UMA ANÁLISE DOS RESULTADOS DO IGC USANDO DEA

Armando Zeferino Milioni
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
DCTA – ITA – IEMB, São José dos Campos, SP, 12228-900
Milioni@ita.br

Denise Beatriz T. P. Ferrari
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
DCTA – ITA – IEMB, São José dos Campos, SP, 12228-900
Denise@ita.br

Rodrigo Arnaldo Scarpel
Instituto Tecnológico de Aeronáutica
DCTA – ITA – IEMB, São José dos Campos, SP, 12228-900
Rodrigo@ita.br

RESUMO

A divulgação do Índice Geral de Cursos (IGC) por parte do MEC/INEP transformou-se em um grande evento anual de mídia, uma vez que esse índice permite a elaboração de tabelas ordenadas (ranking) das Universidades, Centros Universitários e demais instituições de ensino superior brasileiras. Neste artigo, a equação de cálculo do IGC é analisada e procedimentos alternativos de ordenação usando Análise de Envoltória de Dados (DEA) são apresentados. Dados reais de 35 Universidades são empregados para mostrar que modelos DEA bastante simples geram uma ordenação muito distinta daquelas geradas a partir do IGC.

PALAVARAS CHAVE. DEA, DEA em educação, Educação.

Educação, Análise de Envoltória de Dados

ABSTRACT

The disclosure of the General Course Index (IGC) by the MEC / INEP has become a big annual media event, since this indicator allows the elaboration of rankings for Brazilian universities, colleges and other institutions of higher education. In this article we analyze the equation that generates the IGC and propose alternative procedures for establishing these rankings using Data Envelopment Analysis (DEA). Real data from 35 universities are employed to show that DEA models generate rankings that are quite distinct from those generated by the IGC.

KEYWORDS. DEA, DEA in education, Education.

Education, Data Envelopment Analysis

1. Introdução

O Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição (IGC) é um indicador de qualidade de instituições de ensino superior, desenvolvido pelo MEC/INEP, que considera em sua composição a qualidade dos cursos de graduação e de pós-graduação (mestrado e doutorado). Sua divulgação, por parte do MEC/INEP, transformou-se em um grande evento anual de mídia, uma vez que esse índice permite a elaboração de tabelas ordenadas (ranking) das Universidades, Centros Universitários e demais instituições de ensino superior brasileiras.

No que se refere à graduação, o IGC leva em consideração o desempenho dos concluintes dos cursos, o desempenho dos ingressantes nos cursos e as chamadas variáveis de insumo (corpo docente, infraestrutura e programa pedagógico). Já, no que se refere à pós-graduação, no IGC é utilizada a nota atribuída na avaliação dos programas de pós-graduação, realizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (Capes), que compreende a realização do acompanhamento anual e da avaliação trienal do desempenho dos programas e cursos que integram o Sistema Nacional de Pós-graduação (SNPG) [INEP, 2011].

Neste artigo, a equação de cálculo do IGC é analisada e procedimentos alternativos de ordenação usando Análise de Envoltória de Dados (DEA) são apresentados. Dados reais de 35 Universidades são empregados para mostrar que modelos DEA bastante simples geram tabelas de ordenação que em alguns casos são muito distintas daquelas geradas a partir do IGC.

2. A respeito do IGC – um aparente paradoxo

É raro encontrar alguém, mesmo nos meios acadêmicos, familiarizado com a equação concebida para o cálculo do IGC e as hipóteses que ela traz embutida.

Interessados nesse tema poderão encontrar informações gerais em INEP (2010.a). Há também uma excelente e completa descrição a respeito dessa equação no artigo de Bittencourt, Casartelli e Rodrigues (2009).

Entretanto, mesmo o artigo citado não é capaz de explicar aparentes paradoxos que saltam aos olhos daqueles que examinam os resultados do IGC referentes a 2009, que são os últimos disponíveis, e que podem ser encontrados em INEP (2010.b).

Um desses paradoxos pode ser observado a partir da análise dos números que aparecem na Tabela 1. Nesta, a primeira coluna (IES) traz o nome da Universidade, a segunda (*Grad*) traz o resultado da avaliação da universidade com relação a seus programas de graduação, a terceira e a quarta trazem o mesmo para os programas de mestrado (*Mest*) e doutorado (*Dout*), respectivamente, e a quinta e última coluna (IGC) traz o cálculo do IGC respectivo.

Os números das colunas *Grad*, *Mest* e *Dout* são necessariamente entre um e cinco. O IGC é um número entre zero e 500. Em todos os casos, números maiores correspondem a melhores avaliações e a tabela restringe-se às 10 Universidades que obtiveram os maiores valores de IGC em 2009.

Tabela 1: Dados de entrada e IGC das 10 melhores universidades a partir desse índice

IES	Grad	Mest	Dout	IGC
UNIFESP (São Paulo, SP)	3,20	4,52	3,40	440
UFRGS (Porto Alegre, RS)	3,75	4,73	3,58	422
UFL (Lavras, MG)	3,85	4,58	2,92	420
UFMG (Belo Horizonte, MG)	3,76	4,69	3,73	417
UFV (Viçosa, MG)	3,75	4,32	3,57	410
UFSCar (São Carlos, SP)	3,59	4,35	3,37	406
UFCSPA (Porto Alegre, RS)	3,93	4,12	2,26	405
UFTM (Triang. Mineiro)	3,93	3,90	2,43	404
UFRJ (Rio de Janeiro, RJ)	3,25	4,72	3,95	395
UNIFEI (Itajubá, MG)	3,79	3,87	2,71	394

Como já mencionado, uma descrição detalhada de como esses indicadores são computados pode ser encontrada em Bittencourt, Casartelli e Rodrigues (2009). Essa descrição

não será reproduzida aqui, mas, em linhas bastante gerais, é possível dizer que:

Grad: é obtido a partir da média ponderada dos Conceitos Preliminares de Curso (CPC) atribuídos a cada curso de graduação da instituição. O fator de ponderação é o número relativo de matrículas do curso e o CPC, que é um número entre um e cinco, é calculado a partir do desempenho dos alunos no ENADE (Exame Nacional de Desempenho de Estudantes), da qualidade do corpo docente e da infraestrutura da instituição.

Mest: é obtido a partir da média ponderada das notas dadas pela CAPES aos programas de mestrado da instituição. O fator de ponderação também é o número relativo de matrículas no programa. Só são levados em consideração os programas com nota igual ou superior a três e as notas dos programas superiores a cinco são reduzidas a cinco.

Dout: é obtido de maneira semelhante à *Mest*.

Eis o paradoxo: se o IGC é calculado a partir de ponderações das avaliações dos programas de graduação, mestrado e doutorado de cada instituição, então, como é possível que a Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), que aparece na Tabela 1 com o maior valor de IGC, tenha avaliações de graduação, mestrado e doutorado (3,20, 4,52 e 3,40, respectivamente) sistematicamente inferiores às da segunda colocada, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS: 3,75, 4,73 e 3,58), da quarta colocada, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG: 3,76, 4,69 e 3,73) e da nona colocada, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ: 3,25, 4,72 e 3,95)?

Em outras palavras, se a graduação, mestrado e doutorado da UNIFESP são inferiores ou "piores" (de acordo com os indicadores que alimentam o IGC) do que os da UFRGS, UFMG e UFRJ, então, como a UNIFESP pode apresentar um IGC superior (maior, "melhor") ao dessas três outras Universidades?

Cumpre observar ainda que, das 179 Universidades analisadas pelo MEC/INEP, a UNIFESP, primeira colocada no cálculo do IGC, é a 29a colocada sob o indicador *Grad*, a 11a sob *Mest* e a oitava sob *Dout*.

3. Compreendendo o paradoxo

Se x_1, x_2, y_1 e y_2 forem números reais tais que $x_1<y_1$ e $x_2<y_2$ e se a e b forem constantes reais positivas, então, é elementar que $a.x_1+b.x_2 < a.y_1+b.y_2$.

A partir dessa constatação, é imediata a conclusão de que a explicação do paradoxo apresentado na seção anterior exige, necessariamente, que o cálculo do IGC seja feito a partir do uso de fatores de ponderação distintos para *Grad*, *Mest* e *Dout* associados a cada Universidade.

Em si, a ideia de usar fatores de ponderação distintos por Universidade não deve causar estranheza. De fato, é correto afirmar que essa mesma ideia está na raiz da inovadora concepção apresentada no seminal artigo de Charnes, Cooper e Rhodes (1978), que criaria a área de conhecimento hoje conhecida como Análise de Envoltória de Dados (DEA, do inglês, *Data Envelopment Analysis*).

É bem sabido, todavia, que em nenhum dos muitos tipos de modelo DEA – e há muitos deles – para duas DMUs (Unidades Tomadoras de Decisão, do inglês *Decision Making Units*) *i* e *j* com os mesmos valores de insumos (*inputs*) e valores de produtos (*outputs*) tais que *i* produz sempre mais do que *j*, jamais seria possível que a eficiência de *i* fosse inferior à de *j* (ver, por exemplo, Cooper, Seiford e Tone, 2000).

É justificável, portanto, a estranheza associada a essa possibilidade no caso do cálculo do IGC.

Para que ela seja possível, é preciso entender, em primeiro lugar, que os valores de *Grad*, *Mest* e *Dout* não são exatamente aqueles empregados na Tabela 1, uma vez que em INEP (2010.a) toma-se conhecimento de que o cálculo do IGC é precedido pelas seguintes transformações lineares:

Mest' = (Mest + 5) / 2

e

Dout' = (Dout + 10) / 3

A referência citada não apresenta justificativas para essas transformações nos indicadores de *Mest* e *Dout*. Nenhuma transformação semelhante é aplicada a *Grad*.

É fácil perceber, todavia, que elas desempenham papéis semelhantes e que equivalem a uma contração da massa de dados, no sentido de redução de sua variância. Como *Mest* varia entre um e cinco, *Mest*' variará entre três e cinco. Por sua vez, *Dout* variando entre um e cinco implica *Dout*' variando entre 3,33 e cinco. Essas transformações, portanto, implicam a redução do poder discriminatório dessas variáveis.

Assim, a fonte do cálculo do IGC não é a Tabela 1, mas a Tabela 2, que segue:

Tabela 2: Dados para o cálculo do IGC com as transformações lineares em *Mest* e *Dout*

IES	Grad	Mest'	Dout'
UNIFESP (São Paulo, SP)	3,20	4,76	4,47
UFRGS (Porto Alegre, RS)	3,75	4,86	4,53
UFL (Lavras, MG)	3,85	4,79	4,31
UFMG (Belo Horizonte, MG)	3,76	4,85	4,58
UFV (Viçosa, MG)	3,75	4,66	4,52
UFSCar (São Carlos, SP)	3,59	4,67	4,46
UFCSPA (Porto Alegre, RS)	3,93	4,56	4,09
UFTM (Triang. Mineiro)	3,93	4,45	4,14
UFRJ (Rio de Janeiro, RJ)	3,25	4,86	4,65
UNIFEI (Itajubá, MG)	3,79	4,44	4,24

As transformações lineares empreendidas sobre *Mest* e *Dout* para *Mest*' e *Dout*' não alteram as relações comentadas anteriormente. Assim, como já dito, o IGC da UNIFESP só poder ser superior ao IGC da UFRGS, UFMG e UFRJ por conta do uso de fatores de ponderação distintos para cada instituição.

Tais fatores de ponderação, que serão fruto da análise a seguir, estão apresentados na Tabela 3. Nela, *Pond G*, *Pond M'* e *Pond D'* são os fatores de ponderação, para cada Universidade, dos indicadores *Grad*, *Mest'* e *Dout'*, respectivamente.

A soma dos fatores de ponderação para cada Universidade é sempre igual a um, como de fato haveria de ser.

Tabela 3: fatores de ponderação para o cálculo do IGC

IES	Pond G	Pond M'	Pond D'
UNIFESP (São Paulo, SP)	0,15	0,40	0,45
UFRGS (Porto Alegre, RS)	0,50	0,24	0,26
UFL (Lavras, MG)	0,49	0,25	0,26
UFMG (Belo Horizonte, MG)	0,56	0,19	0,24
UFV (Viçosa, MG)	0,57	0,18	0,24
UFSCar (São Carlos, SP)	0,51	0,23	0,26
UFCSPA (Porto Alegre, RS)	0,75	0,18	0,07
UFTM (Triang. Mineiro)	0,71	0,17	0,13
UFRJ (Rio de Janeiro, RJ)	0,53	0,20	0,27
UNIFEI (Itajubá, MG)	0,74	0,18	0,07

A Tabela 4 traz nas colunas *Grad*'', *Mest*'' e *Dout*'' os produtos entre *Grad* e *Pond G*, *Mest*' e *Pond M*' e *Dout*' e *Pond D*' apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. A quinta e última coluna da Tabela 4 traz a soma das colunas da mesma linha multiplicada por 100. É esse o valor do IGC calculado pelo MEC/INEP.

Tabela 4: Cálculo final do IGC

UNIFESP (São Paulo, SP)	0,47	1,91	2,02	440
UFRGS (Porto Alegre, RS)	1,89	1,15	1,17	422
UFL (Lavras, MG)	1,89	1,17	1,13	420
UFMG (Belo Horizonte, MG)	2,12	0,94	1,11	417
UFV (Viçosa, MG)	2,16	0,86	1,09	410
UFSCar (São Carlos, SP)	1,85	1,05	1,16	406
UFCSPA (Porto Alegre, RS)	2,94	0,80	0,31	405
UFTM (Triang. Mineiro)	2,77	0,74	0,53	404
UFRJ (Rio de Janeiro, RJ)	1,72	0,99	1,24	395
UNIFEI (Itajubá, MG)	2,82	0,80	0,32	394

Ao analisar a Tabela 4, duas evidências saltam aos olhos:

i. O valor de *Grad*" da UNIFESP (0,47), primeira colocada quanto ao IGC, não é apenas o menor de todos. Esse valor corresponde a menos de 1/3 de todos os outros valores de *Grad*", sendo que em dois casos ele é menor do que 1/6 de outros (UFCSPA, 2,94 e UNIFEI, 2,82).

ii. O valor de *Dout*" da UNIFESP (2,02) é da ordem do dobro de quase todos os outros, sendo mais de 6 vezes maior justamente do que os respectivos valores das duas instituições citadas acima (UFCSPA, 0,31 e UNIFEI, 0,32).

Antes mesmo de analisar o significado dos fatores de ponderação, portanto, já é evidente que a primeira colocação da UNIFESP no cálculo do IGC decorre quase que inteiramente do valor elevado que ela tem para *Dout*", que está relacionado aos cursos de Doutorado da instituição. De fato, 46% do IGC da UNIFESP (440) decorrem da parcela referente a esses cursos de Doutorado (*Dout*" = 2,02 em 4,40), percentual que é igual ou inferior a 30% para todas as outras Universidades. Por outro lado, apenas 11% do IGC da UNIFESP são decorrentes dos cursos de Graduação (*Grad*" = 0,47 em 4,40), percentual que é no mínimo o quádruplo disso para todas as outras Universidades.

4. Explicando os fatores de ponderação

Os fatores de ponderação apresentados na Tabela 3 referem-se basicamente ao número relativo de alunos equivalentes de Graduação, Mestrado e Doutorado da Instituição.

O conceito de alunos equivalentes é simples. Um aluno da Graduação corresponde a um aluno equivalente. Um aluno de um programa de Mestrado com nota CAPES igual a 3 também corresponde a um aluno equivalente. Se a nota for 4, então, esse aluno conta como 2 alunos equivalentes e, se a nota for superior ou igual a 5, cada aluno conta como 3 alunos equivalentes. Raciocínio equivalente se aplica para os alunos de Doutorado.

A partir desse conceito de alunos equivalentes, os fatores de ponderação são calculados como segue:

Pond G: é o resultado do quociente em que no numerador aparece o número de alunos equivalentes de Graduação da instituição e no denominador aparece a soma do número de alunos equivalentes de Graduação, Mestrado e Doutorado da mesma instituição.

Pond M': primeiro é calculado o quociente em que no numerador aparece o número de alunos equivalentes de Mestrado da instituição e no denominador aparece a soma do número de alunos equivalentes de Mestrado e Doutorado da mesma instituição. Em seguida, esse quociente é multiplicado por 1 - *Pond G*, o que significa que *Pond M'* relativiza os alunos equivalentes de Mestrado apenas entre os alunos equivalentes de pós-graduação da instituição.

Finalmente,

Pond D': é calculado a partir da equação 1 – *Pond G* – *Pond M'*.

Não é difícil perceber que as análises feitas sobre os valores exibidos na Tabela 4 têm reciprocidade quase que direta com os fatores de ponderação exibidos na Tabela 3.

Fica então claro que o IGC da UNIFESP, que encabeça a lista de todas as Universidades, é basicamente o resultado de a instituição ter uma enorme concentração de alunos de doutorado em programas com notas elevadas atribuídas pela CAPES. De fato, em 2009, a Universidade tinha só no seu campus São Paulo, quase 3.500 alunos matriculados em quase 80 cursos de pós-graduação stricto sensu, a maioria deles bem avaliados pela CAPES. O número de alunos de graduação daquele mesmo campus, contudo, era da ordem de 1/3 do número de alunos de pós-graduação.

A pergunta natural decorrente dessa constatação é esta: será que era esse o efeito que o IGC pretendia capturar?

5. Avaliação usando DEA

DEA é uma ferramenta da estatística não paramétrica concebida para fazer a avaliação relativa de um conjunto de DMUs que atuam em área semelhante transformando insumos em produtos.

Fundamentos de DEA podem ser encontrados em Cooper, Seiford e Tone (2000) e não serão discutidos aqui.

Com a intenção de comparar as classificações por análise de eficiência DEA, foram tomados dados das Universidades que tinham programas de Mestrado e Doutorado aprovados pela CAPES e apresentavam valores de *Grad* superiores a três.

Os *outputs* empregados foram os dados crus de qualidade medidos diretamente, i.e., sem qualquer transformação, por *Grad*, *Mest* e *Dout* apresentados na seção 2. Como esses *outputs* são puramente qualitativos, é aceitável considerar simplificadamente que todas as Universidades sejam representadas como tendo um único *input* comum e unitário.

Da natureza da análise DEA, esse tipo de modelo equivale a deixar a critério da DMU (Universidade) atribuir maior ou menor importância a seus cursos de Graduação, Mestrado e Doutorado.

Os dados empregados são aqueles exibidos na Tabela 5, que está ordenada alfabeticamente, de acordo com o nome da instituição. Dois exercícios utilizando diferentes modelos DEA foram realizados:

i. Modelo DEA CCR, *output* orientado, com restrições aos pesos virtuais (DEA-RP)
e
ii. Modelo DEA CCR, *output* orientado, com fronteira invertida (DEA-FI).

Para ambos os casos, o software SIAD (ver Angulo Meza et al., 2005.a e 2005.b) foi empregado para realizar os cálculos. Os resultados obtidos para as análises sob os dois modelos encontram-se nas Tabelas 6 e 7, respectivamente. As duas tabelas têm estrutura semelhante: a primeira coluna corresponde ao nome da instituição, a segunda à eficiência DEA para cada modelo, a terceira traz a classificação ordinal da instituição de acordo com a eficiência DEA, a quarta traz o valor do IGC e a quinta e última traz a classificação ordinal da instituição segundo o valor do IGC.

Modelo DEA-RP

A restrição imposta para este modelo foi que o peso virtual do *output* Grad fosse no mínimo igual ao dobro dos pesos virtuais dos *outputs Mest* e *Dout*. O objetivo é simples: como há dois *outputs* de pós-graduação e apenas um de graduação, a restrição imposta faz com que a importância relativa da graduação seja no mínimo a mesma dada à pós-graduação como um todo.

Tabela 5: Dados empregados para as análises DEA

DMU	Input	Output Grad	Output Mest	Ouput Dout
Fund. Univ. do Estado de Santa Catarina	1,00	3,38	3,70	1,80
Fund. Univ. Fed. da Grande Dourados	1,00	3,29	3,50	2,00
Fund. Univ. Fed. de Ciências da Saúde de POA	1,00	3,93	4,12	2,26
Fund. Univ. Fed. de Viçosa	1,00	3,75	4,32	3,57
Pont. Univ. Católica – PUC SP	1,00	3,02	4,55	3,07
Pont. Univ. Católica – PUC RJ	1,00	3,55	4,82	3,62
Pont. Univ. Católica – PUC RGS	1,00	3,24	4,72	3,32
Univ. de Brasília	1,00	3,58	4,16	2,65
Univ. de Santa Cruz do Sul	1,00	3,05	3,59	2,00
Univ. do Estado do Amazonas	1,00	3,07	3,13	2,00
Univ. do Vale do Rio dos Sinos	1,00	3,21	4,22	2,96
Univ. Est. de Londrina	1,00	3,12	3,86	2,58
Univ. Est. de Maringá	1,00	3,32	4,10	2,90
Univ. Est. de Ponta Grossa	1,00	3,08	3,62	2,00
Univ. Est. do Norte Fluminense	1,00	3,54	3,93	2,25
Univ. Est. do Oeste do Paraná	1,00	3,16	3,40	2,00
Univ. Est. Paulista – UNESP	1,00	3,32	4,38	2,95
Univ. Fed. de Goiás	1,00	3,23	3,71	2,31
Univ. Fed. de Itajubá	1,00	3,79	3,87	2,71
Univ. Fed. de Juiz de Fora	1,00	3,47	3,79	2,29
Univ. Fed. de Lavras	1,00	3,85	4,58	2,92
Univ. Fed. de Minas Gerais	1,00	3,76	4,69	3,73
Univ. Fed. de Ouro Preto	1,00	3,26	3,78	2,69
Univ. Fed. de Santa Catarina	1,00	3,39	4,53	3,23
Univ. Fed. de Santa Maria	1,00	3,24	4,09	3,18
Univ. Fed. de São Carlos	1,00	3,59	4,35	3,37
Univ. Fed. de São Paulo	1,00	3,20	4,52	3,40
Univ. Fed. de Uberlândia	1,00	3,35	4,08	2,74
Univ. Fed. do Estado do Rio de Janeiro	1,00	3,14	3,74	2,55
Univ. Fed. do Paraná	1,00	3,06	4,31	2,72
Univ. Fed. do Rio de Janeiro	1,00	3,25	4,72	3,95
Univ. Fed. do Rio Grande do Norte	1,00	3,14	3,88	2,50
Univ. Fed. do Rio Grande do Sul	1,00	3,75	4,73	3,58
Univ. Fed. do Triângulo Mineiro	1,00	3,93	3,90	2,43
Univ. Fed. Fluminense	1,00	3,15	4,06	3,05

De acordo com a solução DEA-RP, cinco Universidades foram consideradas eficientes. Estas correspondem às instituições com valor de eficiência igual a um na Tabela 6. Nota-se que nenhuma delas é a UNIFESP.

Ainda na Tabela 6 estão destacadas em sombreamento oito instituições para as quais a classificação de acordo com a eficiência DEA-RP diverge da classificação de acordo com o IGC em quatro ou mais posições ordinais.

É notável, embora não surpreendente, que a UNIFESP, que aparece em primeiro lugar com relação ao IGC, seja apenas a 16a colocada pela classificação de eficiência DEA-RP.

Em contrapartida, a PUC-RGS, que ocupa a 23a posição de acordo com a classificação baseada no IGC, sobe 10 posições e é a 13a de acordo com a classificação baseada nas eficiências DEA-RP.

Modelo DEA-FI

Uma análise semelhante foi feita com base nos mesmos dados, eliminando as restrições impostas aos pesos virtuais, mas agora empregando o conceito de fronteira invertida. O uso de fronteira invertida para contornar o problema da baixa discriminação foi proposto inicialmente por Angulo Meza et al. (2003). Ao empregar o conceito de fronteira invertida, consideram-se os *outputs* como *inputs* e os *inputs* como *outputs*. Ao contrário dos modelos DEA clássicos que fornecem muitos empates nos índices 100% eficientes, no caso em que se considera o conceito de

fronteira invertida isso dificilmente acontece.

Tabela 6: Análise DEA CCR, *output* orientado, com restrição aos pesos virtuais

DMU	Efic DEA-RP	Class DEA-RP	IGC	Class IGC
Fund. Univ. do Estado de Santa Catarina	0,865	23	345	25
Fund. Univ. Fed. da Grande Dourados	0,839	27	341	28
Fund. Univ. Fed. de Ciências da Saúde de POA	1,000	1	405	7
Fund. Univ. Fed. de Viçosa	0,992	6	410	5
Pont. Univ. Católica – PUC SP	0,865	21	370	16
Pont. Univ. Católica – PUC RJ	0,976	7	379	13
Pont. Univ. Católica – PUC RGS	0,916	13	349	23
Univ. de Brasília	0,927	11	386	11
Univ. de Santa Cruz do Sul	0,790	34	311	35
Univ. do Estado do Amazonas	0,784	35	320	33
Univ. do Vale do Rio dos Sinos	0,869	20	333	29
Univ. Est. de Londrina	0,823	30	329	30
Univ. Est. de Maringá	0,876	19	356	20
Univ. Est. de Ponta Grossa	0,798	33	314	34
Univ. Est. do Norte Fluminense	0,908	14	379	14
Univ. Est. do Oeste do Paraná	0,808	32	322	32
Univ. Est. Paulista – UNESP	0,899	15	378	15
Univ. Fed. de Goiás	0,834	28	346	24
Univ. Fed. de Itajubá	0,975	8	394	10
Univ. Fed. de Juiz de Fora	0,890	17	357	19
Univ. Fed. de Lavras	1,000	1	420	3
Univ. Fed. de Minas Gerais	1,000	1	417	4
Univ. Fed. de Ouro Preto	0,851	24	351	21
Univ. Fed. de Santa Catarina	0,924	12	386	12
Univ. Fed. de Santa Maria	0,865	22	358	18
Univ. Fed. de São Carlos	0,948	10	406	6
Univ. Fed. de São Paulo	0,893	16	440	1
Univ. Fed. de Uberlândia	0,878	18	358	17
Univ. Fed. do Estado do Rio de Janeiro	0,819	31	326	31
Univ. Fed. do Paraná	0,850	25	350	22
Univ. Fed. do Rio de Janeiro	0,951	9	395	9
Univ. Fed. do Rio Grande do Norte	0,827	29	341	27
Univ. Fed. do Rio Grande do Sul	1,000	1	422	2
Univ. Fed. do Triângulo Mineiro	1,000	1	404	8
Univ. Fed. Fluminense	0,847	26	344	26

Os resultados da Tabela 7 são muito semelhantes aos resultados para o modelo anterior. Das 10 instituições de ensino mais bem classificadas utilizando o modelo DEA-RP, nove estavam entre as 10 mais bem classificadas quando foi utilizado o modelo DEA-FI. Da mesma forma, a UNIFESP também não está entre as 10 mais bem classificadas (pela Tabela 7, ocupa a 17a posição).

Medidas de Dissimilaridade

Uma forma de comparar a consistência dos modelos é através da avaliação da dissimilaridade entre as classificações obtidas pelos diferentes métodos. Uma possível medida de dissimilaridade é dada pela seguinte métrica:

$$D_{A,B} = \sum_{i=1}^{n} \left| C_{i,A} - C_{i,B} \right|,$$

em que $D_{A,B}$ é a dissimilaridade, em número de posições, entre as classificações obtidas utilizando-se os métodos A e B, $C_{i,j}$ é a classificação da Universidade i obtida utilizando-se o método j ($j = A,B$).

Tabela 7: Análise DEA CCR, *output* orientado, com fronteira invertida

DMU	Efic DEA-FI	Class DEA-FI	IGC	Class IGC
Fund. Univ. do Estado de Santa Catarina	0,716	28	345	25
Fund. Univ. Fed. da Grande Dourados	0,723	27	341	28
Fund. Univ. Fed. de Ciências da Saúde de POA	0,963	7	405	7
Fund. Univ. Fed. de Viçosa	0,975	5	410	5
Pont. Univ. Católica – PUC SP	0,781	20	370	16
Pont. Univ. Católica – PUC RJ	0,948	8	379	13
Pont. Univ. Católica – PUC RGS	0,865	13	349	23
Univ. de Brasília	0,889	10	386	11
Univ. de Santa Cruz do Sul	0,654	34	311	35
Univ. do Estado do Amazonas	0,649	35	320	33
Univ. do Vale do Rio dos Sinos	0,775	21	333	29
Univ. Est. de Londrina	0,702	30	329	30
Univ. Est. de Maringá	0,794	19	356	20
Univ. Est. de Ponta Grossa	0,664	33	314	34
Univ. Est. do Norte Fluminense	0,854	14	379	14
Univ. Est. do Oeste do Paraná	0,681	32	322	32
Univ. Est. Paulista – UNESP	0,828	16	378	15
Univ. Fed. de Goiás	0,736	25	346	24
Univ. Fed. de Itajubá	0,964	6	394	10
Univ. Fed. de Juiz de Fora	0,834	15	357	19
Univ. Fed. de Lavras	1,000	1	420	3
Univ. Fed. de Minas Gerais	0,985	2	417	4
Univ. Fed. de Ouro Preto	0,757	23	351	21
Univ. Fed. de Santa Catarina	0,867	12	386	12
Univ. Fed. de Santa Maria	0,768	22	358	18
Univ. Fed. de São Carlos	0,910	9	406	6
Univ. Fed. de São Paulo	0,820	17	440	1
Univ. Fed. de Uberlândia	0,802	18	358	17
Univ. Fed. do Estado do Rio de Janeiro	0,702	31	326	31
Univ. Fed. do Paraná	0,748	24	350	22
Univ. Fed. do Rio de Janeiro	0,885	11	395	9
Univ. Fed. do Rio Grande do Norte	0,711	29	341	27
Univ. Fed. do Rio Grande do Sul	0,983	3	422	2
Univ. Fed. do Triângulo Mineiro	0,980	4	404	8
Univ. Fed. Fluminense	0,735	26	344	26

A Tabela 8 apresenta os valores de dissimilaridades calculados para os diferentes métodos. A primeira coluna indica o nome da instituição, a segunda e a terceira colunas apresentam os valores de dissimilaridades para os modelos DEA, ambos medidos com relação à classificação dada pelo método IGC, e a quarta coluna contem os valores de dissimilaridades entre as classificações obtidas pelos dois métodos DEA. A última linha da tabela apresenta o valor da dissimilaridade total para cada caso.

Observa-se que a dissimilaridade total entre as classificações das Universidades pelos métodos IGC e DEA-RP é de 98 posições. Além disso, verifica-se que uma parte significativa da dissimilaridade é por causa da UNIFESP, visto que 15 do total de 98 posições se devem a esta Universidade. Se forem tomadas as três Universidades com os maiores valores de dissimilaridades com relação ao índice IGC, destacadas por sombreamento na tabela, tem-se que o total é de 34 posições, o que representa cerca de 35% da dissimilaridade total.

Portanto, retiradas da amostra as três instituições que possuem as maiores diferenças na classificação tem-se uma dissimilaridade total de 64 posições, o que representa a diferença média de duas posições para cada instituição entre os métodos IGC e DEA-RP.

Também foi calculada a dissimilaridade entre as classificações das Universidades pelos métodos IGC e DEA-FI, obtendo-se o valor de 88 posições. Da mesma forma que o ocorrido anteriormente, verifica-se que uma parte significativa da dissimilaridade deve-se ao resultado apresentado pela UNIFESP (16 do total de 88 posições). Se forem tomadas as três Universidades

com maior dissimilaridade entre as classificações obtidas a partir do modelo DEA-FI e do índice IGC, o total é de 34 posições, o que representa a diferença média de 1,69 posições por instituição e corresponde a aproximados 39% da dissimilaridade total.

Tabela 8: Dissimilaridades das classificações pelos diferentes métodos

DMU	Diss (DEA-RP, IGC)	Diss (DEA-FI, IGC)	Diss (DEA-FI, DEA-RP)
Fund. Univ. do Estado de Santa Catarina	2	3	5
Fund. Univ. Fed. da Grande Dourados	1	1	0
Fund. Univ. Fed. de Ciências da Saúde de POA	6	0	6
Fund. Univ. Fed. de Viçosa	1	0	1
Pont. Univ. Católica – PUC SP	5	4	1
Pont. Univ. Católica – PUC RJ	6	5	1
Pont. Univ. Católica – PUC RGS	10	10	0
Univ. de Brasília	0	1	1
Univ. de Santa Cruz do Sul	1	1	0
Univ. do Estado do Amazonas	2	2	0
Univ. do Vale do Rio dos Sinos	9	8	1
Univ. Est. de Londrina	0	0	0
Univ. Est. de Maringá	1	1	0
Univ. Est. de Ponta Grossa	1	1	0
Univ. Est. do Norte Fluminense	0	0	0
Univ. Est. do Oeste do Paraná	0	0	0
Univ. Est. Paulista – UNESP	0	1	1
Univ. Fed. de Goiás	4	1	3
Univ. Fed. de Itajubá	2	4	2
Univ. Fed. de Juiz de Fora	2	4	2
Univ. Fed. de Lavras	2	2	0
Univ. Fed. de Minas Gerais	3	2	1
Univ. Fed. de Ouro Preto	3	2	1
Univ. Fed. de Santa Catarina	0	0	0
Univ. Fed. de Santa Maria	4	4	0
Univ. Fed. de São Carlos	4	3	1
Univ. Fed. de São Paulo	15	16	1
Univ. Fed. de Uberlândia	1	1	0
Univ. Fed. do Estado do Rio de Janeiro	0	0	0
Univ. Fed. do Paraná	3	2	1
Univ. Fed. do Rio de Janeiro	0	2	2
Univ. Fed. do Rio Grande do Norte	2	2	0
Univ. Fed. do Rio Grande do Sul	1	1	2
Univ. Fed. do Triângulo Mineiro	7	4	3
Univ. Fed. Fluminense	0	0	0
TOTAL	**98**	**88**	**36**

Em contrapartida, a dissimilaridade entre as classificações das Universidades pelos métodos DEA-FI e DEA-RP é de apenas 36 posições, indicando que estas são mais similares entre si do que em relação ao IGC, como era de se esperar.

É interessante notar que as três instituições que apresentam maior dissimilaridade com relação ao critério IGC são as mesmas para ambos os modelos DEA. São elas UNIFESP, PUC-RGS e UniSinos. Verifica-se, ainda, que estas três instituições apresentam pequena dissimilaridade quando as posições calculadas através dos dois modelos DEA são comparadas, isto é, ocupam posições semelhantes nos ordenamentos obtidos com os modelos DEA.

Assim, é possível afirmar que a substituição do índice IGC por qualquer dos métodos DEA CCR empregados não fará com que ocorra uma grande mudança na classificação de boa parte das Universidades, mas fará com que casos como o do paradoxo apresentado anteriormente

não ocorram.

6. Considerações finais

Neste artigo, os resultados obtidos pela equação de cálculo do IGC, desenvolvido pelo MEC/INEP para ordenação de instituições de ensino superior brasileiras, foram comparados àqueles obtidos através de procedimentos alternativos de ordenação baseados em Análise de Envoltória de Dados (DEA).

A proposição de tais métodos alternativos foi considerada pois o ordenamento gerado através do IGC mostrou-se deficiente, se não teoricamente ---já que carece de uma justificativa para a escolha do mecanismo de transformação das notas atribuídas aos cursos, por exemplo---, pelo menos na prática, em que aparentes paradoxos são permitidos. Este foi o caso da UNIFESP, que apresentou notas inferiores em todos os quesitos mas obteve classificação final mais elevada, sendo, portanto, considerada mais eficiente do que suas concorrentes.

Desta forma, foram empregados dados reais de 35 Universidades para mostrar que modelos DEA bastante simples e amplamente conhecidos na literatura podem ser utilizados para gerar ordenamentos conceitualmente consistentes, já que aparentes paradoxos como o descrito anteriormente, por construção, não ocorrem. Além disto, a aplicação de métodos DEA permite um tratamento mais sistemático dos dados, já que dispensa transformações das notas de quesitos individuais, bem como ponderações subjetivas, tais como o critério de "aluno-equivalente", adotado pelo método IGC.

De fato, verificou-se que a utilização da Análise Envoltória de Dados possibilitou a "correção" dos problemas identificados na utilização do IGC, visto que gerou uma classificação, para a grande maioria das Universidades, não muito diferente da obtida a partir do IGC, mas sem os casos aparentemente paradoxais, como o da UNIFESP.

Referências

Angulo Meza, L., Gomes, E.G., Soares de Mello, J.C.C.B., Biondi Neto, L. (2003) Fronteira DEA de dupla envoltória no estudo da evolução da ponte aérea Rio-São Paulo. *Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2003*, v. 2, p.1158-1166.

Angulo Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G., Coelho, P.H.G. Free software for Decision Analysis a software package for Data Envelopment models (2005.a) ICEIS 2005 - *Proceedings of the 7th International Conference on Enterprise Information Systems*, pp. 207-212.

Angulo-Meza, L., Biondi Neto, L., Soares de Mello, J.C.C.B., Gomes, E.G. ISYDS - Integrated System for Decision Support (SIAD - Sistema Integrado de Apoio a Decisao): A Software Package for Data Envelopment Analysis Model (2005.b) *Pesquisa Operacional*, 25 (3), pp. 493-503.

Bittencourt, H.R., Casartelli, A.O. e Rodrigues, A.C.M. (2009) Sobre o Índice Geral de Cursos (IGC), *Avaliação*, Campinas; Sorocaba, SP, v. 14, n. 3, p. 667-682.

Charnes, A., Cooper, W. W. E Rhodes, E. (1978) Measuring the efficiency of decision making units, *European journal of operational research*, 2(4), 429 - 444.

Cooper,W.W., Seiford, L.M. e Tone, K. *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London, 2000.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Cálculo do Índice Geral de Cursos: nota técnica. Brasília, DF, 2010.a. Disponível em http://www.inep.gov.br/download/igc/NOTA_TECNICA.pdf. Acesso em: jan. 2011.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Resultados do IGC. Brasília, DF, 2010.b. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/areaigc/>. Acesso em: jan. 2011.

INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Índice Geral de Cursos Avaliados da Instituição - IGC, 2011. Disponível em http://www.inep.gov.br/areaigc. Acesso em: abril de 2011.