

## **Análise do balanceamento do currículo do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri**

Clayton B. S. Lopes  
Universidade Federal dos  
Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri  
Diamantina - Brasil  
claytonbras@gmail.com

Luciana Assis  
Universidade Federal dos  
Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri  
Diamantina - Brasil  
lupassis@gmail.com

Alessandro Vivas  
Universidade Federal dos  
Vales do Jequitinhonha e  
Mucuri  
Diamantina - Brasil  
alessandro.vivas@gmail.com

Cristiano Pitangui  
Universidade Federal  
de  
São João del-Rey  
Ouro Branco - Brasil  
pitangui.cristiano@gmail.com

### **Resumo**

O Problema de Balanceamento de Currículo Acadêmico é uma alternativa para planejar a carga de trabalho do estudante, ao atribuir disciplinas a períodos de forma balanceada com relação ao número de créditos e respeitando os pré-requisitos. Este trabalho apresenta um modelo multiobjetivo intitulado Problema de Balanceamento de Currículo Acadêmico com Dados de Retenção que tem três objetivos: distribuir de forma mais homogênea os créditos entre os períodos, aproximar as disciplinas inter-relacionadas e reduzir a localização de disciplinas com índices de retenção elevados em um mesmo período. Os resultados experimentais obtidos pelos testes em um currículo do ensino superior proporcionaram melhorias significativas no equilíbrio da carga de trabalho dos estudantes, que é essencial para reduzir a retenção e, conseqüentemente, a evasão.

**Palavras-chave:** Balanceamento de Currículo Acadêmico, Otimização Combinatória, Programação Linear, Planejamento Curricular.

### **Introdução**

Viabilizador do complexo processo ensino-aprendizagem, o currículo possui importantes variáveis, dentre as quais insere-se a carga de trabalho do estudante (KEMBER, 2004). Silva et al. (2019b) destacam a sobrecarga como dificultador da absorção de conteúdo e da formação do conhecimento. Apesar da sua relevância na construção de um currículo, esta variável é ainda pouco explorada nas diretrizes curriculares.

Nesse contexto, Castro e Manzano (2001) apresentaram o Problema de Balanceamento de Currículo Acadêmico, do inglês *Balancing Academic Curriculum Problem* (BACP), classificado como NP-Difícil (CHIARANDINI et al., 2012), que consiste em atribuir as disciplinas aos períodos acadêmicos, distribuindo o número de créditos o mais uniformemente possível, respeitando os pré-requisitos, de forma que os estudantes possam fazer uso eficiente de seus esforços. Por considerarmos que, além do número de créditos, outros critérios são importantes quando se avalia a possível percepção de carga de trabalho do

estudante, este artigo propõe um novo modelo do BACP, denominado *Balancing Academic Curriculum Problem With Retention Data* (BACPR), ou Problema de Balanceamento de Currículo Acadêmico com Dados de Retenção, que utiliza índices históricos de fracassos estudantis nas disciplinas e visa, simultaneamente, além de balancear o número de créditos, aproximar disciplinas inter-relacionadas e distribuir aquelas com elevados índices de retenção em períodos distintos.

Portanto, ao aplicar o BACPR à grade curricular do curso Bacharelado em Sistemas de Informação da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), este trabalho busca responder aos seguintes questionamentos: o modelo BACPR é capaz de otimizar esta grade curricular, de forma que forneça um indicativo de melhoria nas cargas de trabalho do estudante? Como se torna a distribuição das disciplinas com alto índice de retenção a partir do modelo BACP, comparado ao BACPR? Utilizando programação inteira mista, é adotado o método da soma ponderada e uma análise dos pesos é apresentada, demonstrando a relação entre os critérios avaliados, bem como a relevância de cada um deles em um contexto real. Os resultados mostram que, em todos os critérios, o BACPR proporciona uma grade curricular significativamente mais bem otimizada do que a grade vigente e que, quando comparado ao BACP que descarta o índice de retenção, o BACPR realiza um balanceamento relevante desse critério. É possível observar que a incorporação de informações dos índices de retenção, agregadas a critérios e restrições dispersos em trabalhos anteriores, traz avanços ao estado da arte.

## **Referencial Teórico**

Castro e Manzano (2001) apresentaram a primeira formulação do BACP, com aplicação a três instâncias de referência do CSPLib (JEFFERSON et al., 1999), utilizando programação por restrição e programação inteira. Hnich et al. (2002) trouxeram comparações de diferentes modelos do BACP que utilizaram estes métodos. Alguns trabalhos apresentaram variações do problema que se diferem pelos critérios e restrições incorporadas. Rosas-Tellez et al. (2011) incluíram a possibilidade de indicar previamente o período aos quais algumas disciplinas devem ser inseridas. Por outro lado, Gaspero e Schaerf (2008) e Chiarandini et al. (2012) fizeram uso das preferências do professor ao buscar um currículo acadêmico balanceado. Ünal e Uysal (2014) estenderam o BACP, objetivando aproximar disciplinas interdependentes, denominando o problema como *Relevance Based Curriculum Balancing* (RBCB). Slim et al. (2015) apresentaram o *Crucial Based Curriculum Balancing Problema* (CBCB) que busca balancear o currículo ao mesmo tempo em que reduz os caminhos necessários para que uma unidade seja cursada. Thompson-Arjona (2019) propôs um modelo de programação inteira que busca uma sequência ótima de disciplinas para redução no tempo de finalização do curso, aliada ao equilíbrio da carga horária do curso.

Por ser classificado como um problema NP-Difícil, alguns autores propuseram métodos baseados em meta-heurísticas, como Algoritmo Genético (LAMBERT et al., 2006; CASTRO et al., 2009; VILLALOBOS-CID et al., 2019), Colonia de Formigas (RUBIO et al., 2013),

Algoritmos dos Vagalumes (RUBIO et al., 2018) e outros baseados em busca local (GASPERO; SCHAERF, 2008).

## Metodologia

O BACPR é uma nova modelagem multiobjetivo que surge como uma alternativa para compor o planejamento curricular ao balancear a carga de trabalho do estudante. O modelo tem por objetivos minimizar: (1) número máximo de créditos por período (CASTRO; MANZANO, 2001); (2) distância entre disciplinas inter-relacionadas (ÜNAL; UYSAL, 2014); (3) soma máxima dos índices de retenção por período. A incorporação do terceiro critério deveu-se à percepção de que o índice de retenção é indicativo de dificuldades enfrentadas em uma disciplina, e tarefas difíceis implicam em maior carga de trabalho (SILVA et al., 2019a). Portanto, foi realizada uma modelagem matemática, baseada no modelo proposto por Castro e Manzano (2001), a qual é apresentada a seguir.

- **Parâmetros:**  $m$ : número de disciplinas;  $n$ : número de períodos acadêmicos;  $\alpha_i$ : número de créditos de uma disciplina  $i$ ;  $\beta$ : carga mínima acadêmica permitida por período;  $\gamma$ : carga máxima acadêmica permitida por período;  $\delta$ : número mínimo de disciplinas por período;  $\epsilon$ : número máximo de disciplinas por período.

- **Variáveis de decisão:**

- $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } i \text{ está atribuída a } j \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$
- $c$ : carga máxima acadêmica entre todos os períodos.
- $c_j$ : carga acadêmica do período  $j$ ;
- $rd$ : somatório dos produtos da distância pela relação entre cada par de disciplinas.
- $ir$ : soma máxima dos índice de retenção das disciplinas entre todos os períodos.

- **Função multiobjetivo:**

$$\text{Minimizar} \begin{cases} c = \text{Max}\{c_1, \dots, c_n\}, \\ rd = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{q=1}^m (rd_{iq} * d_{jk} * x_{ij} * x_{qk}), \\ ir = \text{Max}\{ir_1, \dots, ir_n\} \end{cases} \quad (1)$$

- **Restrições:** Toda disciplina  $i$  deve estar atribuída a apenas um período  $j$ ; uma disciplina  $i$  deve localizar-se antes de seu pré-requisito  $u$ ; a carga de um período  $j$  deve ser sempre menor ou igual à maior carga; a carga de um período  $j$  deve ser maior ou igual ao mínimo requerido; a carga de um período  $j$  deve ser menor ou igual ao máximo requerido; o número de disciplinas de um período  $j$  deve ser maior ou igual ao mínimo requerido; o número de disciplinas de um período  $j$  deve ser menor ou igual ao mínimo requerido;

disciplina  $i$  deve estar atribuída a um período  $j$ , caso exista regra pedagógica que assim estabeleça; disciplina  $i$  deve estar atribuída até um período  $p$ , caso exista regra pedagógica que assim estabeleça; o somatório de índices de retenção de um período deve ser sempre menor ou igual ao maior somatório entre todos os períodos; disciplina  $i$ , com nível de relação  $y$  com disciplina  $u$ , deve estar, no mínimo,  $dmaxy$  períodos antes de  $u$ ; disciplina  $i$ , sendo pré-requisito da disciplina  $u$ , deve estar, no máximo, a uma distância de  $dmaxp$  períodos de  $u$ .

Para solucionar um modelo multiobjetivo, existem diversas metodologias exatas que possibilitam transformar uma modelagem com múltiplos objetivos em mono-objetivo, dentre as quais o método da soma ponderada. Uma vez que as funções objetivo do modelo BACPR possuem diferentes magnitudes, a normalização desempenha um papel importante para garantir a consistência da fronteira de Pareto. A normalização adotada consiste no cálculo das diferenças das soluções ótimas de cada função objetivo nos pontos Nadir e Utopia, que fornecem o tamanho do intervalo onde a solução ótima das funções objetivo variam dentro da fronteira Pareto (GRODZEVICH; ROMANKO, 2006).

Na execução deste trabalho, foram utilizados dados do curso Bacharelado em Sistemas de Informação da UFVJM, que adota o sistema de créditos como contabilizador de carga horária. Devido à falta de padronização na oferta das disciplinas eletivas e Estágio Supervisionado, elas não foram consideradas neste estudo. Além dos créditos, foram utilizados dados históricos de 12 anos (2008 a 2019) de índices de retenção associados às disciplinas utilizadas no estudo. Os parâmetros do modelo foram definidos da seguinte forma: a carga mínima e máxima por período igual a 4 e 36, respectivamente, e quantidade mínima e máxima de disciplinas por período igual a 2 e 10, nessa ordem, conforme regulamento do curso. A tabela 1 mostra, a partir de dados da grade do curso, as somas e seus valores máximos, por período, dos créditos e índices de retenção, e a soma dos produtos da distância pela nível de relação entre cada par de disciplinas. O modelo foi implementado computacionalmente com a utilização da biblioteca do *solver* Gurobi (OPTIMIZATION, 2021) para a linguagem de programação Python.

**Tabela 1 – Valores dos critérios de avaliação na grade atual do curso**

Curso	1º Período	2º Período	3º Período	4º Período	5º Período	6º Período
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	19	160	24	271	24	233
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	19	160	24	271	21	129
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	19	160	24	271	24	111
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	19	160	24	271	22	97

  

Sistemas de Informação (UFVJM)	7º Período	8º Período	9º Período	c	ir	rd
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	17	33	19	49	8	63
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	17	33	19	49	24	271
	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$	$\sum c_i$	$\sum ir_i$
	17	33	19	49	8	63

$c_i$  = número de créditos da disciplina  $i$ ;  $ir_i$  = índice de retenção da disciplina  $i$ ;  $c$  = maior número de créditos;  $ir$  = maior somatório de índices de retenção;  $rd$  = somatório dos produtos da distância pela relação entre cada par de disciplinas.

Fonte: Grade curricular do curso

## Resultados e Discussão

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos com o modelo BACPR, detalhando os pontos da fronteira de Pareto e listando os pesos de cada critério que originaram os referidos pontos

no método da soma ponderada. É possível perceber que a quantidade máxima de créditos  $c$  não apresentou muitas variações. O ponto extremo obtido é de 36, que ocorre somente quando este critério é desconsiderado no modelo de otimização ( $p_c = 0$ ). Para quaisquer outros pesos, o número máximo de créditos em um único período oscilou entre 20 e 24. Os demais critérios obtiveram uma distribuição mais homogênea. Pode-se observar que os critérios  $ir$  e  $rd$  têm uma relação conflitante, ou seja, a melhora de um critério ocasiona a piora de outro.

Dados os critérios avaliados, verifica-se na grade curricular vigente (tabela 1) que o número máximo de créditos entre os períodos é de 24. Comparando com a solução apresentada pelo modelo, qualquer peso diferente de 0 atribuído ao critério  $c$  já é suficiente para retornar um balanceamento mais adequado dos créditos ao longo do curso. Quanto à soma dos produtos da distância pela relação entre disciplinas, o modelo proposto garante soluções de melhor qualidade, com valores oscilando entre 373 e 985. Até mesmo o limite superior obtido é mais satisfatório do que o correspondente na grade atual ( $rd = 1082$ ).

**Tabela 2 – Fronteira de Pareto e os pesos de cada critério que originaram as soluções**

Curso	$c$	$ir$	$rd$	$p_c$	$p_{ir}$	$p_{rd}$	$c$	$ir$	$rd$	$p_c$	$p_{ir}$	$p_{rd}$	$c$	$ir$	$rd$	$p_c$	$p_{ir}$	$p_{rd}$
	36	220	373	0,0	0,0	1,0	23	129	836	0,1	0,5	0,4	20	156	561	0,3	0,2	0,5
	36	155	388	0,0	0,1	0,9	23	128	948	0,1	0,9	0,0	20	140	793	0,4	0,2	0,4
	36	152	407	0,0	0,2	0,8	22	155	424	0,2	0,2	0,6	20	138	835	0,8	0,8	0,1
	36	135	557	0,0	0,5	0,5	22	155	424	0,1	0,2	0,7	20	138	835	0,7	0,2	0,1
	36	135	557	0,0	0,4	0,6	22	155	424	0,1	0,1	0,8	20	138	835	0,5	0,3	0,2
	36	135	557	0,0	0,3	0,7	22	130	868	0,2	0,6	0,2	20	138	835	0,4	0,4	0,2
	36	129	747	0,0	0,8	0,2	22	129	985	0,2	0,8	0,0	20	138	835	0,3	0,4	0,3
Sistemas de Informação (UFVJM)	36	129	747	0,0	0,7	0,3	22	129	985	0,2	0,7	0,1	20	136	973	0,3	0,5	0,2
	36	129	747	0,0	0,6	0,4	21	135	766	0,2	0,4	0,4	20	136	973	0,3	0,6	0,1
	36	128	868	0,0	1,0	0,0	20	196	421	0,5	0,0	0,5	20	136	973	0,4	0,5	0,1
	36	128	868	0,0	0,9	0,1	20	172	457	0,4	0,1	0,5	20	136	973	0,4	0,6	0,0
	24	139	515	0,1	0,3	0,6	20	172	457	0,3	0,1	0,6	20	136	973	0,5	0,4	0,1
	24	135	579	0,1	0,4	0,5	20	172	457	0,2	0,1	0,7	20	136	973	0,5	0,5	0,0
	23	129	836	0,1	0,7	0,2	20	157	552	0,5	0,1	0,4	20	136	973	0,6	0,3	0,1
	23	129	836	0,1	0,6	0,3	20	156	561	0,6	0,1	0,3	20	136	973	0,6	0,4	0,0

$c$  = quantidade máxima de créditos;  $ir$  = maior somatório de índices de retenção;  $rd$  = maior somatório dos produtos da distância pela relação entre cada par de disciplinas;

$p_c$  = peso de  $c$ ;  $p_{ir}$  = peso de  $ir$ ;  $p_{rd}$  = peso de  $rd$ .

Fonte: Dados da pesquisa

Por fim, ao avaliar a soma dos índices de retenção das disciplinas em cada período, obtém-se na grade atual o valor de 271. As soluções apresentadas na fronteira de Pareto, neste critério, oscilam entre 128 e 196, muito abaixo do valor obtido na grade atual. Inclusive, vale destacar que 271 é o ponto Nadir, ou seja, o valor máximo que se pode obter considerando este critério de otimização. Assim sendo, nota-se uma melhora significativa em todos os três critérios avaliados, bem como o modelo proposto foi capaz de apresentar diferentes possibilidades ao tomador de decisão para construção de um currículo mais bem balanceado, o que acarretaria em uma melhor distribuição da carga de trabalho do estudante ao longo do curso. Comparando as soluções obtidas pelo modelo proposto (BACPR), que inclui o critério índice de retenção, com o BACP de mesma modelagem, porém sem índice de retenção, identifica-se uma grande melhora na distribuição de disciplinas com elevados índices de retenção. A tabela 3 apresenta a fronteira Pareto com uma modelagem que descarta o critério  $ir$ . A última coluna indica a soma máxima dos índices de retenção em cada uma das soluções da fronteira. No BACPR, quando

este critério é ponderado, os valores permeiam de 128 a 172. Por outro lado, quando o mesmo é descartado, o índice de retenção máximo em um período pode chegar a 242, e um valor médio de 210. Esse dados demonstram um ganho significativo no balanceamento da carga de trabalho, uma vez que as disciplinas com maior índice de retenção são mais bem distribuídas na grade curricular.

**Tabela 3 – Fronteira de Pareto obtida com a exclusão do critério de índice de retenção**

Curso	$c$	$rd$	$p_c$	$p_{rd}$	$ir$
	36	376	0,0	0,1	220
	20	1020	1,0	0,0	136
	20	421	0,9	0,1	196
	20	421	0,8	0,2	200
	20	421	0,7	0,3	233
Sistemas de Informação (UFVJM)	20	421	0,6	0,4	200
	20	421	0,5	0,5	196
	20	421	0,4	0,6	242
	20	421	0,3	0,7	233
	20	421	0,2	0,8	218
	20	421	0,1	0,9	233
	20	136	0,0	1,0	210

$c$  = quantidade máxima de créditos;  $rd$  = maior somatório dos produtos da distância pela relação entre cada par de disciplinas;  $p_c$  = peso de  $c$ ;  $p_{rd}$  = peso de  $rd$ ;  $ir$  = maior somatório de índices de retenção.

Fonte: Dados da pesquisa

## Considerações Finais

Apesar da relevância da carga de trabalho do estudante (KEMBER, 2004) no processo de construção de um currículo acadêmico, observa-se na revisão da literatura que existem poucas referências que abordam este tema, e nenhuma utiliza o índice de retenção de disciplinas, preocupação constante nas instituições de ensino superior, como critério de otimização no processo de balanceamento do currículo. Nesse contexto, este trabalho apresentou uma nova abordagem para o problema, intitulada *Balancing Academic Curriculum Problem With Retention Data* (BACPR), que agrega diferentes critérios em um modelo único, e considera também o índice de retenção das disciplinas como critério de otimização no processo de balanceamento do currículo. O modelo proposto foi aplicado à grade curricular do curso Bacharelado em Sistemas de Informação da UFVJM. Resultados apresentados demonstraram um ganho significativo em relação às grade vigente do curso. Considerando o índice de retenção como critério de otimização, assim como descartando-o do modelo, observou-se que o BACPR realiza um balanceamento relevante das disciplinas nos períodos com relação a esse critério. Cabe destacar ainda que a abordagem multiobjetivo apresentada forneceu diferentes cenários e informações para a construção de currículos com uma carga de trabalho mais bem distribuída entre os períodos, possibilitando ações mais assertivas ao tomador de decisão. Sugere-se, como trabalhos futuros, a aplicação do modelo a outras grades de cursos correlatos e a exploração da relação entre os critérios, uma vez que estes, aparentemente, apresentam relação conflituosa.

## Referências

- CASTRO, Carlos; CRAWFORD, Broderick; MONFROY, Eric. A genetic local search algorithm for the multiple optimisation of the balanced academic curriculum problem. In: . [S.l.: s.n.], 2009.
- CASTRO, Carlos; MANZANO, Sebastian. Variable and value ordering when solving balanced academic curriculum problems. **CoRR**, cs.PL/0110007, 2001. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/cs/0110007>>.
- CHIARANDINI, Marco et al. The balanced academic curriculum problem revisited. **Journal of Heuristics**, Springer, v. 18, n. 1, p. 119–148, 2012. ISSN 1381-1231.
- GASPERO, Luca; SCHAERF, Andrea. Hybrid local search techniques for the generalized balanced academic curriculum problem. In: **Proceedings of the 5th International Workshop on Hybrid Metaheuristics**. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. (HM '08), p. 146–157. ISBN 9783540884385.
- GRODZEVICH, Oleg; ROMANKO, Oleksandr. Normalization and Other Topics in Multi-objective Optimization. In: **Proceedings of the Fields–MITACS Industrial Problems Workshop 2006**. [S.l.: s.n.], 2006. v. 2, p. 89–101.
- HNICH, Brahim; KIZILTAN, Zeynep; WALSH, Toby. Modelling a balanced academic curriculum problem. In: **PROCEEDINGS OF CP-AI-OR-2002**. [S.l.: s.n.], 2002. p. 121–131.
- JEFFERSON, Christopher et al. **CSPLib: A problem library for constraints**. 1999. Disponível em: <<http://www.csplib.org>>.
- KEMBER, David. Interpreting student workload and the factors which shape students' perceptions of their workload. **Studies in Higher Education**, v. 29, n. 2, p. 165–184, 2004. ISSN 03075079.
- LAMBERT, T. et al. Solving the balanced academic curriculum problem with an hybridization of genetic algorithm and constraint propagation. In: **Artificial Intelligence and Soft Computing – ICAISC 2006**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006. p. 410–419. ISBN 9783540357506.
- OPTIMIZATION, LLC Gurobi. **Gurobi Optimizer Reference Manual**. 2021. Disponível em: <<http://www.gurobi.com>>.
- ROSAS-TELLEZ, Lorna V.; FLORES, José Luis Martínez; ZANELLA-PALACIOS, Vittorio. Evolutionary strategies for the academic curriculum balanced problem. In: **IJCCI**. [S.l.: s.n.], 2011.
- RUBIO, J. et al. Solving the balanced academic curriculum problem using the aco metaheuristic. In: . [S.l.: s.n.], 2013.
- RUBIO, José Miguel et al. Resolución del problema de balanceo de mallas curriculares mediante algoritmo de luciérnagas. **Ingeniare. Revista chilena de ingeniería**, v. 26, p. 102–112, 2018.

SILVA, Edson et al. Mental Workload Impact of a Visual Language on Understanding SQL Queries. In: **Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)**. Brazilian Computer Society (Sociedade Brasileira de Computação - SBC), 2019. p. 239. Disponível em: <<https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/8728>>.

SILVA, Gabriel et al. Hold Up: Modelo de Detecção e Controle de emoções em Ambientes Acadêmicos. In: **Anais do XXX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2019)**. Brazilian Computer Society (Sociedade Brasileira de Computação - SBC), 2019. p. 139. ISSN 2316-6533. Disponível em: <<https://br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/8718>>.

Slim, A. et al. Crucial based curriculum balancing: A new model for curriculum balancing. In: **2015 10th International Conference on Computer Science Education (ICCSE)**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 243–248.

THOMPSON-ARJONA, William G. **Curricular Optimization: Solving for the Optimal Student Success Pathway**. 2019. Tese (Doutorado) — UKnowledge. Disponível em: <<https://doi.org/10.13023/etd.2019.147>>.

ÜNAL, Yusuf Ziya; UYSAL, Özgür. A new mixed integer programming model for curriculum balancing: Application to a Turkish university. **European Journal of Operational Research**, v. 238, n. 1, p. 339–347, 2014. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v238y2014i1p339-347.html>>.

VILLALOBOS-CID, Manuel et al. Dealing with the Balanced Academic Curriculum Problem considering the Chilean Academic Credit Transfer System. **Proceedings - International Conference of the Chilean Computer Science Society, SCCC**, v. 2019-Novem, 2019. ISSN 15224902.