>	<i>Referente ao número de vezes que o candidato foi monitor</i>	<i>Numérica</i>	<i>0,111</i>
<i>Número de Reprovações (C6)</i>	<i>Número de reprovações do candidato em seu curso</i>	<i>Numérica</i>	<i>0,055</i>

Fonte: Elaborado pelos autores

As constantes de escala foram obtidas através da utilização do método SMARTS, seguindo os procedimentos expostos em (ALMEIDA, 2013).

Para a elaboração da matriz de consequência é necessária a relação de aderência dos cursos com cada disciplina, conforme apresentado no quadro 2. O código gerado no SCILAB, recebe como parâmetro de entrada a planilha do Microsoft Office Excel, contendo a matriz de consequência, apresentada no quadro 3. Com posse destes dados, o modelo é executado a fim de encontrar a

combinação ótima dos candidatos, que maximize a o valor da função objetivo sob as restrições estabelecidas pelo decisor.

Quadro 2: Quadro de Aderência

DISCIPLINAS	MAT	FIS	QUI	POR	LIT	SOC	FIL	ING	ESP	HIS	GEO	BIO
CURSOS												
ENGENHARIAS	4	4	1									
MATEMÁTICA	5	3										
FÍSICA	3	5										
ESTATÍSTICA	2											
ARQUITETURA										2		
QUÍMICA			5									1
BIOLOGIA			2									5
MEDICINA			3									3
QUÍMICA IND			4									
LETRAS				5	5			4	4			
DIREITO				3	2	1	1			4	2	
PEDAGOGIA				4	4							
HISTÓRIA					3	4	4			5	3	
SOCIOLOGIA						5	3					
FILOSOFIA						3	5					
GEOGRAFIA						2	2			3	5	
RELAÇÕES INT								5	5			
SERVIÇO SOC										2		
BIOMEDICINA												4
ENFERMAGEM												2

Fonte: Elaborado pelos autores

O quadro 3 apresenta a matriz de consequência, que apresenta as alternativas e suas respectivas pontuações em cada critério.

Com os parâmetros devidamente inseridos, o modelo é executado, e fornece a solução padrão, com os candidatos selecionados e designados para as disciplinas correspondentes. A tabela 1, apresenta a solução padrão fornecida pelo modelo após o processo de otimização.

Para verificar a robustez da solução, foi realizada uma análise de sensibilidade, que gera 100000 soluções para o problema, considerando uma variação sobre os pesos, já normalizados, de 20%. O resultado da análise mostra que para tal variação, a solução padrão se repete em 65,82% dos casos, enquanto dos 34,18% restantes surgem novas soluções, no entanto, das novas soluções encontradas 31,93% mantém 11 das designações iguais a solução padrão, e apenas 2,25% diferem em apenas duas designações em relação a solução padrão, demonstrando que maior parte da solução padrão é robusta.

Quadro 3: Matriz de Consequência

ALT	C1	C2	C3	C4	C5	C6	ALT	C1	C2	C3	C4	C5	C6
A <sub>1,1</sub>	5	600	7	800	0	1	A <sub>17,12</sub>	4	740	8,1	700	2	0
A <sub>1,2</sub>	3	600	7	800	0	1	A <sub>18,5</sub>	3	750	7,5	750	1	0
A <sub>2,4</sub>	5	750	8,6	840	0	3	A <sub>18,6</sub>	4	750	7,5	750	1	0
A <sub>2,5</sub>	5	750	8,6	840	0	3	A <sub>18,7</sub>	4	750	7,5	750	1	0
A <sub>2,8</sub>	4	750	8,6	840	0	3	A <sub>18,10</sub>	5	750	7,5	750	1	0
A <sub>2,9</sub>	4	750	8,6	840	0	3	A <sub>18,11</sub>	3	750	7,5	750	1	0
A <sub>3,1</sub>	4	800	7,8	750	1	0	A <sub>19,5</sub>	3	900	8,5	850	2	0
A <sub>3,2</sub>	4	800	7,8	750	1	0	A <sub>19,6</sub>	4	900	8,5	850	2	0
A <sub>3,3</sub>	1	800	7,8	750	1	0	A <sub>19,7</sub>	4	900	8,5	850	2	0
A <sub>4,1</sub>	4	815	8,2	1000	2	0	A <sub>19,10</sub>	5	900	8,5	850	2	0
A <sub>4,2</sub>	4	815	8,2	1000	2	0	A <sub>19,11</sub>	3	900	8,5	850	2	0
A <sub>4,3</sub>	1	815	8,2	1000	2	0	A <sub>20,4</sub>	5	780	7,1	800	0	0
A <sub>5,1</sub>	3	780	7,3	680	0	1	A <sub>20,5</sub>	5	780	7,1	800	0	0
A <sub>5,2</sub>	5	780	7,3	680	0	1	A <sub>20,8</sub>	4	780	7,1	800	0	0
A <sub>6,1</sub>	4	820	6,2	650	0	0	A <sub>20,9</sub>	4	780	7,1	800	0	0
A <sub>6,2</sub>	4	820	6,2	650	0	0	A <sub>21,3</sub>	2	680	6,1	860	0	2
A <sub>6,3</sub>	1	820	6,2	650	0	0	A <sub>21,12</sub>	5	680	6,1	860	0	2
A <sub>7,3</sub>	5	920	8,4	900	2	1	A <sub>22,4</sub>	4	850	7,5	900	0	1
A <sub>7,12</sub>	1	920	8,4	900	2	1	A <sub>22,5</sub>	4	850	7,5	900	0	1
A <sub>8,3</sub>	3	920	6,4	600	0	0	A <sub>23,3</sub>	3	975	8,8	720	2	0
A <sub>8,12</sub>	3	920	6,4	600	0	0	A <sub>23,12</sub>	3	975	8,8	720	2	0
A <sub>9,4</sub>	3	780	8,2	1100	0	0	A <sub>24,1</sub>	5	850	7,5	800	1	0
A <sub>9,5</sub>	2	780	8,2	1100	0	0	A <sub>24,2</sub>	3	850	7,5	800	1	0
A <sub>9,6</sub>	1	780	8,2	1100	0	0	A <sub>25,3</sub>	3	890	7,2	880	0	1
A <sub>9,7</sub>	1	780	8,2	1100	0	0	A <sub>25,12</sub>	3	890	7,2	880	0	1
A <sub>9,10</sub>	4	780	8,2	1100	0	0	A <sub>26,6</sub>	2	750	8,1	800	0	1
A <sub>9,11</sub>	2	780	8,2	1100	0	0	A <sub>26,7</sub>	2	750	8,1	800	0	1
A <sub>10,3</sub>	4	755	7,1	840	1	2	A <sub>26,10</sub>	3	750	8,1	800	0	1
A <sub>11,4</sub>	4	890	6,4	930	0	0	A <sub>26,11</sub>	5	750	8,1	800	0	1
A <sub>11,5</sub>	4	890	6,4	930	0	0	A <sub>27,8</sub>	5	880	8,2	750	1	0
A <sub>12,3</sub>	5	790	5,5	680	0	0	A <sub>27,9</sub>	5	880	8,2	750	1	0
A <sub>12,12</sub>	1	790	5,5	680	0	0	A <sub>28,4</sub>	4	780	8,1	850	1	0
A <sub>13,3</sub>	2	900	7,1	790	0	0	A <sub>28,5</sub>	4	780	8,1	850	1	0
A <sub>13,12</sub>	5	900	7,1	790	0	0	A <sub>29,4</sub>	3	820	9,3	950	1	0
A <sub>14,12</sub>	4	890	8	900	1	1	A <sub>29,5</sub>	2	820	9,3	950	1	0
A <sub>15,4</sub>	5	850	8	900	0	1	A <sub>29,6</sub>	1	820	9,3	950	1	0
A <sub>15,5</sub>	5	850	8	900	0	1	A <sub>29,7</sub>	1	820	9,3	950	1	0
A <sub>15,8</sub>	4	850	8	900	0	1	A <sub>29,10</sub>	4	820	9,3	950	1	0
A <sub>15,9</sub>	4	850	8	900	0	1	A <sub>29,11</sub>	2	820	9,3	950	1	0
A <sub>16,1</sub>	4	720	6,5	850	0	2	A <sub>30,6</sub>	3	800	7	650	0	0
A <sub>16,2</sub>	4	720	6,5	850	0	2	A <sub>30,7</sub>	5	800	7	650	0	0
A <sub>16,3</sub>	1	720	6,5	850	0	2							0

Fonte: Elaborado pelos autores

No quadro 4, são apresentadas as novas soluções que mais se repetem juntamente com a alteração observada em cada uma delas.

Tabela 1: Resultado do Procedimento de Otimização

CANDIDATOS	DISCIPLINAS
5	FÍSICA
15	PORTUGUÊS; LITERATURA
19	HISTÓRIA; SOCIOLOGIA
23	QUÍMICA; BIOLOGIA
24	MATEMÁTICA
26	GEOGRAFIA
27	INGLÊS; ESPANHOL
30	FILOSOFIA

Fonte: Elaborado pelos autores

Quadro 4: Novas soluções

SOLUÇÕES	PERCENTUAL	DIFERENÇA
S1	23,61%	O candidato 7 é selecionado para monitor de química, retirando o candidato 23 da vaga.
S2	6,15%	O candidato 29 é selecionado para monitor de geografia, retirando o candidato 26 da solução.
S3	1,52%	O candidato 4 é selecionado para monitor de física, retirando o candidato 5 da solução.
S4	0,87%	O candidato 3 é selecionado para monitor de física, retirando o candidato 5 da solução. E o candidato 29 é selecionado para monitor de geografia, retirando o candidato 26 da solução.
S5	0,84%	O candidato 4 é selecionado para monitor de física, retirando o candidato 5 da solução. E o candidato 29 é selecionado para monitor de geografia, retirando o candidato 26 da solução.
S6	0,54%	O candidato 19 é selecionado para monitor de filosofia, enquanto o candidato 30 fica como monitor de sociologia.
S7	0,43%	O candidato 3 é selecionado para monitor de física, retirando o candidato 5 da solução.
S8	0,12%	O candidato 29 é selecionado para monitor de português, retirando o candidato 15 da solução.
S9	0,1%	O candidato 28 é selecionado para monitor de português, retirando o candidato 15 da solução.

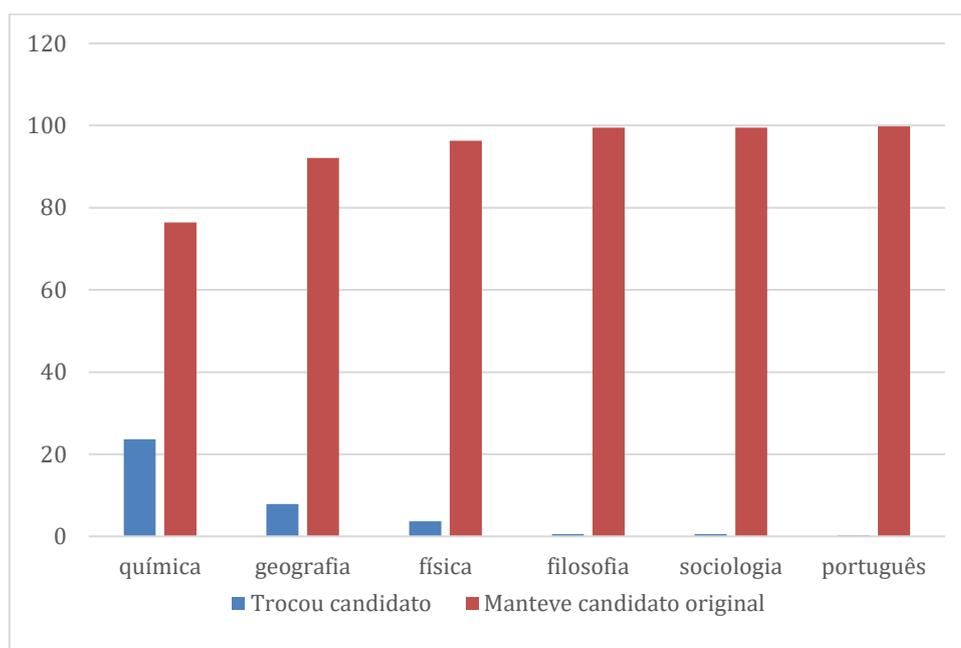
Fonte: Elaborado pelos autores

#### 4.1. Discussão dos resultados

Com a aplicação do modelo, foi obtida a solução padrão que designa 8 monitores para as 12 disciplinas, de modo que 4 monitores serão responsáveis por monitorar as atividades de 2 disciplinas cada, enquanto os outros 4 monitores serão responsáveis por monitorar apenas uma disciplina cada. A análise de sensibilidade mostrou que a solução original se manteve em 65,82% dos casos.

Destas novas soluções, temos que 23,61% diferem da solução padrão na escolha do monitor de química, outros 6,15% diferem na escolha do monitor de geografia, 3,66% diferem na escolha do monitor de física, 7,86% diferem na escolha do monitor de geografia, ou seja cerca de 97,75% das soluções encontradas mantêm pelo menos 11 das 12 designações da solução padrão. Dado a alta frequência de parte majoritária da solução original, é perceptível a robustez de maior parte da composição solução, uma vez que as alterações nas soluções são mínimas, como ilustrado no gráfico da figura 2.

Figura 2: Frequência de troca de candidatos recomendados para cada vaga na análise de sensibilidade



Fonte: Elaborado pelos autores

Mesmo que o decisor considere a que 65,82% seja uma frequência baixa para se comprometer com a solução e deseje realizar uma análise mais aprofundada, tal análise poderia se resumir apenas na comparação entre os candidatos 7 e 23 para a vaga de química, uma vez que a troca ocorre em 23,61% dos casos, o que é algo bem mais simples diante da complexidade do problema original.

Desta forma, os resultados encontrados sugerem que o modelo apresentado é capaz de fornecer ao decisor uma solução confiável e eficaz, que diante das restrições pré-estabelecidas encontra uma composição justa e de alto valor percebido.

## 5. Conclusão

O processo de seleção de pessoas, é um problema comumente encontrado em diversas áreas do conhecimento, e devido a escassa literatura a respeito, poucos conseguem lidar de maneira adequada com este problema. Diante disto, se faz necessário o desenvolvimento de ferramentas capazes de auxiliar os decisores em situações deste âmbito.

O modelo proposto apresenta uma alternativa para a resolução do problema de seleção e designação de monitores, que combina método multicritério e programação linear binária, dada uma sequência bem definida de procedimentos, que através de uma série de critérios estabelecidos pelo decisor, seleciona e designa os melhores candidatos. O modelo proposto foi aplicado utilizando dados reais de uma seleção de monitores de um curso pré-vestibular no Agreste Pernambucano, que atende cerca de 200 alunos por ano.

Foi realizada uma análise de sensibilidade para verificar a robustez da solução diante de uma variação dos pesos dos critérios e foi verificado que para aproximadamente 65% dos casos a solução se mantém e que em mais de 97% dos casos a solução mantém pelo menos 11 das 12 designações.

Pode ser percebido que o modelo desenvolvido se adequa bem ao problema e consegue apresentar uma solução robusta, além de oferecer uma rápida execução, cumprindo com seus objetivos. O uso do modelo durante o processo de seleção, traz uma maior credibilidade para a empresa e para a contratação feita pelo decisor.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se considerar uma nova aplicação do modelo considerando a interdependência entre os critérios.

## 6. Agradecimentos

O presente trabalho foi parcialmente apoiado pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE.

## Referências

ALMEIDA, Adiel Teixeira. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo: Editora Atlas, 2013.

ALMEIDA, Adiel Teixeira; BASTOS, Liliene Neves Vieira. **Utilização do método promethee ii na análise das propostas de preços em um processo de licitação**, Artigo, Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP, Curitiba, outubro de 2002.

ALMEIDA, Adiel Teixeira; MORAIS, Danielle Costa; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas; ALENCAR, Luciana Hazin; DAHER, Suzana de França Dantas. **Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações**, Editora Atlas, 2012.

ALMEIDA, Adiel Teixeira; VETSCHERA, Rudolf. **A note on scale transformations in the PROMETHEE V method**. European Journal of Operational Research, v. 219, p. 198-200, 2012.

ALMEIDA, Adiel Teixeira; VETSCHERA, Rudolf; ALMEIDA, Jonatas Araujo de. **Scaling Issues in Additive Multicriteria Portfolio Analysis**. In: Dargam F; Hernández JE; Zaraté P; Liu S; Ribeiro R; Delibasic B;

- Papathanasiou J. "Decision Support Systems III - Impact of Decision Support Systems for Global Environments". LNBIP 184 (Lecture Notes in Business Information Processing), Springer. pp. 131–140. 2014.
- ALVAREZ, Simone; SCHULTZ, Jobst-Hendrik. **Practice Report/Bericht aus der Praxis: An exploration of peer tutor roles and recruitment at German medical schools.** Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen, vol. 127-128, p. 80-84, 2017.
- BEIER, Margaret; SATERBAK, Ann; MCSPEDON, Megan Rose; WOLF, Michael. **Selection Process of Students for a Novel STEM Summer Bridge Program.** American Society for Engineering Education, 2017.
- BELTON, Valerie; STEWART, Theo. **Multiple Criteria Decision Analysis.** Kluwer Academic Publisher, 2002.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Planejamento, Recrutamento e Seleção de Pessoal: como agregar talentos à empresa.** 4.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- EVA, Kevin; REITER Harold; NORMAN, Geoffrey. **The ability of the multiple mini-interview to predict preclerkship performance in medical school.** Academy Medicine. 79(10 suppl):S40–S4, 2004.
- HARRIS, Susanna; OWEN, Cathy. **Discerning quality: Using the multiple mini-interview in student selection for the Australian National University Medical School.** Medical Education. 2007; 41:234–241.
- HILLIER, Frederick; LIEBERMAN, Gerald. **Introdução à pesquisa operacional.** 8ªed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- KAO, Peng-Hsiang. **Effects of the nature of board involvement, the keys to talent selection and recruitment projects on the student recruitment performance of Taiwanese vocational colleges.** World Transactions on Engineering and Technology Education, vol. 10, p. 192-203, 2012.
- KEENEY, Ralph; RAIFFA, Howard. **Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs.** John Wiley & Sons, 1976.
- LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em Excel.** 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 2007.
- MILKOVICH, George; BOUDREAU, John. **Human Resource Management.** IRWIN, 1997.
- NANIAS, Alessandra. **A importância da seleção no processo de contratação.** Disponível em: <<http://www.rh.com.br>>. Acesso em: 29 de março de 2018.
- PARRY, Jane; MATHERS, Jonathan; STEVENS, Andrew, et al **Admissions processes for five year medical courses at English schools: Review.** BMJ. 2006; 332:1005–1009.
- ROY, Bernard. **Multicriteria Methodology For Decision Aiding.** Kluwer Academic Publishers, 1996.
- SOUZA, Bruno Carlos; RANGEL, Silvana Valitutto Duncan; SOUZA, Luiz Flavio Autran Monteiro.; RANGEL, Luis Alberto Duncan. **O Apoio Multicritério à Decisão na Avaliação do Desempenho Acadêmico de Estudantes Universitários.** In: SPOLM 2011 - XIV Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2011, 2011, Rio de Janeiro. Anais do SPOLM 2011 - XIV Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2011, 2011. v. 1.
- SWAN, William. **Como escolher a pessoa certa para o lugar certo.** São Paulo: Maltese – Norma, 1992.
- TILL, Hettie; MYFORD, Carol; DOWELL, Jonathan. **Improving Student Selection Using Multiple Mini-Interviews With Multifaceted Rasch Modeling.** Academic Medicine, vol. 88, p. 216-223, 2013.
- VASCONCELOS, Giancarlo Ribeiro; URTIGA, Marcella Maia Bezerra de Araújo; LÓPEZ, Hipólito Marcelo Losada; JUNIOR, Edson de Souza Barros; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Uma análise sobre uso de modelos multicritério na seleção de professores em instituições de ensino superior.** XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal, setembro de 2013.
- VINCKE, Philippe. **Multicriteria decision-aid.** Bruxelles: John Wiley & Sons, 1992.