

DINÂMICA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA DAS INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR

Edward Martins Costa¹

Francisco de Sousa Ramos²

Hermínio Ramos de Souza³

Luciano Menezes Bezerra Sampaio⁴

Rafael Barros Barbosa⁵

Este trabalho examina a fronteira de eficiência da educação superior pública federal por meio de uma metodologia não paramétrica denominada análise envoltória de dados (DEA), considerando as instituições federais de ensino superior (Ifes) como as unidades de comparação. Foram estimadas as fronteiras dinâmicas, bem como foi avaliado o índice de Malmquist, que verifica a mudança de produtividade entre dois períodos. A mensuração foi realizada por intermédio de alguns indicadores educacionais de gestão (os *inputs* e os *outputs* do processo produtivo) fornecidos pelas próprias instituições para o período 2004-2008. As 49 Ifes foram organizadas em dois subconjuntos (A e B), de acordo com as similaridades de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão, para minimizar a heterogeneidade existente no setor. Os resultados das estimações das fronteiras de eficiência dos modelos dinâmicos apontaram escores de eficiências elevados, porém o índice de Malmquist mostrou uma queda de produtividade para a maioria das Ifes, indicando que pode estar havendo deterioração do produto educacional ao longo do tempo.

Palavras-chave: Ifes; DEA; fronteira de eficiência; educação superior.

DYNAMICS OF PRODUCTION EFFICIENCY OF FEDERAL INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION

This examine the efficiency frontier of federal public higher education through a non-parametric method called Data Envelopment Analysis (DEA). A dynamic frontier was estimated and the *Malmquist* index was evaluated to verify the productivity change between two periods. In the model, we used several educational administrative indicators as *inputs* and *outputs* of the productive process, provided by the institutions themselves for the years from 2004 to 2008. The total number of Ifes (49) was divided into two subsets (groups A and B), according with their similarity of teaching, researching and extension activities, in order to minimize heterogeneity in the sector. The results of the dynamic models indicated a high level of efficiency *scores* but the Malmquist index showed a productivity decrease to most universities, indicating a possible deterioration of the educational product over time.

Keywords: Ifes; DEA; efficiency frontier; higher education.

1. Doutor em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco (Pimes/UFPE) e professor no Mestrado Acadêmico em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (Maer/UFC) e dos Cursos de Economia e Finanças da UFC. *E-mail:* <edwardcosta@ufc.br>.

2. Doutor em Ciências Econômicas pela Université Catholique de Louvain (UCL) e professor no Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco (Pimes/UFPE). O autor agradece a bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). *E-mail:* <ramosfs@gmail.com>.

3. Doutor em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco (Pimes/UFPE). *E-mail:* <hermino.ramos@gmail.com>.

4. Doutor em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco (Pimes/UFPE) e professor no Departamento de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O autor agradece a bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). *E-mail:* <lucianombsampaio@gmail.com>.

5. Doutor em Economia, Centro de Aperfeiçoamento de Economistas do Nordeste (CAEN)/Universidade Federal do Ceará (UFC), e professor da UFC, campus de Sobral, curso de Economia e Finanças.

DINÁMICA DE LA PRODUCCIÓN EFICIENCIA DE LAS INSTITUICIONES FEDERALES DE ENSEÑANZA SUPERIOR

El presente trabajo examina la frontera eficiente de la educación superior pública federal a través de una metodología no paramétrica denominada Análisis Envolvente de Datos (DEA), teniendo en cuenta las Instituciones Federales de Enseñanza Superior (Ifes) como las unidades de comparación. Los límites dinámicos fueron estimados y el índice de Malmquist, que verifica el cambio en la productividad entre dos períodos, fue evaluado. La medición se realizó utilizando algunos indicadores de gestión educativa (inputs y outputs del proceso de producción) proporcionados por las propias instituciones, para el período 2004 a 2008. Los cuarenta y nueve Ifes se organizaron en dos subgrupos (A y B) de acuerdo a las similitudes de su enseñanza, investigación y extensión, para minimizar la heterogeneidad existente en el sector. Los resultados de la estimación de las fronteras eficientes de los modelos dinámicos indicaron altos escores de eficiencia, pero una caída de la productividad para la mayoría de las IFES, lo que indica que puede estar habiendo deterioro del producto educativo a través del tiempo.

Palabras clave: Ifes; DEA; frontera de eficiencia; educación universitaria.

DYNAMIQUE DE LA PRODUCTION D'EFFICACITÉ DES INSTITUTIONS FÉDÉRALES DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

Cet article examine la frontière d'efficience de l'éducation publique fédérale supérieure en utilisant la méthodologie non paramétrique d'Analyse d'Enveloppement des Données (AED) et les Institutions Fédérales de l'Enseignement Supérieur (Ifes) comme les unités de comparaison. Les limites dynamiques ont été estimés et l'indice de Malmquist, qui vérifie la variation de la productivité entre deux périodes, a été évalué. La mensuration a été effectuée à l'aide d'indicateurs de gestion de l'éducation (les inputs et outputs du processus de production) fournis par les établissements eux-mêmes, pour la période de 2004 à 2008. Les quarante-neuf Ifes ont été regroupés en deux sous-ensembles (A et B) selon les similitudes de leurs activités d'enseignement, recherche et service à la société, afin de minimiser l'hétérogénéité qui existe dans ce secteur. Les résultats des estimations des frontières d'efficience des modèles dynamiques ont révélé des scores d'efficience élevés, mais une perte de productivité pour la plupart des Ifes, indiquant qu'il peut y avoir une détérioration de produit éducatif se produisant au fil du temps.

Mots-clés: Ifes; DEA; efficacité frontier; l'enseignement universitaire.

JEL: C02; I23.

1 INTRODUÇÃO

O desempenho das instituições de ensino superior (IES) tem sido objeto de atenção crescente nos últimos anos, sendo tema de diversos estudos nacionais e internacionais. Parte desta literatura recorre a indicadores de desempenho, como, por exemplo, a proporção de alunos em determinado ano ou o custo por estudante, a fim de verificar a eficiência das instituições.

O setor educacional tem características peculiares que exigem atenção na construção dos “indicadores de desempenho” para a mensuração de eficiência das IES. Entre elas: as instituições operam sob diferentes condições e em diferentes ambientes; e o setor de produção educacional é detentor de muitos insumos e produtos.

Para a mensuração de desempenho, as IES são tratadas como unidades produtivas que requerem a utilização de insumos para obter determinado nível de produto, este último medido por um ou mais indicadores de desempenho. Entre os insumos pode-se destacar os recursos financeiros usados por cada instituição. Essa é, sobretudo, uma preocupação quando as instituições de ensino superior são públicas. Neste caso, é necessário analisar a estrutura de financiamento do país em questão e sua alocação de recursos resultante.

No Brasil, a educação superior conta com universidades e faculdades públicas federais, estaduais e municipais, além das universidades e das faculdades privadas. No ano de 2008, segundo o censo da educação superior realizado pelo Ministério da Educação (MEC) existiam, no Brasil, 2.252 instituições de ensino superior. A distribuição por categoria administrativa indicava que 90% delas eram instituições privadas e os 10% restantes eram instituições públicas divididas em 4,1% federais, 3,6% estaduais e 2,7% municipais.

As instituições federais de ensino superior (Ifes) são financiadas principalmente pelo governo federal por meio da vinculação de alguns impostos previstos no Artigo 212 da Constituição Federal de 1988. Estas instituições também recebem recursos de emendas parlamentares, contratos com órgãos públicos e privados, assim como possuem recursos próprios. A alocação dos recursos oriundos da União é feita pela Secretaria de Educação Superior (SESu) do MEC por meio de uma matriz de alocação de recursos, que procura privilegiar a eficiência das Ifes sem, contudo, o uso de um método específico para medir a eficiência.

Entre os métodos mais utilizados para medir a eficiência do setor educacional destaca-se a análise envoltória de dados (DEA) – ou *data envelopment analysis*, em inglês – que utiliza das técnicas de programação matemática e permite o cômputo de múltiplos insumos e produtos, característica da produção de ensino. Além disso, a DEA não exige uma forma funcional da função de produção, o que elimina o problema de má-especificação do modelo.

Na literatura internacional que avalia a eficiência de universidades, um dos primeiros artigos foi o de Ahn, Charnes e Cooper (1988). Os autores compararam 161 universidades públicas e privadas americanas, com ênfase em insumos financeiros e em produtos acadêmicos ligados à pesquisa e ao ensino. Vários artigos se seguiram a este, com mudanças em alguns insumos e produtos, mas mantendo a mesma linha de raciocínio. Em outra perspectiva, alguns artigos, apesar de incluírem também algumas variáveis financeiras, enfatizaram a eficiência técnica, com insumos e produtos ligados ao ensino e à pesquisa e, por vezes, também à extensão universitária. São exemplos os trabalhos de Jongbloed *et al.* (1994), Breu e Raab (1994), Athanassopoulos e Shale (1997), Abbott e Doucouliagos (2003), entre outros.

Na literatura nacional, seguindo essa mesma linha, Façanha e Marinho (2001) compararam as principais universidades brasileiras para o ano de 1994 (52 instituições federais), com dados de 1995 do MEC e da Andifes. Suas variáveis de insumo incluíram áreas de prédios, hospitais e laboratórios, número de pessoas da instituição (estudantes, professores por tipo de formação e alunos ingressantes), além de variáveis de despesas. Como produtos foram incluídos números de cursos por nível, número de concluintes por nível, e ainda uma média ponderada das avaliações dos cursos de pós-graduação. Dado o enorme número de variáveis e uma base de dados não muito grande, eles recorreram a uma análise fatorial para obter três fatores como insumos e três como produtos. Usaram também o modelo com retornos variáveis de escala e o principal objetivo deles era mostrar como usar a metodologia DEA para elaboração de um *ranking* das Ifes. As maiores e proeminentes instituições de ensino superior resultaram em unidades eficientes.

Belloni (2000) considerou um conjunto de indicadores da qualidade das pós-graduações das universidades, assim como das graduações, e um indicador da pesquisa. Seu trabalho incluiu 33 universidades federais, todas com programas de pós-graduação. Após uma série de análises de correlações de variáveis relativas ao ensino de graduação e de pós-graduação e à pesquisa científica e à titulação do corpo docente, foram definidos alguns indicadores para a avaliação de eficiência produtiva das instituições. O modelo utilizado também foi o de retornos variáveis de escala. Com os resultados encontrados pelos autores, estes concluíram que as maiores possibilidades de crescimento da produtividade concentravam-se em alterações dos projetos acadêmicos, passando a dar mais ênfase à pesquisa.

Já Oliveira e Turrioni (2006) fizeram uso de insumos quantitativos e financeiros construídos a partir dos indicadores do Tribunal de Contas da União (TCU), usados para se avaliar as Ifes, com dados de 2004. No artigo, eles utilizaram os doze indicadores do TCU, sendo dez como insumos (dois de custos correntes, três de relações de alunos por funcionários das universidades, dois de funcionários equivalentes por professor, dois de graus de envolvimento estudantil, e um último de qualificação do corpo docente) e dois como produtos (conceito para a pós-graduação e taxa de sucesso na graduação). Diferentemente dos artigos nacionais acima citados, o modelo escolhido pelo trabalho foi o de retornos constantes de escala.

Esses estudos nacionais, até mesmo pela limitação de dados, se limitaram à análise da eficiência estática (para dados de apenas um ano) considerando poucas universidades, e à estimativa de uma fronteira única de eficiência sem considerar a heterogeneidade das universidades brasileiras, sobretudo quanto à realização de pesquisa, com instituições de ensino com pesquisa consolidada – algumas até em

estágio considerado internacional –, e outras praticamente dedicadas exclusivamente ao ensino de graduação. Assim, este estudo se diferencia dos demais pelo uso de um modelo dinâmico que considera um período mais recente e extenso (dados de 2004 a 2008), possibilitando medir a variação das eficiências das instituições no tempo. Ainda, por meio da separação das universidades em dois grupos, permite comparar as Ifes com suas semelhantes.

Portanto, frente a esse contexto, o objetivo deste trabalho é estimar fronteiras de eficiência dinâmicas do setor educacional superior público federal, considerando insumos quantitativos e financeiros e produtos relativos ao ensino e à pesquisa. Para considerar a heterogeneidade destas instituições elaboram-se dois modelos, um para as instituições que desenvolvem pesquisa e outro para aquelas focadas em ensino de graduação. Além disso, dada a disponibilidade de dados, investiga-se a eficiência das universidades federais ao longo do tempo, com um modelo DEA dinâmico e com o índice de Malmquist. Os resultados possibilitam a análise da eficiência ao longo do tempo e a identificação dos destaques nacionais nos dois modelos. Além disso, este estudo busca contribuir com a literatura existente, bem como fornecer, aos fazedores de políticas, um cenário da eficiência na alocação de recursos por parte das Ifes.

Além desta introdução, este artigo contém outras quatro seções. Na seção 2 faz-se uma breve revisão da literatura sobre eficiência com uso da DEA para avaliar a educação superior. Na seção 3 apresentam-se o referencial teórico que embasa o modelo de produção da educação e discute-se o modelo dinâmico de eficiência e o índice de Malmquist. Na seção 4 são descritos os procedimentos metodológicos. A seção 5 apresenta os resultados. Por fim, na seção 6 são feitas as considerações finais.

2 EFICIÊNCIA NA EDUCAÇÃO SUPERIOR POR MEIO DA METODOLOGIA DEA

Segundo Cohn e Geske (1990) a função de produção educacional é, em princípio, semelhante a qualquer outro tipo de função de produção. Para a análise insumo-produto (ou *input-output*, em inglês) é necessário especificar a forma pela qual os *inputs* influenciam os *outputs* ou, em termos econômicos, conhecer o formato da função de produção.

A teoria econômica fornece alguns pressupostos que conduzem à análise da especificação de uma função de produção. Para definir uma função de produção para a educação, isto é, tratar a educação como uma “indústria” da educação, é importante considerar suas peculiaridades, considerando que ela é bastante diferente, em seu escopo e caráter, da maioria das outras indústrias.

Mancebón e Muñiz (2003) destacam algumas características inerentes ao setor de produção educacional: *i) a natureza múltipla e intangível do produto*: os produtos

educacionais podem ser classificados como conhecimento e habilidades, valores, atitudes, entre outras características; *ii) a participação do cliente no processo produtivo*: o cliente (aluno) não é meramente um demandante da mercadoria, mas atua de forma decisiva no processo produtivo; *iii) a heterogeneidade dos serviços*: devido à participação do estudante no processo produtivo, as unidades produtivas se diferenciam uma das outras; *iv) a dimensão temporal*: os resultados obtidos do processo produtivo podem não ser suficientes para uma mensuração completa da produção do setor educativo, visto que é necessário observar uma trajetória completa da vida dos estudantes; *v) o caráter acumulativo do ensino*; *vi) a incidência de fatores exógenos*: essa característica tem como embasamento a denominada “educação informal”, que não é obtida pelos anos de estudos, mas sim por experiências fora do setor educacional.

Hanushek (1986) aponta alguns *inputs* e *outputs* que fazem parte do processo produtivo educacional, com destaque para o *background* familiar avaliado no tempo, a influência externa (dos pares), os *inputs* escolares e, por fim, as habilidades inatas dos estudantes. Com relação ao *output*, é destacado o conhecimento adquirido durante o tempo de estudo.

Hernández (2004) classifica os *inputs* educacionais em dois grupos, a saber: o primeiro contém aqueles em que as instituições de ensino exercem algum tipo de controle (endógenos), como os recursos humanos (docentes e técnicos administrativos) e a estrutura física das universidades; e o segundo engloba os fatores que as universidades não podem controlar (exógenos), tais como o *background* familiar e as habilidades inatas dos estudantes.

Hernández (2004), De la Orden (1985), Cohn e Millan (1975) e Bloom *et al.* (1975) evidenciam que, devido ao aspecto multidimensional do processo educacional, devem ser considerados diferentes fatores no processo produtivo, tais como: *i) a dimensão individual e social*; *ii) a temporal*; *iii) a econômica*; e, finalmente, *iv) a cognitiva e a não cognitiva*. Os autores também comentam que o total de alunos concluintes pode ser considerado como um *output* no processo produtivo educacional.

A literatura internacional e alguns trabalhos nacionais analisaram a eficiência de universidades em diversos países. A seguir, apresentam-se algumas referências principais, com ênfase na escolha dos insumos e dos produtos, de referências que utilizaram a metodologia DEA.

Para comparar a eficiência de universidades americanas públicas e privadas, Ahn, Charnes e Cooper (1988) propuseram um modelo com insumos representativos de variáveis financeiras – despesas com instrução, investimentos em estrutura e despesas gerais – e, como produtos, medidas de ensino e de pesquisa – matrículas na graduação e na pós-graduação, bolsas de estudo e bolsas de pesquisa. Em seus resultados, as universidades públicas obtiveram um maior nível de eficiência quando comparadas às universidades privadas.

Jongbloed *et al.* (1994) avaliaram universidades de três países europeus sendo 88 da Holanda, 152 do Reino Unido e 114 da Alemanha. Como insumos, uma variável quantitativa (total de funcionários) e outra financeira (despesas com material). Como produtos, diversas medidas de ensino e pesquisa, quantitativas ou financeiras: total de alunos em tempo integral e parcial, número de alunos equivalentes de graduação e de pós-graduação, total de dissertações e outras publicações e rendas com pesquisas e contratos.

Breu e Raab (1994) mediram a eficiência relativa das 25 universidades dos Estados Unidos com melhores desempenhos acadêmicos, segundo o US News and World Report. Seus insumos consideraram a pesquisa por meio do percentual de faculdades com doutorado, e o ensino pela razão entre número de faculdades por alunos, além das despesas gerais por aluno. Como produtos, duas variáveis quantitativas ligadas diretamente ao ensino: taxa de sucesso na graduação e taxa de retenção de alunos calouros. Seus resultados mostraram uma relação inversa do *ranking* já preestabelecido com o *ranking* obtido pela DEA.

Athanassopoulos e Shale (1997), para 45 universidades do Reino Unido, propuseram um modelo com insumos quantitativos de ensino e de pesquisa: taxa de sucesso escolar, total de graus (de graduação e de pós-graduação) concedidos e avaliação ponderada das pesquisas. Como produtos, três indicadores de ensino – as razões de alunos equivalentes por graduandos, por alunos de pós-graduação e por docentes –, duas variáveis de despesas – gerais e com biblioteca e informática – e o mesmo indicador de pesquisa – renda com pesquisas – utilizado por Jongbloed *et al.* (1994). Os autores alocaram as universidades em três grupos segundo a relação eficiência e custo: de baixo custo e alta eficiência; de alto custo e baixa eficiência; e de alto custo e alta eficiência.

Usando a mesma lógica de variáveis de insumos e de produtos quantitativos e financeiros, mas invertendo o raciocínio do artigo anterior, Mc Millan e Datta (1998) compararam a eficiência de 45 universidades canadenses, adotando como insumos as despesas com professores, as despesas operacionais e a pesquisa, e como produtos o total de estudantes em tempo integral por área de estudo, o total de gastos em pesquisa e as atividades por área como proporção do índice de qualificação do corpo docente.

Forsund, Lovell e Schmidt (1980) avaliaram a eficiência de 99 faculdades regionais na Noruega para os anos de 1994, 1995 e 1996. Eles consideraram como insumos duas variáveis indicativas do quantitativo de docentes e de técnicos, ambas relativizadas pelo número de alunos equivalentes em tempo integral, um indicador da estrutura física das faculdades e as despesas correntes com outros recursos. Como produtos eles incluíram os números de exames finais de curto e de longo prazos e o total de pesquisas realizadas. Os resultados apontaram uma

melhoria de produtividade ao longo dos anos estudados, denotando um efeito positivo de produtividade, de modo a deslocar a fronteira de eficiência para um nível maior.

Flegg *et al.* (2003) analisaram a eficiência técnica de 45 universidades britânicas nos anos de 1980/1981 a 1992/1993, período que inclui grandes mudanças no financiamento público. Para os insumos foram escolhidos o número total de funcionários, de alunos de graduação e de pós-graduação, além das despesas agregadas por departamentos das universidades. Os produtos foram o total de cursos de graduação e de pós-graduação e as rendas de pesquisas e de consultorias. Foi detectado um aumento significativo na eficiência técnica durante o período em questão, com destaque para o período entre 1987/1988 e 1990/1991.

Abbott e Doucouliagos (2003) estudaram a eficiência de 36 universidades australianas. Como insumos os autores utilizaram o número total de alunos equivalentes por docente e por servidores, além das despesas gerais e dos ativos não correntes de capital. Como produtos, representando o ensino, eles utilizaram o número de alunos equivalentes por matrículas e o total de pesquisas realizadas. Os resultados demonstraram homogeneidade no desempenho em todo o sistema universitário, o que sugere que as universidades australianas operam em um nível muito parecido de eficiência.

Joumady e Ris (2005) mensuraram as diferenças de eficiência entre 210 instituições de ensino superior de oito países da Europa, considerando uma amostra de pessoas formadas há mais de três anos. Este trabalho se diferencia dos demais por utilizar apenas insumos e produtos quantitativos, sem dados financeiros, e ainda por parte destes insumos e produtos procurar representar a qualidade das instituições analisadas. Estes insumos foram o número de entradas de alunos nas universidades, algumas características dos professores, equipamentos disponíveis, fornecimento de material didático, conteúdo da grade curricular do curso principal e ênfase na prática do ensino e aprendizagem. Como único produto, utilizaram o nível de competências vocacionais adquiridas pelos alunos. Foram estimados três modelos: o primeiro centrou-se nas competências dos serviços educacionais; o segundo (modelo de ajustamento) estimou a eficiência da aprendizagem após o término do curso de graduação; e o terceiro (modelo global) foi projetado para explorar o sucesso da universidade em atrair o desempenho geral. Seus resultados foram bastante diferenciados para os três modelos estimados, com universidades de alguns países se destacando em função do modelo escolhido. No geral, as universidades italianas obtiveram os piores índices de eficiência.

Afonso e Santos (2004) estimaram a eficiência relativa das universidades, das faculdades e dos institutos públicos portugueses (52 instituições ao todo) utilizando os dados relativos a 2003. Os insumos foram o número total de docentes

e as despesas gerais, enquanto os produtos captaram efeitos de ensino e pesquisa (taxa de sucesso escolar e total de teses de doutorado). Os resultados apontaram que os escores de eficiência das instituições não estão ligados ao total de recursos alocados à elas.

Nessa linha de insumos e produtos apenas quantitativos, porém com o uso de variáveis vistas nos trabalhos anteriores, há diversos artigos nacionais. Esta abordagem predomina no Brasil talvez pela indisponibilidade de dados financeiros das instituições de ensino superior.

Marinho, Resende e Façanha (1997) analisaram o desempenho das principais universidades federais brasileiras (38) para o ano de 1994. Após aplicarem a análise fatorial para reduzir o número de fatores de produção e de produtos, foi elaborado o modelo DEA. Os fatores para os insumos foram compostos a partir de variáveis de infraestrutura, de ensino e de pesquisa, entre elas, áreas de prédios, número total de estudantes, pessoal acadêmico e não acadêmico e orçamento; os fatores representantes dos produtos foram compostos por variáveis como o número de cursos de graduação e de pós-graduação, diplomas emitidos de graduação e pós-graduação e notas médias dos cursos no MEC. As universidades mais proeminentes e conhecidas resultaram como eficientes. Os autores destacam a limitação de dados e colocam a perspectiva futura de ampliações do trabalho, com a maior disponibilidade destes.

Façanha e Marinho (2001) estudaram as diferenças de desempenho das universidades localizadas nas grandes regiões brasileiras, bem como a eficiência dos programas de pós-graduação de IES brasileiras vinculadas à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes). Para os anos de 1995 a 1998 foram medidas a eficiência de universidades municipais, estaduais, federais e particulares. Como insumos, todos quantitativos, eles usaram os números totais de docentes em tempo integral e parcial, de servidores, de matrículas e de vagas oferecidas. Como produtos, foram considerados os números totais de ingressantes por meio de vestibular e de docentes com doutorado, o número total de concluintes, o número total de cursos, a razão entre as inscrições em primeira opção e o número de vagas oferecidas, além do número de matrículas em diversas áreas (ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias e tecnologia, ciências da saúde, ciências agrárias, ciências sociais, ciências humanas, linguística, letras e artes). Com relação ao ensino de graduação, os resultados mostraram que as IES municipais e particulares obtiveram eficiência relativa maior que a das estaduais e federais no período analisado.

Belloni (2000), em sua tese de doutorado, avaliou o desempenho da eficiência produtiva de 33 universidades federais brasileiras. Foram considerados como insumos três variáveis representantes do número de docentes, sendo uma delas

este número total, e as outras duas uma divisão desta primeira entre o número de docentes com e sem pós-graduação. Como produtos, foram escolhidas variáveis de ensino e de pesquisa: total de alunos graduados, total de artigos publicados e um indicador de qualidade da pós-graduação. Apenas seis das 33 universidades federais investigadas foram consideradas tecnicamente eficientes. O autor verificou que a propriedade de retornos constantes à escala não se aplica ao caso das universidades públicas federais. Dessa forma, suas estimativas foram realizadas de acordo com o modelo DEA-BCC, com retornos variáveis à escala.

Por fim, incluindo variáveis financeiras, mas com uma amostra de apenas dezenove observações, Oliveira e Turrioni (2006) avaliaram a eficiência relativa das Ifes considerando indicadores do TCU. Os insumos escolhidos pelos autores foram: custo corrente por aluno equivalente (com e sem incluir o custo com hospitais universitários); número de alunos em tempo integral por professor equivalente e por funcionário equivalente (novamente recorrendo a duas variáveis, com e sem os funcionários dos hospitais); a razão entre o número de funcionários equivalentes (incluindo e não incluindo os dos hospitais) por professor equivalente; e alguns indicadores para o grau de participação estudantil, para o grau de envolvimento discente com a pós-graduação e para a qualidade do corpo docente. Talvez devido à limitação da amostra foi usado o modelo com retornos constantes de escala. Apenas cinco universidades foram consideradas tecnicamente ineficientes. Observa-se que, provavelmente pela escolha dos retornos constantes, este resultado diverge do de Souza, Ramos e Santos (1997) e de Belloni (2000) quando indica um número pequeno de unidades ineficientes.

Assim, a partir desta literatura, optou-se por uma análise de eficiência das universidades federais brasileiras, considerando-se variáveis representativas do ensino e da pesquisa tanto quantitativas como financeiras. Além disso, dada a maior disponibilidade de dados, foi possível medir a eficiência ao longo do tempo (com o modelo dinâmico e com o índice de Malmquist) e das universidades divididas em dois grupos considerados distintos – com e sem ênfase em pesquisa.

3 MODELOS DEA E O ÍNDICE DE MALMQUIST

Nesta seção são abordados os modelos utilizados e os procedimentos metodológicos deste trabalho. Apresentam-se os fundamentos dos modelos de eficiência, especificamente do modelo DEA dinâmico e do índice de Malmquist calculado a partir das eficiências de dois períodos.

São dois os métodos mais comuns para a medição de eficiência: o primeiro é com base na abordagem paramétrica (a partir de modelos econométricos, por exemplo), e o segundo na abordagem não paramétrica (a partir de modelos de programação matemática, por exemplo).

Segundo Forsund, Lovell e Schmidt (1980), a abordagem econométrica pressupõe que as eficiências seguem uma distribuição específica. Sengupta (1999) afirma que a abordagem econométrica, por utilizar uma determinada forma funcional para a função de produção (por exemplo, a Cobb Douglas) é paramétrica, ou seja, a estimação de eficiência da tecnologia de produção é feita por meio de parâmetros, testados a partir de erros-padrão. Entretanto, existem algumas desvantagens no uso dessa abordagem. Pode ocorrer o erro de má-especificação, causado muitas vezes pela escolha inapropriada da forma funcional da função de produção. Além disso, a mensuração de eficiência, em que existem múltiplos insumos e múltiplos produtos, não é facilmente aplicada em um modelo paramétrico.

De acordo com Sengupta (1999), na abordagem não paramétrica são utilizados métodos de programação linear para calcular a fronteira envoltória de eficiência, a partir dos insumos e dos produtos. Consequentemente, essa abordagem evita erros de especificação. Além disso, a utilização de métodos de programação é adequada em uma situação na qual existem múltiplos insumos e múltiplos produtos. Geva May (2001) aponta duas desvantagens no uso dessa abordagem: *i)* ela não fornece estimativas ou testes de significância dos parâmetros; e *ii)* a fronteira de envoltória pode ser definida por um número pequeno de observações.

O método escolhido para a estimação de eficiência das Ifes neste estudo foi o não paramétrico. A escolha desse método se deve à sua maleabilidade na mensuração de eficiência quando existem múltiplos insumos e produtos, assim como pela dificuldade em se definir uma forma funcional para a função de produção educacional. O método não paramétrico adotado foi o de DEA.

Na área de educação a técnica DEA tem sido utilizada com sucesso para medir a eficiência relativa de escolas públicas e de universidades. Como visto na seção 2, para as universidades essa metodologia permite a utilização tanto de variáveis físicas quanto monetárias. Outra vantagem do método DEA é ser uma medida de eficiência relativa, o que permite a comparação das unidades de decisão, tomando como padrão a melhor utilização de insumos e de produtos de unidades pares.

Para atender aos objetivos deste trabalho, foram utilizados mais de um modelo DEA. Todas as opções consideraram a orientação ao produto, dado que se parte do princípio de que as universidades têm maior autonomia para influenciar em seus produtos gerados (de pesquisa e de ensino) e a menor possibilidade de alterar seus insumos; os retornos variáveis de escala, dadas as diferenças de tamanho das universidades federais; e os modelos com folgas, extensão da DEA que capta as folgas em insumos e em produtos específicos.

Para a análise da eficiência no tempo utilizaram-se duas opções: a modelagem DEA painel, por meio do índice de produtividade de Malmquist, para verificar se

houve mudança de eficiência no intervalo de tempo considerado (de 2004 a 2008); e o modelo DEA SBM Dinâmico (DSBM), proposto por Tone e Tsutsui (2010), para mensurar a eficiência intertemporal. Dessa forma, deseja-se verificar quais são as instituições eficientes em cada período de tempo e intertemporalmente, assim como medir as possíveis mudanças de produtividade e de tecnologia ocorridas ao longo do período analisado.

3.1 DEA

A metodologia de DEA foi desenvolvida por Charnes, Cooper e Rhodes (1978). Esse tipo de análise generaliza as medidas de Dantzing (1951) e Farrel (1957), e procura medir a eficiência produtiva de unidades de produção com múltiplos produtos e múltiplos insumos, a fim de obter um indicador que atenda ao conceito de eficiência de Koopmans (1951).

A estimação da DEA é feita de forma não paramétrica, mensurando a eficiência das unidades tomadoras de decisão (em inglês *decision making units* – DMU) observadas, comparando-as entre si e obtendo um indicador de eficiência relativa. Essa metodologia utiliza as DMUs com as melhores práticas observadas para construir uma fronteira de produção empírica, denominada *fronteira eficiente*.

O índice de Malmquist – medido a partir das eficiências de dois períodos calculadas com o modelo DEA estático – e os modelos DEA dinâmicos são extensões dos modelos DEA estáticos que permitem a análise da eficiência ao longo do tempo. Para um maior detalhamento dos modelos DEA e do índice de Malmquist, recomenda-se o livro de Cooper, Seiford e Tone (2007) e o do modelo dinâmico, de Tone e Tsutsui (2010), os quais foram a base para os resumos dos modelos apresentados nas próximas subseções.

3.2 DEA painel: o índice de Malmquist

Quando se tem dados em painel pode-se utilizar a metodologia DEA por meio de programação linear (*input* orientado ou *output* orientado) para calcular o índice de Malmquist, com o objetivo de medir a variação de produtividade e a decomposição dessa mudança de produtividade em duas partes: uma devido às alterações tecnológicas e outra devido a um efeito emparelhamento, isto é, se há convergência das eficiências das unidades ao longo do tempo. O índice de produtividade de Malmquist é denotado pela equação (1):

$$MI = \left[\frac{\delta^1((x_o, y_o)^2)}{\delta^1((x_o, y_o)^1)} \cdot \frac{\delta^2((x_o, y_o)^2)}{\delta^2((x_o, y_o)^1)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

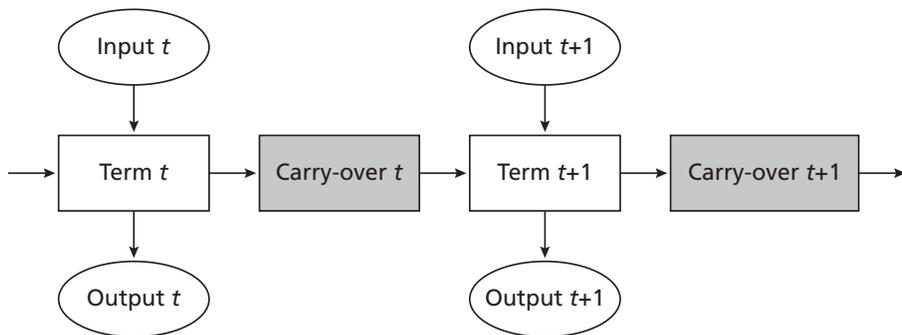
onde MI é composto por quatro termos: $\delta^1((x_o, y_o)^1)$, $\delta^2((x_o, y_o)^2)$, $\delta^2((x_o, y_o)^1)$ e $\delta^1((x_o, y_o)^2)$. Os dois primeiros estão relacionados com a mensuração da eficiência no mesmo período de tempo, com $t = 1$ ou $t = 2$, enquanto os dois últimos servem para a comparação intertemporal. Dessa forma, se $MI > 1$ há melhoria de eficiência técnica; se $MI = 1$ não há mudança na tecnologia de produção; e, caso $MI < 1$ há melhoria na tecnologia de produção.

Para o cálculo do índice de Malmquist, apresentado na equação (1), foram utilizadas as eficiências obtidas com o modelo DEA com folgas (DEASBM) detalhado em Cooper, Seiford e Tone (2007).

3.3 DEA dinâmico SBM

A mensuração da eficiência intertemporal por meio da metodologia DEA vem sendo objeto de estudo nas últimas décadas. A primeira abordagem foi a *window analysis* (Klopp, 1985), e posteriormente Fare *et al.* (1994) incorporaram o índice de Malmquist na estrutura DEA, apresentado sucintamente acima. Sengupta (1997) e Fare e Grosskopf (1996) foram os primeiros a desenvolver a estrutura do modelo DEA dinâmico. Sengupta (1997) verificou a eficiência dinâmica da estrutura de Farrell (1957) por meio da variação do *input* capital no tempo com relação às mudanças ocorridas nos preços do *input* ao longo do tempo. Já Fare e Grosskopf (1996) propuseram uma fronteira de produção dinâmica utilizando um *output* intermediário que interliga os processos de produção de cada ano.

FIGURA 1
Estrutura do modelo DEA dinâmico



Fonte: Tone e Tsutsui (2010).

Tone e Tsutsui (2010) empregaram, com base no modelo de Fare e Grosskopf (1996), uma estrutura para o modelo DEA dinâmico na qual são utilizadas variáveis de transição (*carry-over*), com o objetivo de estimar a fronteira de produção ao longo de vários períodos de tempo. Além disso, a estimação da

fronteira é feita por meio de um modelo não radial, ou seja, um modelo com base em folgas denominado de SBM Dinâmico (DSBM). A estrutura do modelo é mostrada na figura 1.

O que distingue o DEA dinâmico dos outros tipos de DEA é a existência de uma transição que liga os períodos ao longo do tempo. Os *carry-overs*, também denominados de *links*, podem ser de quatro tipos.

- 1) Desejável (*good*): os *links* desejáveis são tratados como *outputs* e o valor da ligação é de acesso restrito a não menos do que o observado. Escassez comparativa dos *links* nessa categoria é considerada como ineficiência (por exemplo, lucro).
- 2) Indesejável (*bad*): os *links* indesejáveis são tratados como insumos e seus valores são limitados, não podendo ser maiores que o observado. Excesso comparativo em *links* nessa categoria é contabilizado como ineficiência (por exemplo, prejuízo e inadimplência).
- 3) Discricionários (*free*): esse *link* pode ser manipulado livremente pela DMU, e seu valor pode ser aumentado ou diminuído do observado. O desvio em relação ao valor atual não é refletido diretamente na avaliação da eficiência, mas a condição de continuidade entre os dois períodos de tempo explicados no próximo período exerce um efeito indireto sobre o escore de eficiência.
- 4) Não discricionários (*fix*): nesse caso, o *link* está além do controle da DMU, e seu valor é fixado em um nível observado. Esse *link* também afeta indiretamente o escore de eficiência por meio da condição de continuidade entre os dois períodos de tempo.

O cálculo das eficiências no DEA dinâmico é realizado a partir de n DMUs ($j = 1, \dots, n$) durante T períodos de tempo ($t = 1, \dots, T$), sendo que em cada período têm-se m *inputs* ($i = 1, \dots, m$), p *inputs* não discricionários (fixos) ($i = 1, \dots, p$), s *outputs* ($i = 1, \dots, s$) e r *outputs* não discricionários (fixos) ($i = 1, \dots, r$). Além disso, os *inputs* (discricionários), os *inputs* não discricionários x_{ijt}^{fixo} ($i = 1, \dots, p$), os *outputs* (discricionários) y_{ijt} ($i = 1, \dots, s$) e os *outputs* não discricionários y_{ijt}^{fixo} ($i = 1, \dots, r$) representam respectivamente os valores da DMU j do período de tempo t . Os *carry-overs* são simbolizados em quatro categorias: z^{good} , z^{free} , z^{bad} e z^{fix} . A fim de identificar o período de tempo (t), a DMU (j) e o item (i), por exemplo, é utilizada a notação z_{it}^{free} : $free$ ($i = 1, \dots, free; j = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T$), que denota todos os valores observados do *link free* até o período de tempo T .

Dessa forma, o conjunto de possibilidades de produção $\{x_{it}\}$, $\{x_{it}^{fixo}\}$, $\{y_{it}\}$, $\{y_{it}^{fixo}\}$, $\{z_{it}^{good}\}$, $\{z_{it}^{bad}\}$, $\{z_{it}^{free}\}$ e $\{z_{it}^{fix}\}$ é definido por:

$$\begin{aligned}
 x_{it} &\geq \sum_{j=1}^n x_{ijt} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T) \\
 x_{it}^{fixo} &= \sum_{j=1}^n x_{ijt}^{fixo} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, p; t = 1, \dots, T) \\
 y_{it} &\leq \sum_{j=1}^n y_{ijt} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, s; t = 1, \dots, T) \\
 y_{it}^{fixo} &= \sum_{j=1}^n y_{ijt}^{fixo} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, r; t = 1, \dots, T) \\
 z_{it}^{good} &\leq \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{good} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, ngood; t = 1, \dots, T) \\
 z_{it}^{bad} &\geq \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{bad} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, nbad; t = 1, \dots, T) \\
 z_{it}^{free} &: free, & (i = 1, \dots, nfree; t = 1, \dots, T) \\
 z_{it}^{fix} &\geq \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{fix} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, nfix; t = 1, \dots, T) \\
 \lambda_j^t &\geq 0, & (j = 1, \dots, n; t = 1, \dots, T) \\
 \sum_{j=1}^n \lambda_j^t &= 1, & (t = 1, \dots, T),
 \end{aligned} \tag{2}$$

onde $\lambda_j^t \in \mathfrak{R}^n (t = 1, \dots, T)$ é o vetor intensidade para o período de tempo t , e $ngood$, $nfree$ e $nfix$ são as quantidades dos *links bad*, *free* e *fix*, respectivamente. A última restrição corresponde à hipótese de retornos variáveis à escala. Com a ausência dessa restrição, o modelo encontra-se na proposição de retornos constantes à escala. No lado direito das equações acima as variáveis assumem valores positivos; no lado esquerdo estão as variáveis que correspondem ao vetor intensidade.

A continuidade dos *links carry-overs* entre o período de tempo t e $t+1$ é garantida pela seguinte condição:

$$\sum_{j=1}^n z_{ijt}^{\alpha} \lambda_j^t = \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{\alpha} \lambda_j^{t+1} \quad (\forall i; t = 1, \dots, T-1), \quad (3)$$

onde o símbolo α é padrão para os *links good, bad, free* e *fix*. Essa restrição é fundamental para o modelo dinâmico, uma vez que ela conecta as atividades entre os períodos de tempo t e $t+1$. Usando essas equações para a produção, pode-se expressar a DMU_o ($o = 1, \dots, n$) da seguinte forma:

$$\begin{aligned} x_{iot} &= \sum_{j=1}^n x_{ijt} \lambda_j^t + s_{it}^-, & (i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T) \\ x_{iot}^{fixo} &= \sum_{j=1}^n x_{ijt}^{fixo} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, m; t = 1, \dots, T) \\ y_{iot} &\leq \sum_{j=1}^n y_{ijt} \lambda_j^t - s_{it}^+, & (i = 1, \dots, s; t = 1, \dots, T) \\ y_{iot}^{fixo} &= \sum_{j=1}^n x_{ijt}^{fixo} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, r; t = 1, \dots, T) \\ z_{iot}^{good} &= \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{good} \lambda_j^t - s_{it}^{good}, & (i = 1, \dots, ngood; t = 1, \dots, T) \\ z_{iot}^{bad} &= \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{bad} \lambda_j^t + s_{it}^{bad}, & (i = 1, \dots, nbad; t = 1, \dots, T) \\ z_{iot}^{free} &= \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{free} \lambda_j^t + s_{it}^{free}, & (i = 1, \dots, nfree; t = 1, \dots, T) \\ z_{iot}^{fix} &= \sum_{j=1}^n z_{ijt}^{fix} \lambda_j^t, & (i = 1, \dots, nfix; t = 1, \dots, T) \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j^t &= 1, & (t = 1, \dots, T) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\lambda_j^t \geq 0, s_{it}^- \geq 0, s_{it}^+ \geq 0, s_{it}^{good} \geq 0, s_{it}^{bad} \geq 0, e s_{it}^{free} : free(\forall i, t),$$

onde s_{it}^- , s_{it}^+ , s_{it}^{good} , s_{it}^{bad} e s_{it}^{free} são as variáveis de folgas que denotam, respectivamente, o excesso de *input*, o *deficit* de *output*, o *deficit* do *link*, o excesso do *link* e o desvio do *link*.

A avaliação da eficiência global de uma DMU_o ($o = 1, \dots, n$), tendo $\{\lambda^t\}$, $\{s_t^-\}$, $\{s_t^+\}$, $\{s_t^{good}\}$, $\{s_t^{bad}\}$ e $\{s_t^{free}\}$ pode ser feita com as variáveis das estruturas

input orientado, *output* orientado e não orientado. Mostra-se, a seguir, o problema com a orientação a *output*, dada a escolha por esta orientação neste trabalho. A eficiência global *output* orientado τ_o^* com *link good* é dada por:

$$\frac{1}{\tau_o^*} = \max \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T w^t \left[1 + \frac{1}{s + ngood} \left(\sum_{i=1}^s w_i^+ s_{it}^+ + \sum_{i=1}^{ngood} \frac{s_{it}^{good}}{z_{iot}^{good}} \right) \right] \quad (5)$$

sujeitas às equações (3) e (4), onde w_i^+ é o peso para o *output* i e satisfaz a condição:

$$\sum_{i=1}^s w_i^+ = s. \quad (6)$$

Essa função objetivo é uma extensão do modelo SBM *output* orientado, e trata das ineficiências dos *outputs* incluindo o *link* (*good*), que funciona como meta fundamental na avaliação. Os *links* indesejáveis de ineficiência também são contabilizados dentro da função objetivo, do mesmo modo que ocorre com as ineficiências dos *outputs*. Entretanto, os *links* indesejáveis não são *outputs*; eles têm apenas a função de conectar os dois períodos de tempo consecutivos como é denotado na equação (3). Na equação (5), para cada período t tem-se a eficiência do período t mensurada pelas folgas relativas dos *outputs* e do *link*, sendo igual à unidade se todas elas forem iguais a zero. Além disso, são unidades constantes e seu valor é maior ou igual a 1. Assim, o lado direito da equação (5) é a média ponderada dos ganhos de eficiência ao longo do tempo, tendo que ser maior ou igual a 1. Dessa forma, desde que foi definida a eficiência global, por reciprocidade, a eficiência global do *output* está situada entre 0 e 1.

Usando a solução ótima $\{\mathcal{A}^{t*}\}$, $\{s_t^{-*}\}$, $\{s_t^{+*}\}$, $\{s_t^{good*}\}$, $\{s_t^{bad*}\}$ e $\{s_t^{fre*}\}$, é definida a eficiência dinâmica τ_{ot}^* *output* orientado como:

$$\tau_{ot}^* = \frac{1}{1 + \frac{1}{s + ngood} \left(\sum_{i=1}^s w_i^+ s_{iot}^{+*} + \sum_{i=1}^{ngood} \frac{s_{iot}^{good*}}{z_{iot}^{good}} \right)}, \quad (t = 1, \dots, T). \quad (7)$$

Portanto, a eficiência global *output* orientado durante o período (τ_{ot}^*) é uma média harmônica das eficiências dos períodos (τ_{ot}), demonstrada a seguir:

$$\frac{1}{\tau_{ot}^*} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{w^t}{\tau_{ot}^*}. \quad (8)$$

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção abordam-se a base de dados – a escolha das instituições –, os indicadores educacionais escolhidos para representar as variáveis de insumos e produtos e a definição do modelo DEA, justificando-se os insumos e os produtos definidos.

4.1 Escolha das DMUs

Para o cálculo de eficiência da educação superior pública federal foi considerado um conjunto formado por 49 instituições. As Ifes não incluídas na estimação são as seguintes: Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Universidade Federal do ABC (UFABC), Universidade Federal do Pampa (Unipampa), Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR), e Universidade Federal do Grande Dourados (UFGD). A não inclusão dessas universidades deve-se à ausência de dados para as mesmas para todo o período de análise.

As Ifes da amostra possuem elevado grau de heterogeneidade, tornando complexa a estimação da fronteira de produção. Independentemente de qual seja a modelagem utilizada, os modelos estimados devem incorporar as diferenças entre as instituições. Entre essas, citam-se o volume de recursos recebidos, o número de alunos matriculados, o número de cursos, entre outras. Há universidades grandes que atuam em várias áreas do conhecimento, com atividades de ensino, pesquisa e extensão, enquanto outras são voltadas basicamente para o ensino de graduação.

Portanto, para amenizar essa heterogeneidade, foram feitas estimações de eficiência para dois grupos de universidades. No primeiro grupo, foram consideradas as instituições que têm uma atuação maior no ensino da pós-graduação e na pesquisa e, no segundo, as instituições que têm pouca ou nenhuma atuação no ensino da pós-graduação e na pesquisa.

Os dois grupos de universidades foram determinados por meio da análise de dois indicadores que estão presentes nas estatísticas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – censo de 2008 – e constituem: *i*) a razão doutores-pesquisadores/pesquisadores que pertencem a grupos de pesquisa em cada Ifes; e *ii*) o total de investimento em bolsas e fomento à pesquisa. Este último critério foi observado com base no *ranking* sobre o total de investimento em bolsas e fomento à pesquisa por Ifes. A partir de uma lista divulgada pelo CNPq, com as vinte Ifes que possuem as maiores razões de doutores por número total de pesquisadores dos grupos de pesquisas (a 20^a obteve a razão de 58,81), observou-se que entre estas vinte, a de menor investimento em bolsas e fomento investiu, em 2008, R\$ 4.609,00/ano. Todas as demais Ifes que investiram acima deste valor no ano de 2008 foram incluídas no grupo das instituições com maior ênfase em pesquisa (grupo A). Os dois grupos resultantes estão no quadro 1.

QUADRO 1
Grupos de referência

Grupo A		Grupo B	
Universidade		Universidade	
1) UFRJ	15) UFF	1) UFRRJ	11) Unifel
2) UFRGS	16) UFPB	2) UFMS	12) Ufac
3) UFMG	17) Ufla	3) UFS	13) UFRR
4) UFPE	18) UFG	4) UFMA	14) Uni-Rio
5) UFSC	19) UFSC	5) UFPI	15) Ufersa
6) UnB	20) Ufam	6) UFT	16) UFTM
7) UFC	21) UFRPE	7) Ufop	17) UFVJM
8) UFV	22) UFU	8) Unir	18) UFSJ
9) UFPR	23) Ufal	9) UFJF	19) Unifap
10) UFBA	24) Furg	10) Ufra	20) Unifal
11) UFSCar	25) Ufpel		21) UFCSPA
12) UFPA	26) Ufes		
13) Unifesp	27) UFMT		
14) UFRN	28) UFMT		

Fonte: Inep/MEC.
Elaboração dos autores.

4.2 Definição dos insumos e dos produtos do modelo DEA

O conceito de eficiência está relacionado com a utilização e a alocação dos recursos. Portanto, para se obter estimativas confiáveis no cálculo de eficiência, é necessário empregar indicadores que representem, de forma consistente, as características da função de produção educacional.

A partir da literatura discutida e dos indicadores disponíveis para medir os recursos das universidades brasileiras, assim como seus produtos de ensino e pesquisa, definiu-se a escolha dos insumos e dos produtos para a mensuração de eficiência das Ifes deste trabalho. Observa-se que se optou por seguir as variáveis consideradas nos relatórios de gestão das universidades apresentados ao TCU, as quais são usadas para se verificar o desempenho institucional das instituições, isto é, os insumos e os produtos escolhidos representam os mesmos critérios adotados pelo governo federal.

4.2.1 Produtos (*outputs*)

Os *outputs* educacionais são representados por indicadores de desempenho de ensino e de pesquisa das instituições. Os dois *outputs* escolhidos compõem o relatório do TCU. A razão alunos formados por alunos matriculados é considerada, pelo TCU, como a taxa de sucesso na graduação (TSG) e, por isso, foi escolhida como *output* neste trabalho. O outro indicador de produto é a média aritmética

dos conceitos obtidos por todos os programas de pós-graduação *stricto sensu* de uma universidade – este representa a qualidade da pesquisa da universidade. Em resumo, os produtos usados neste trabalho são:

- alunos formados/alunos matriculados (TSG);
- conceito Capes/MEC para a pós-graduação (CCapes).

A razão alunos formados/alunos matriculados, definida pelo TCU⁶ como a TSG, é calculada por:

$$TSG = \frac{\text{Número de diplomados } (N_{DI})}{\text{Número total de alunos ingressantes}}.$$

Considera-se número de diplomados (N_{DI}) o total de concluintes dos cursos nos dois semestres do ano letivo. O número total de ingressantes é obtido para o ano ou semestre de entrada dos alunos diplomados.⁷

4.2.2 Insumos (*inputs*)

Os *inputs* educacionais podem ser definidos como aquelas variáveis que tornam possível os serviços oferecidos pelas IES. A escolha dos mesmos procurou atender às variáveis representativas de aspectos físicos e financeiros. As razões entre o número de alunos em tempo integral, o número de docentes equivalentes e o número de funcionários equivalentes captam a capacidade e a escala de atendimento das instituições; o índice de qualidade do corpo docente mede o grau de titulação do mesmo; e a variável custo corrente por aluno equivalente representa o recurso financeiro dispendido por aluno em cada instituição. Assim, os insumos escolhidos foram:

- custo corrente/aluno equivalente (CC/AE);
- aluno tempo integral/docente equivalente (ATI/DE);
- aluno tempo integral/funcionários equivalentes (ATI/FE);
- índice de qualificação do corpo docente (IQCD).

O custo corrente/aluno equivalente é calculado pelo somatório das despesas da universidade em questão, dividido pelo número de alunos equivalentes. O aluno tempo integral/docente equivalente é obtido pela razão entre o total de alunos equivalentes pelo total de docentes. O aluno tempo integral/funcionários equivalentes tem seu cálculo realizado pela razão do total de alunos equivalentes pelo total de servidores.

6. Decisão TCU nº 408/2002 (Brasil, 2002).

7. Para mais detalhes, ver Brasil (2004).

O índice de qualificação do corpo docente é realizado por meio de uma fórmula matemática que busca determinar a contribuição dos quadros dos docentes permanentes e temporários de uma instituição de ensino superior (ver nota de rodapé 2).

A variável *carry-over* escolhida para fazer a vinculação entre os períodos é o total de alunos equivalentes (TAE).⁸ A escolha dessa variável deve-se ao fato de ela fazer parte do modelo de alocação de recursos da SESu/MEC para as Ifes, correspondendo como uma variável de *link* que carrega a alocação de recursos para as universidades de um período para o outro.

Definidas as DMUs e apontado o modelo, determina-se agora o período de análise da mensuração de eficiência. O critério para a determinação do período foi fundamentado pela disponibilidade de dados dos indicadores utilizados na pesquisa. Assim, o período analisado foi 2004-2008.

4.3 Dados e programa utilizado

As variáveis de insumo e de produto utilizadas neste trabalho foram obtidas junto ao MEC, pelo *site* <<http://www.mec.gov.br>>, e diretamente na SESu deste órgão, assim como junto ao Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep), pelo *site* <<http://www.inep.gov.br>>.

As tabelas 1 e 2 apresentam as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas como insumos e produtos para os dois grupos de universidades, para os anos de 2004 a 2008. Foram usadas todas as variáveis de insumo e de produto para todos os cinco anos, e mais a variável de ligação no modelo dinâmico e as mesmas variáveis de insumo e de produto, para os anos de 2004 e 2008, para o cálculo do índice de Malmquist. Observa-se que as universidades do grupo A têm um número médio total de alunos equivalentes (TAE) que vai de pouco mais de 23 mil, no início do período, até perto de 27 mil, em 2008; nas universidades do grupo B, essa média vai de pouco mais de 7 mil a quase 9 mil. A média dos conceitos Capes no grupo A é de aproximadamente 4, enquanto no grupo B ela fica sempre mais próxima de 3.

As estimações foram realizadas por meio do *software* DEA Solver Professional version 7.0. Seguindo o discutido, foram realizadas as seguintes estimações: modelo DEA dinâmico com folgas, com orientação a produto, especificado no programa como DynamicSBM(Oriented), opção DynamicSBM-O-V para os dois grupos de universidades federais – grupo A, consideradas as grandes, e grupo B, consideradas as pequenas e um modelo semelhante para todas as universidades, sem divisão em grupos. Para o cálculo do índice de Malmquist, no período 2004-2008, foi feito o DEA painel, por meio da opção Malmquist-SBM-O-V.

8. Segundo o MEC, o indicador aluno equivalente determina o total de alunos matriculados em determinada Ifes a partir de uma fórmula matemática que equipara os alunos de cursos diferenciados. Assim, pode-se comparar o total dos alunos de todos os cursos e de todas as Ifes em estudo.

TABELA 1
Estatísticas descritivas para o grupo A de universidades

	2004			2005			2006			2007			2008							
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão				
Insumos																				
ATI/DE	12,9	17,7	7,9	2,2	12,9	18,2	8,4	2,3	12,5	17,2	8,7	2,1	12,9	17,5	9,4	2,1	12,9	18,7	7,7	2,3
ATI/FE	6,0	11,1	1,9	2,0	5,8	10,8	1,9	2,0	5,9	9,1	2,0	1,7	6,1	9,3	2,3	1,6	6,1	9,2	2,6	1,5
IQCD	3,6	4,7	2,9	0,5	3,7	4,7	3,0	0,5	3,8	4,8	3,0	0,5	3,9	4,8	2,9	0,5	3,9	4,8	2,9	0,5
CCI/AE	9.139	30.597	5.864	4.571	9.363	29.565	5.053	4.475	11.073	34.760	5.624	4.991	12.420	37.570	8.045	5.424	13.405	38.600	8.887	5.399
Produtos																				
CCAPES	4,1	5,1	3,1	0,6	4,0	5,0	3,2	0,5	4,0	4,8	3,0	0,5	4,1	5,0	3,3	0,6	4,0	5,0	3,1	0,5
TSG	0,7	1,0	0,2	0,2	0,7	1,1	0,2	0,2	0,7	1,0	0,5	0,1	0,7	1,1	0,2	0,2	0,7	0,9	0,4	0,1
Variável de ligação																				
TAE	23.552	48.960	5.820	11.964	23.435	51.688	5.141	11.941	24.742	53.651	4.696	12.902	25.478	54.754	5.321	12.740	26.658	57.321	5.954	13.817

Elaboração dos autores.

TABELA 2
Estatísticas descritivas para o grupo B de universidades

	2004			2005			2006			2007			2008							
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão	Média	Máximo	Mínimo	Desvio padrão				
Insumos																				
ATI/DE	11,4	24,5	4,3	4,1	11,7	16,9	5,9	2,8	11,6	18,0	7,6	2,9	11,5	16,6	6,3	2,8	11,9	17,6	7,1	2,7
ATI/FE	7,3	20,1	0,9	3,9	7,7	15,2	0,8	3,5	8,5	24,8	0,9	5,3	7,6	13,9	1,1	3,3	7,3	13,4	1,6	3,0
IQCD	3,3	4,2	2,2	0,6	3,4	4,3	2,4	0,5	3,6	4,4	2,7	0,5	3,7	4,6	2,7	0,5	3,7	4,5	2,9	0,5
CCI/AE	7.644	13.350	3.894	2.185	7.825	21.294	3.835	3.671	9.570	26.144	1.915	4.819	11.027	28.932	5.244	5.118	11.002	26.639	1.622	4.871
Produtos																				
CCAPES	3,0	4,5	0,0	1,3	3,1	4,5	0,0	1,1	3,2	4,5	0,9	0,8	3,3	4,7	0,9	0,7	3,4	5,0	0,9	0,8
TSG	0,7	1,1	0,4	0,2	0,7	1,0	0,4	0,2	0,7	1,3	0,4	0,2	0,7	1,0	0,3	0,2	0,6	1,0	0,4	0,2
Variável de ligação																				
TAE	7.176	19.578	1.331	5.856	7.238	18.831	1.774	5.352	7.847	18.550	2.709	5.238	7.981	17.799	2.471	5.303	8.846	21.305	2.708	5.837

Elaboração dos autores.

5 RESULTADOS

A tabela 3 mostra os resultados do DEA dinâmico, obtidos das estimações das fronteiras de produção do Sistema Educacional Superior Público Federal para as universidades federais do grupo A.

TABELA 3
Escores de eficiência do DEA dinâmico das universidades do grupo A

2004=>2008							
<i>Ranking</i>	lfes	Escore total	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
1	Ufam	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFBA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFCG	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	Ufla	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFMG	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFMT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFPA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFPB	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFPEL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFRGS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFRJ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFRPE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFSCar	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFSM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFU	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFV	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	Unifesp	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
19	UFRN	0,92	0,93	0,94	0,99	0,87	0,89
20	UFPE	0,91	0,84	0,90	0,86	1,00	1,00
21	UFC	0,88	0,82	0,81	1,00	0,91	0,91
22	Ufes	0,88	0,91	0,88	0,94	0,85	0,84
23	Furg	0,87	0,89	0,90	0,90	0,83	0,84
24	UFSC	0,86	0,87	0,83	0,83	0,89	0,90
25	Ufal	0,86	1,00	1,00	0,94	0,67	0,81
26	UFPR	0,85	0,84	1,00	0,83	0,78	0,83
27	UFG	0,85	0,79	0,79	0,90	0,87	0,91
28	UnB	0,84	0,87	0,82	0,82	0,84	0,84

Elaboração dos autores.

Na análise das fronteiras em cada período, durante toda a trajetória intertemporal, tem-se que aproximadamente 64% das universidades localizaram-se na fronteira de eficiência, 22% abaixo dela e 14% ora na fronteira, ora abaixo dela. Considerando a eficiência do período inteiro (*overall score*) de 2004 a 2008, aproximadamente 64% das Ifes fizeram parte do conjunto de universidades eficientes. Assim, nota-se que os resultados da eficiência global (*overall score*) foram semelhantes aos escores obtidos em cada ano do modelo dinâmico. Além disso, nesse grupo A, as dez instituições apontadas a seguir não fizeram parte da fronteira dinâmica, compondo o conjunto ineficiente: Furg, Ufal, UFC, Ufes, UFG, UFPE, UFPR, UFRN, UFSC, e UnB. Esta última obteve o maior grau de ineficiência durante a trajetória intertemporal, com um *overall score* igual a 0,84.

A vantagem de se obter uma fronteira intertemporal é que a variável de ligação (*carry over*), que é um produto intermediário, transmite informações de um período para o outro, fazendo com que as eficiências sejam melhores calculadas, gerando uma fronteira de eficiência mais robusta.

Outro fato a ser destacado é que a fronteira de eficiência dinâmica e as eficiências globais de cada instituição situam-se acima do escore de eficiência em 0,80, denotando que, para as Ifes do grupo A, tem-se uma fronteira relativamente alta e universidades combinando os insumos para obter os produtos de ensino e de pesquisa de forma semelhante.

Para complementar a análise dinâmica e observar as mudanças de produtividade ao longo do período, apresentam-se, na tabela 4, o índice de Malmquist e sua decomposição, calculado a partir das eficiências dos anos de 2004 e 2008 para as universidades do grupo A. Para esse painel, a Ufam, a UFMT e a UFRPE mantiveram sua produtividade constante, com um índice igual à unidade. Por outro lado, a UFF, a UFMG, a UFPE e a UFPEL conseguiram aumentar sua produtividade durante o período, tendo a UFPE alcançado o melhor índice, de 1,07. Com relação às universidades que diminuíram de produtividade, em um total de vinte, a Ufal obteve o pior resultado, com um índice de 0,74.

TABELA 4
Resultados do índice de Malmquist e sua decomposição

Ifes	Índice de mudança pura de eficiência	Índice de mudança tecnológica	Índice de Malmquist
Furg	0,92	0,91	0,84
Ufal	0,77	0,97	0,74
Ufam	1,00	1,00	1,00
UFBA	1,00	0,95	0,95
UFC	1,09	0,87	0,95
UFCG	1,00	0,87	0,87

(Continua)

(Continuação)

Ifes	Índice de mudança pura de eficiência	Índice de mudança tecnológica	Índice de Malmquist
Ufes	0,91	0,91	0,83
UFF	1,09	0,94	1,02
UFG	1,15	0,86	0,99
Ufla	0,87	0,98	0,85
UFMG	1,04	0,98	1,02
UFMT	1,00	1,00	1,00
UFPA	1,00	1,02	1,02
UFPB	1,00	0,82	0,82
UFPE	1,26	0,85	1,07
UFPEL	1,17	0,90	1,05
UFPR	0,98	0,87	0,85
UFRGS	1,06	0,89	0,95
UFRJ	0,98	0,99	0,97
UFRN	0,95	0,94	0,89
UFRPE	1,00	1,00	1,00
UFSC	1,01	0,91	0,92
UFSCAR	0,97	1,00	0,97
UFSM	1,00	0,95	0,95
UFU	0,96	0,98	0,94
UFV	1,04	0,94	0,98
UnB	0,98	0,94	0,92
Unifesp	1,00	0,98	0,98

Elaboração dos autores.

Os resultados mostram que a Ufam, a UFMT e a UFRPE mantiveram suas produtividades constantes, com um índice igual à unidade. Por outro lado, a UFF, a UFMG, a UFPE e a UFPEL conseguiram aumentar suas produtividades durante o painel, tendo a UFPE alcançado o melhor índice, de 1,07. Com relação às Ifes que diminuíram de produtividade, em um total de vinte, a Ufal obteve o pior resultado, com um índice de 0,74.

A decomposição do índice de Malmquist mostra que a perda de produtividade para as universidades do grupo A se deve basicamente pelo efeito da mudança na escala de eficiência, denominado de “efeito deslocamento da fronteira”. Como se pode verificar, aproximadamente 82% das universidades obtiveram o índice de mudança de escala de eficiência menor que 1. Como consequência, durante o período considerado, houve um deslocamento da fronteira de produção para um nível mais baixo. Uma hipótese para tal resultado foi a expansão do sistema no período, com a elevação dos gastos e uma maior entrada de alunos. Provavelmente,

essas mudanças ainda não se refletiram nos produtos considerados no modelo: o número de concluintes e os conceitos dos programas de pós-graduação.

A tabela 5 traz os resultados do DEA dinâmico para as universidades do grupo B, instituições mais focadas em ensino e com a atividade de pesquisa ainda não consolidada. Novamente na estimação do DEA dinâmico foi introduzida uma variável *carry-over* discricionário para fazer o *link* entre os períodos de tempo. Pela trajetória intertemporal da fronteira de eficiência, verifica-se que aproximadamente 76% das Ifes localizaram-se na fronteira de eficiência durante toda a trajetória. Analisando os resultados da eficiência global (*overall score*), cinco instituições não fizeram parte da fronteira dinâmica: a UFMA, a Ufop, a Unifei, a UFSJ e a Unir, tendo a Unir alcançado o maior grau de ineficiência intertemporal, com um *overall score* igual a 0,80.

TABELA 5
Escores de eficiência do DEA dinâmico das universidades do grupo B

2004=>2008							
Ranking	IFES	Score Total	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
1	Ufac	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFCSA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	Ufersa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFJF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFMS	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFPI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	Ufra	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFRR	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFRRJ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFSE	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFT	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFTM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UFVJM	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	UnifaL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	Unifap	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	Unirio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17	UFMA	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97
18	Ufop	0,95	0,93	0,93	0,93	0,95	1,00
19	Unifei	0,90	1,00	1,00	1,00	0,77	0,80
20	UFSJ	0,84	0,63	0,93	0,85	0,92	1,00
21	Unir	0,80	0,78	0,75	0,76	1,00	0,78

Elaboração dos autores.

Os resultados para o índice de Malmquist para o grupo B de universidades (com os dados de 2004 e 2008), apresentados na tabela 6, mostram que três delas – Ufersa, UFSE e Unirio – mantiveram produtividade constante, com um índice igual à unidade. Apenas as universidades UFCSPA, UFMS, Ufra, UFRRJ e UFSJ conseguiram aumentar suas produtividades durante o painel, tendo a UFSJ se destacado com o melhor índice, de 1,54. O total de instituições com redução de produtividade no período foi elevado. A Unifap obteve o pior resultado, com um índice de 0,59.

TABELA 6
Resultados do índice de Malmquist e sua decomposição

Ifes	Índice de mudança pura de eficiência	Índice de mudança tecnológica	Índice de Malmquist
Ufac	1,20	0,77	0,93
UFCSPA	0,93	1,12	1,04
Ufersa	0,84	0,93	0,78
UFJF	0,86	1,00	0,86
UFMA	0,95	0,88	0,83
UFMS	2,63	0,54	1,43
Ufop	1,12	0,65	0,73
UFPI	1,35	0,64	0,86
Ufra	1,16	0,95	1,11
UFRR	1,00	0,88	0,88
UFRRJ	0,77	0,93	0,72
UFSE	1,22	0,86	1,05
UFSJ	1,61	0,96	1,54
UFT	1,00	0,88	0,88
UFTM	1,00	0,88	0,88
UFVJM	1,00	0,91	0,91
Unifal	1,00	0,95	0,95
Unifap	1,00	0,59	0,59
Unifei	0,97	0,99	0,96
Unir	1,03	0,81	0,84
Unirio	0,94	0,83	0,78

Elaboração dos autores.

Para esse grupo de instituições, a UFCSPA, a UFSE, a Unifal e a Unifei permaneceram com produtividade próxima de 1,00. Entre as instituições que aumentaram a produtividade, destaca-se a UFMS e a UFSJ, esta última como a Ifes de melhor desempenho, cujo índice foi igual a 1,54. Das instituições que apresentaram queda de produtividade no painel, o pior desempenho foi da Unifap, com um índice de 0,59.

A decomposição do índice de Malmquist mostra que, como ocorrido no grupo A, a perda de produtividade para as universidades do grupo B deve-se basicamente ao efeito de emparelhamento, isto é, a uma aproximação das de pior desempenho com as mais eficientes. Como se pode verificar, a maioria das universidades obteve o índice de mudança tecnológica menor que 1. Como consequência, durante o período 2004- 2008, houve um deslocamento da fronteira de produção para um nível mais baixo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou analisar a eficiência das universidades federais brasileiras, ou Ifes, por meio de uma metodologia não paramétrica, a DEA. Para tanto, foram considerados insumos e produtos que compõem a função de produção educacional, seguindo a literatura internacional e a nacional, a partir de variáveis financeiras e físicas que representam os recursos utilizados por universidades para gerar produtos de ensino e de pesquisa.

Foi usado um modelo DEA dinâmico que permite a definição de uma fronteira de eficiência ao longo do tempo e a análise da evolução da eficiência das universidades nos anos considerados – de 2004 a 2008. Além disso, foi calculado o índice de Malmquist, a partir das eficiências relativas das universidades nos anos de 2004 e 2008, o qual permite observar a mudança de produtividade entre os dois anos e sua decomposição em efeito tecnológico e emparelhamento. As estimações foram feitas para 49 universidades, divididas em dois grupos: grupo A, com 28 delas consideradas maiores e que têm atividades de ensino e de pesquisa consolidadas; e grupo B, com 21 universidades mais voltadas para o ensino. Desta forma, para cada um dos grupos foi estimado um modelo dinâmico de eficiência, para o período 2004-2008, e calculado o índice de Malmquist a partir das eficiências dos anos de 2004 e 2008.

Os resultados das estimações das eficiências dinâmicas, para os dois grupos, indicaram que a maior parte das universidades estava na fronteira eficiente, com escores globais de eficiência elevados, indicando que dentro de cada grupo não há muitas diferenças no uso dos insumos considerados (custo corrente por aluno equivalente; número de alunos em tempo integral por docente equivalente e por funcionários equivalentes; e um índice de qualificação do corpo docente) para gerar os produtos indicadores de ensino e de pesquisa (a razão entre alunos formados por alunos matriculados e a média dos conceitos Capes dos cursos de pós-graduação).

Os índices de produtividade (de Malmquist) indicaram que houve perda de produtividade para a maioria das universidades entre os anos de 2004 e 2008. A decomposição desse índice aponta que a fronteira foi deslocada para um nível mais baixo de eficiência, apesar de não haver muitas diferenças de eficiência dentro dos grupos, como mostraram os resultados do modelo dinâmico.

Tal situação demonstra que a eficiência das universidades vem se deteriorando ao longo tempo. No período, os recursos financeiros destinados a essas universidades foram reduzidos e isso pode estar comprometendo o desempenho destas na formação do produto educacional (ensino e pesquisa). Ainda assim, é possível verificar que algumas universidades que obtiveram um elevado montante de recursos não estiveram entre as mais eficientes, mostrando-se que há margem para melhor alocação de recursos e ganhos de eficiência em relação a seus pares.

Por fim, sugere-se que os resultados podem ser considerados pelo MEC, e pelas próprias instituições, para a busca pelo aumento de eficiência no sistema federal de educação superior brasileiro, na medida em que as eficiências são relativas e podem-se identificar os pares que estão usando melhor os recursos para obter produtos de ensino e de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, M.; DOUCOULIAGOS, C. The efficiency of Australian universities: a data envelopment analysis. **Economics of Education Review**, v. 22, p. 89-97, 2003.
- AFONSO, A.; SANTOS, M. **Students and teachers: a DEA approach to the relative efficiency of Portuguese public universities**. Lisbon: Technical University of Lisbon, 2004. (Working Papers, n. 2005/07). Disponível em: <<http://goo.gl/Dnxefm>>.
- AHN, T.; CHARNES, A.; COOPER, W. Some statistical and DEA evaluations of relative efficiencies of public and private institutions of higher learning. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 22, n. 6, p. 259-269, 1988.
- ATHANASSOPOULOS, A. D.; SHALE, E. Assessing the comparative efficiency of higher education institutions in the UK by means of data envelopment analysis. **Education Economics**, v. 5, n. 2, p. 117-134, 1997.
- BELLONI, J. A. **Uma metodologia de avaliação da eficiência produtiva de universidades federais brasileiras**. 2000. Tese (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2000.
- BLOOM, B. S. *et al.* **Taxonomy of education objectives**. New York: David McKay Company, 1975. Handbook I.
- BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.
- _____. Tribunal de Contas da União. Decisão TCU nº 408/2002. Brasília: TCU, 2002. Disponível em: <<http://www.tcu.gov.br>>. Acesso em: 4 jan. 2013.
- _____. _____. **Cálculo dos indicadores de gestão – TCU**. Brasília: TCU, 2004. Disponível em: <<http://www.tcu.gov.br>>. Acesso em: 4 jan. 2013.

- BREU, T. M.; RAAB, R. L. Efficiency and perceived quality of the nation's "top 25" national universities and national liberal arts colleges: an application of data envelopment analysis to higher education. **Socio-Economic Planning Science**, v. 28, p. 33-45, 1994.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of DMUs. **European Journal of Operational Research**, v. 2, p. 429-444, 1978.
- COHN, E.; GESKE, T. **The economics of education**. 3rd ed. New York: Pergamon Press, 1990.
- CONH, E.; MILLAN, S. D. **Input-output analysis in public education**. Cambridge: Ballinger Publishing Company, 1975.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software**. 2nd ed. New York: Springer, 2007.
- DANTZING, G. B. Maximization of a linear function of variables subject to linear inequalities. *In*: KOOPMANS, T. C. (Ed.). **Activity analysis of production and allocation**. New York: Wiley, 1951.
- DE LA ORDEM, A. Hacia una conceptualización del producto educativo. **Revista de Investigación Educativa**, v. 3, n. 6, p. 271-283, 1985.
- FAÇANHA, L. O; MARINHO, A. **Instituições de ensino superior governamentais e particulares: avaliação comparativa de eficiência**. Brasília: Ipea, 2001. (Texto para Discussão, n. 813). Disponível em: <<http://goo.gl/jdfSIO>>.
- FARE, R. *et al.* Productivity growth, technical progress and efficiency change in industrialized countries. **The American Economic Review**, v. 84, n.1, p. 66-83, 1994.
- FARE, R.; GROSSKOPF, S. **Intertemporal production frontiers: with dynamic DEA**. Norwell: Kluwer, 1996.
- FARRELL, M. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, part. 3, series A, p. 253-290, 1957. Disponível em: <<http://goo.gl/YyUT5V>>.
- FLEGG, A. T. *et al.* **Measuring the efficiency and productivity of British universities: an application of DEA and the Malmquist approach**. England: University of the West of England, 2003. (Series Discussion Papers, n. 304).
- FORSUND, F. R.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. **Journal of Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 5-25, 1980.

GEVA MAY, I. Higher education and attainment of policy goals: interpretations for efficiency indicators in Israel. **Higher Education**, v. 42, n. 3, p. 265-305, 2001.

HANUSHEK, E. A. The economic of schooling: production and efficiency in public schools. **Journal of Economic Literature**, v. 24, n. 3, p. 1141-1177, 1986.

HERNANDÉZ, M. M. **Crterios de eficiencia en las facultades de economía y empresa, y empleabilidad de sus titulados: un análisis aplicado a Espana (1995-2002)**. Madrid: Universidade Clomputense de Madrid, 2004. (Proyecto EA2003-038).

JONGBLOED, B. W. A. *et al.* **Kosten en Doelmatigheid van het Hoger Onderwijs in Nederland, Duitsland en Groot-Brittannië**. Den Haag: SDU, 1994. (Beleidsgerichte Studies Hoger Onderwijs en Wetenschappelijk Onderzoek, n. 35).

JOUMADY, O.; RIS, C. Performance in European Higher education: a non-parametric production frontier approach. **Journal of Education Economics**, 2nd ed, p. 189-205, 2005.

KLOPP, G. **The analysis of the efficiency of production system with multiple inputs and outputs**. Chicago: University of Illinois at Chicago; Industrial and Systems Engineering College, 1985.

KOOPMANS, T. C. An analysis of production as an efficient combination of activities. *In*: KOOPMANS, T. C. (Ed.). **Activity analysis of production and allocation**. New York: John Wiley and Sons, 1951.

MALMQUIST, S. Index numbers and indifference surfaces. **Trabajos de Estadística**, n. 4, p. 209-42, 1953.

MANCEBÓN, M. J.; MUÑIZ, M. A. Aspectos clave de la evaluación de la eficiencia productiva en la educación secundaria. **Papeles de la Economía Espanola**, n. 95, p. 162-187, 2003.

MARINHO, A.; RESENDE, M.; FAÇANHA, L. O. Brazilian federal universities: relative efficiency evaluation and data envelopment analysis. **Revista Brasileira de Economia**, v. 51, n. 4, p. 489-508, 1997.

Mc MILLAN, M.; DATTA, D. The relative efficiencies of Canadian universities: a DEA perspective. **Canadian Public Policy**, v. 24, n. 4, p. 485-511, 1988.

OLIVEIRA, C. E. M.; TURRIONI, J. B. Avaliação de desempenho de instituições federais de ensino superior através da Análise por Envoltória de Dados (DEA). *In*: ENEGEP, 26., 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Enegep, out. 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/eNxbAi>>.

SENGUPTA, J. K. Persistence of dynamic efficiency in Farrell models. **Applied Economics**, v. 29, p. 665-671, 1997.

_____. A dynamic efficiency model using data envelopment analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 62, p. 209-218, 1999.

SOUZA, H. R.; RAMOS, F. S.; SANTOS, J. Performance evaluation in the public sector: an application of efficiency measures at Brazilian Federal Universities. *In: TENTH WORLD PRODUCTIVITY CONGRESS, 1997, Santiago. Anais...* Santiago, 1997.

TONE, K.; TSUTSUI, M. Dynamic DEA: a slacks-based measure approach. **Omega**, v. 38, n. 3, p. 145-156, 2010.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CHARNES, A.; COOPER, W. W. Measuring the efficiency and productivity of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 3, p. 339-338, 1979.

CORBUCCI, P. R. **As universidades federais: gasto, desempenho, eficiência e produtividade**. Brasília: Ipea, 2000. (Texto para Discussão, n. 752). Disponível em: <<http://goo.gl/sWAOnk>>.

GOTO, M.; NENOMOTO, J. Dynamic data envelopment analysis: modeling intertemporal behavior of a firm in the presence of productive inefficiencies. **Economics Letters**, v. 64, n. 51-56, 1999.

_____. Measurement of dynamic efficiency in production: an application of data envelopment analysis to Japanese electric utilities. **Journal of Productivity Analysis**, v. 19, n. 2-3, p. 191-210, 2003.

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS. **Censo da Educação Superior: 2004**. Brasília: Inep, 2009. Disponível em: <<http://www.inep.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

JOHNES, G.; JOHNES, J. **International handbook on the economics of education**. Cheltenham; Northampton: Edward Elgar Publishing Ltd., 2004. c. 16, p. 613-627.

PIRES, J. S. D. B. **Proposta de modelo de orçamento baseado em desempenho acadêmico para as universidades públicas do estado do Paraná**. 2001. Tese (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://goo.gl/EMaB9U>>.

RHODES, E. L.; SOUTHWICK, L. **Determinants of efficiency in public and private universities**. Blomington: Indiana University, 1986.

SARRICO, C. S. Data envelopment analysis and university selection. **Journal of the Operational Research Society**, v. 48, p. 1163-1177, 1997.

SHEPHARD, R. **Cost and production functions**. New Jersey: Princeton University Press, 1953.

SCHWARTZMAN, J. **As teorias da universidade brasileira**. Rio de Janeiro, 1984. Disponível em: <<http://www.schwartzman.org.br/simon/teorias.htm>>. Acesso em: 11 out. 2008.

_____. Um sistema de indicadores para as universidades brasileiras. *In*: SGUISSARDI, V. (Org.). **Avaliação universitária em questão**. Campinas: Autores Associados, 1997.

WONG, Y.; BEASLEY, J. Restricting weight flexibility in DEA. **Journal of Operational Research Society**, n. 41, v. 9, p. 829-835, 1990.