

ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS: APLICAÇÃO DO MODELO CCR E DO MODELO BCC PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS DE UMA IFES

*DATA ENVELOPMENT ANALYSIS: APPLICATION OF THE CCR MODEL AND THE BCC
MODEL FOR EVALUATING THE PERFORMANCE OF UNIVERSITY LIBRARIES OF A FEDERAL
INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION*

DOI: <http://dx.doi.org/10.13059/racef.v6i2.332>

Marcella Bernardo^a e Lásara Fabrícia Rodrigues^b

^a **Marcella Bernardo**

Instituto de Engenharia de Produção e Gestão Universidade Federal de Itajubá
Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção IEPG
marcellabernardo.eng@gmail.com

^b **Lásara Fabrícia Rodrigues**

Professora Doutora do Departamento de Engenharia de Produção -
Universidade Federal de Ouro Preto
lasara@em.ufop.br

Palavras-chave:

Análise envoltória de dados, bibliotecas, sistema integrados de bibliotecas.

Resumo

O crescimento das universidades e consequente desenvolvimento das bibliotecas universitárias torna necessária uma monitoração do desempenho, permitindo aos gestores acompanhar e intervir na gestão das bibliotecas universitárias para garantir a qualidade dos serviços oferecidos pelas mesmas. A técnica Análise Envoltória de Dados satisfaz essa necessidade. Essa técnica possui dois modelos clássicos para o cálculo da eficiência, o modelo CCR e o modelo BCC. Quando aplicados em conjunto, é possível identificar as fontes de ineficiência da unidade em análise. Assim, o objetivo deste artigo é comparar os resultados obtidos por meio da aplicação dos dois modelos clássicos, ambos orientados aos *outputs* para avaliação do desempenho das bibliotecas componentes de um Sistema Integrado de Bibliotecas de uma Instituição Federal de Ensino Superior, identificando as possíveis fontes de ineficiência. Os resultados obtidos são de grande valia para o órgão gestor das bibliotecas, pois a identificação das fontes de ineficiência de cada biblioteca facilita o planejamento de ações corretivas.

Keywords:

Data envelopment analysis, libraries, integrated library system.

Abstract

The growth process of the universities and the consequent development of university libraries make necessary the existence of a performance monitoring system, enabling managers to monitor and intervene in the management of university libraries to ensure the quality of services offered by them. Data envelopment analysis satisfies this need. This technique has two classical models for calculating the efficiency, the CCR model and the BCC model. When they are applied together, it is possible to identify the sources of inefficiency of each unit under analysis. Thus, the objective of this paper is to compare the results obtained through the application of two classic models both oriented to outputs to evaluate the performance of libraries of an Integrated Library System of a Federal Institution of Higher Education, identifying the possible sources of inefficiency. The results are of great value to the managing agency of libraries, since the identification of sources of inefficiency of each library facilitates the planning of corrective actions.

1 INTRODUÇÃO

As pressões econômicas impostas sobre instituições de ensino superior vêm levando o desenvolvimento de metodologias para avaliação do desempenho das mesmas. Isso ocorre porque essas organizações muitas vezes não podem ser avaliadas pelos fatores típicos de mercado, ou ainda, conforme argumenta Braz (2005) existe uma dificuldade de mensuração do desempenho das instituições de ensino, pois o resultado final não é o lucro monetário, mas a formação de profissionais capazes de atuar de maneira competitiva no mercado de trabalho.

Dentro das instituições de ensino superior, há órgãos que são de extrema importância para a sobrevivência das mesmas. Entre eles se destacam as bibliotecas universitárias, que se integram com as universidades numa relação de interdependência

e troca mútua. Assim, o desempenho da biblioteca universitária influencia na qualidade dos cursos oferecidos de sua instituição de ensino, já que direciona, principalmente, a sua coleção aos conteúdos programáticos ou a projetos acadêmicos dos cursos ministrados pela universidade a qual se encontra inserida. Logo, é necessário que as suas eficiências sejam avaliadas constantemente.

Dentre os métodos de avaliação de desempenho, surge a Análise Envoltória de Dados (DEA). A DEA é utilizada para avaliar a eficiência de unidades produtivas, chamadas de DMUs. As DMUs são unidades produtivas homogêneas que utilizam um mesmo conjunto de *inputs* para produzir um mesmo conjunto de *outputs*, através de processos tecnológicos semelhantes. Essa técnica de avaliação da eficiência pode ser aplicada em qualquer tipo de organização, já que é capaz de utilizar

simultaneamente múltiplos insumos e múltiplos produtos, cada um deles em diferentes unidades de medida. Chen (1997) defende que a técnica DEA é um modelo matemático passível de aplicação em instituições como as bibliotecas universitárias.

A DEA permite identificar a fronteira de produção empírica, distinguir as unidades produtivas que possuem as melhores práticas, prover um conjunto de referência (*benchmarks*) para as unidades ineficientes, fornecer escores de (in)eficiência e sugerir metas múltiplas para o alcance da eficiência.

Os modelos mais utilizados pela técnica DEA, chamados de modelos clássicos, são o modelo CCR (CHARNES et al., 1978) e o modelo BCC (BANKER et al., 1984). O modelo CCR e o modelo BCC possuem duas maneiras de serem formulados, uma colocando ênfase na redução dos *inputs* e a outra colando ênfase no acréscimo dos *outputs*, ou seja, ambos os modelos podem ter orientação aos *inputs* ou aos *outputs*, dependendo dos objetivos da gestão. Além disso, aplicando esses dois modelos em conjunto é possível identificar quais as fontes de ineficiências das organizações que estão sendo avaliadas.

Assim, este trabalho tem como objetivo comparar os diferentes resultados obtidos através da aplicação dos dois modelos clássicos (CCR e BCC) nas bibliotecas componentes de um Sistema Integrado de Bibliotecas (SISBI) de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES), com o intuito de se identificar as diferentes fontes de ineficiência. Ele está organizado em sete seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção aparecem os elementos que formam o referencial teórico, seguidas dos procedimentos utilizados na aplicação da técnica, expostos na terceira seção. Os resultados e as conclusões são apresentados na quarta e quinta seção, respectivamente. Por fim, são apresentadas as referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção é apresentado o referencial teórico utilizado para o desenvolvimento do trabalho, onde são apresentados os temas: Análise Envoltória de Dados (DEA), Bibliotecas Universitárias e Aplicação da DEA em bibliotecas.

2.1 Análise Envoltória de Dados

A Análise Envoltória de Dados, do inglês *Data Envelopment Analysis* (DEA), foi apresentada primeiramente em 1978 por Charnes, Cooper e Rhodes. De acordo com Souza (2001), a DEA é uma técnica usada para estimar as eficiências dos planos de operação executados por unidades produtivas homogêneas, que usam um mesmo conjunto de recursos para produzir um mesmo conjunto de resultados. Essas unidades produtivas são denominadas DMUs. Segundo Gomes et al. (2010), em DEA é calculada a eficiência para cada uma dessas DMUs, podendo classificá-las em eficientes ou ineficientes. A eficiência calculada pode ser uma das três eficiências que Belloni (2000) descreve: eficiência produtiva, que se refere à habilidade de evitar desperdícios produzindo tantos resultados quanto os recursos utilizados permitem e é formada pela eficiência de escala e pela eficiência técnica; eficiência de escala, associada às variações de produtividade decorrentes de mudanças na escala de operação e eficiência técnica, que ocorre quando são isolados os efeitos da eficiência de escala e está associada à habilidade gerencial dos administradores.

A DEA permite identificar a fronteira de produção que envolve as unidades produtivas amostradas. As DMUs sobre a fronteira apresentam as melhores práticas e são consideradas eficientes, enquanto aquelas abaixo da fronteira são ineficientes (SHARMA et al., 1999).

Os modelos mais utilizados em DEA, conhecidos como modelos clássicos, são o CCR e o BCC. O modelo CCR trabalha com retornos constantes de escala, onde os aumentos da produção são proporcionais aos aumentos dos insumos. Ele é utilizado para calcular a eficiência produtiva (AMBROZINI et al., 2003). Já o modelo BCC considera retornos de escala variáveis. O modelo BCC é utilizado para calcular a eficiência técnica. Logo, para analisar a eficiência de escala, torna-se necessário estimar a eficiência das DMUs, utilizando tanto o modelo CCR como o BCC (KAO, 2014).

Existem duas possibilidades de formular o modelo CCR (GOLANY; ROLL, 1989) e o modelo BCC, uma colocando ênfase na redução dos *inputs* e a outra colando ênfase no acréscimo dos *outputs*. Essas formulações dão origem a dois tipos de orientação. A escolha entre as duas formulações é

baseada em circunstâncias vigentes (GOLANY; ROLL, 1989). A modelagem do CCR e do BCC pode ser Primal ou Dual. A modelagem Primal do CCR chama-se Modelo dos Multiplicadores e a Dual, Modelo do Envelope, enquanto que para o BCC é ao contrário.

Os modelos matemáticos para as modelagens Primal e Dual orientadas aos *outputs* dos modelos CCR e BCC são apresentadas nos Modelo 01, 02, 03 e 04, respectivamente.

Modelo 01

$$\min h_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0}$$

Sujeito a

$$\sum_{r=1}^s u_j y_{jr} = 1$$

$$\sum_{j=1}^n u_j y_{jr} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ir} \leq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

$$u_j, v_i \geq 0 \quad j = 1, \dots, n \quad i = 1, \dots, m$$

Modelo 03

$$\max h_0$$

Sujeito a

$$x_{i0} - \sum_{r=1}^s x_{ir} \lambda_r \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$-h_0 y_{j0} + \sum_{r=1}^s y_{jr} \lambda_r \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{r=1}^s \lambda_r = 1$$

$$\lambda_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

Modelo 02

$$\max h_0$$

Sujeito a

$$x_{i0} - \sum_{r=1}^s x_{ir} \lambda_r \geq 0 \quad i = 1, \dots, m$$

$$-h_0 y_{j0} + \sum_{r=1}^s y_{jr} \lambda_r \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$\lambda_r \geq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

Modelo 04

$$\min h_0 = \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} + v_*$$

Sujeito a

$$\sum_{r=1}^s u_j y_{jr} = 1$$

$$\sum_{j=1}^n u_j y_{jr} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ir} - v_* \leq 0 \quad r = 1, \dots, s$$

$$u_j, v_i \geq 0$$

$$v_* \in \Re$$

Em todos os casos, x_{ir} , y_{jr} , todos positivos, são os *input* i e *output* j da DMU r , s é o número de DMUs em análise, v_i e u_j são os respectivos pesos e h_0 , que é a função objetivo, representa a eficiência.

Nos Modelos 01 e 04, chamados Modelo dos Multiplicadores, a primeira e a segunda restrição, deve-se ao fato da linearização da modelagem fracionária. Esses dois modelos permitem que cada DMU escolha os pesos para cada variável (entrada

ou saída) de forma que lhe for mais benevolente, maximizando o valor de sua eficiência, desde que esses pesos quando aplicados às outras DMUs não gerem uma razão superior a um (MELLO et al., 2005). Como consequência, o modelo deve atribuir ponderações maiores para variáveis de maior importância ou ignorar variáveis, atribuindo-lhes pesos nulos. No Modelo 04, a variável v_* é interpretada como o fator de escala, existindo três

tipos de retornos de escala: retorno crescente, retorno decrescente e retorno constante.

Nos Modelos 02 e 03, chamados de Modelo do Envelope, a função objetivo é igual ao inverso da eficiência, isto é, $h_o = 1/Eff_o$, que neste caso é o valor que deve ser multiplicado pelos *outputs* de maneira que coloque a DMU em análise na fronteira de eficiência. Por isso, este valor deve ser maximizado. Os λ_r 's representam os alvos que permitem uma análise dos possíveis *benchmarks* para cada DMU, ou seja, do grupo de referência. Mello et al. (2005) afirmam que um λ igual à zero significa que a DMU correspondente não é *benchmark* para a DMU em análise, assim quanto maior for o λ , maior a importância da DMU correspondente como referência para a DMU ineficiente. El-Mahgary e Lahdelma (1995) afirmam que o valor do alvo pode ser usado, quando a orientação for aos *inputs*, para reduzir o valor do *input* da DMU ineficiente, baseando-se no alvo encontrado, de maneira que ela se torne eficiente, assim a equação para redução do *input* da DMU₀ é dada por:

$$x_{i0} = x_{iM}\lambda_M + x_{iQ}\lambda_Q \quad i = 1, \dots, m$$

Sendo que M e Q são as DMUs de referência para a DMU₀ ineficiente e λ_M e λ_Q são os valores dos alvos encontrados após a avaliação. De maneira análoga pode-se utilizar essa equação para tornar a DMU ineficiente em eficiente aumentando o valor do seu *output* quando houver a orientação aos *outputs*.

A razão entre o h_o do Modelo 01 e o h_o do Modelo 04 nos mostra a proporção da ineficiência proveniente da escala de produção da unidade em avaliação (COOPER et al., 2006). Assim, utilizando ambos os modelos CCR e BCC pode-se encontrar os valores das diferentes ineficiências (produtiva, escala ou técnica). Ou seja, pode-se verificar o quanto de ineficiência de uma DMU se deve ao tamanho da unidade e o quanto se deve a problemas de gestão e administrativos.

2.2 Bibliotecas universitárias

Segundo Gomes e Barbosa (2003), as bibliotecas universitárias são caracterizadas como uma organização prestadora de serviços de informação, em apoio às atividades de ensino, pesquisa e extensão, aos docentes, discentes e pesquisadores da universidade. Machado e Silva (2002) ressaltam

que em nível nacional o acervo das bibliotecas universitárias é detentor das maiores coleções em Ciência e Tecnologia do país. Logo, elas são elementos fundamentais para o desenvolvimento social do país.

As bibliotecas universitárias reúnem uma enorme quantidade de exemplares físicos de informação: livros, periódicos, manuscritos, mídias, etc., isto é, recursos bibliográficos. Esse material é submetido a várias atividades técnicas e seu uso serve para diversos tipos de serviços. Desta maneira, elas são capazes de contribuir na produção de resultados essenciais para a sobrevivência institucional.

As bibliotecas, segundo Miranda (1978), não crescem em termos de aquisição de material bibliográfico e na facilidade de seus serviços nas mesmas proporções. No entanto, é justo reconhecer que consideráveis recursos vêm sendo destinados, em muitas universidades, para aquisição e para renovação de serviços e de métodos de trabalho. A heterogeneidade de critérios definidos para a utilização destes recursos vem criando alguns problemas, sobretudo porque a gerência dos recursos nem sempre é feita de acordo com um plano global de investimentos no setor bibliotecário das universidades, mas de forma isolada e descoordenada.

Hoje em dia, segundo Shahwan e Kaba (2013) muitos desafios significativos, tais como, aumento dos custos, orçamentos reduzidos, receitas estagnadas ou decrescentes e rápida evolução tecnológica podem afetar negativamente a capacidade das bibliotecas universitárias de oferecer um serviço de informação de qualidade. Portanto, as bibliotecas estão cada vez mais sendo forçada a fazer uma entrega eficaz e eficiente em termos de custo de serviços de biblioteca (CARVALHO et al., 2012).

Conforme argumentam Carvalho et al. (2011), as bibliotecas universitárias apresentam três características:

- Múltiplos insumos, tais como funcionários, acervos de impressos ou audiovisuais, e área física, e funcionam sob limitação orçamentária;
- Em geral, não existem “preços de mercado” para alguns dos muitos produtos e serviços que produzem;
- São organizações multi-propósito, incluindo-se em sua missão, ao lado das questões micro organizacionais típicas, temas de alto significado social, tais como o conhecimento, a educação, a cultura e a inclusão social.

Assim, as bibliotecas universitárias apresentam certa dificuldade na avaliação das suas medidas de eficiência (SHIM, 2003). Uma forma de contrapor essa dificuldade é a utilização da técnica DEA.

2.3 Aplicação da DEA em bibliotecas

A análise do desempenho de bibliotecas utilizando a técnica DEA tem sido explorada na literatura, citando alguns nomes: Chen (1997), Sharma et al. (1999), Hammond (2002), Shim (2003), Reichmann (2004), Stancheva e Angelova (2004), Akdede e Kazancoglu (2006) e Carvalho et al. (2011).

Em Chen (1997), a aplicação foi realizada em 23 bibliotecas de universidades e faculdades da cidade de Taipei, em Taiwan, no ano de 1995. As variáveis utilizadas na aplicação foram:

- a) *Inputs*: número de funcionários, gastos com compras de livros e área da biblioteca.
- b) *Outputs*: visita de usuários, circulação de livros, busca de livros e serviço entre bibliotecas.

O resultado obtido foi de que das 23 bibliotecas analisadas 11 foram consideradas eficientes e 12 ineficientes. Dessas 11 bibliotecas eficientes, o autor as dividiu em quatro grupos, de acordo com a robustez, ou seja, quantas vezes a biblioteca aparecia como referência para as outras. No primeiro grupo, mais robusto, apareceram três bibliotecas, no segundo e no terceiro, apareceram quatro bibliotecas, já no último grupo, apareceu somente uma biblioteca (essa biblioteca não era referência para nenhuma outra biblioteca).

Sharma et al. (1999) retratam a aplicação da técnica no Sistema de Bibliotecas Públicas do Estado do Havaí nos anos de 1996 a 1997, perfazendo um total de 47 bibliotecas avaliadas. Nesta aplicação foi usado o modelo CCR orientado aos *outputs*, utilizando as seguintes variáveis:

- a) *Inputs*: tamanho da coleção, número de funcionários (exceto faxineiros, motoristas, estudantes e seguranças), número de dias aberto no ano e outros insumos (despesas operacionais anuais, suprimentos, assinaturas e postagens).
- b) *Outputs*: circulação de livros, visitas de usuários e transações de referência.

Neste estudo, a aplicação da técnica mostrou que das 47 bibliotecas analisadas 14 foram consideradas eficientes, enquanto que 33 foram consideradas ineficientes.

Hammond (2002) aplicou a DEA em 159 bibliotecas do sistema públicos do Reino Unido, utilizando dados dos anos de 1995 a 1996. Foram usados os modelos CCR e BCC. Para a aplicação da técnica o autor utilizou as seguintes variáveis:

- a) *Inputs*: total de horas que a biblioteca fica aberta por semana, total de acervo e total de aquisição de novos materiais.
- b) *Outputs*: quantidade de circulação de livros, transações de referência e números de processos de pedidos de itens específicos.

Como resultado da aplicação, percebeu-se que, utilizando do modelo CCR, 47 bibliotecas foram consideradas eficientes e, utilizando o modelo BCC, 70 bibliotecas foram consideradas eficientes.

Shim (2003) mostra a aplicação em 95 bibliotecas acadêmicas dos Estados Unidos, sendo 65 públicas e 30 privadas, nos anos de 1996 e 1997. Para isso, o autor utilizou as estatísticas anuais da *Association of Research Libraries* (ARL) para obter os dados das bibliotecas. Na aplicação foi utilizado o modelo CCR orientado aos *inputs*. Foram escolhidas as seguintes variáveis para a aplicação:

- a) *Inputs*: total de acervo, volumes de acervo adicionados no período, número de profissionais de tempo integral, número de pessoal de apoio de tempo integral e número de estudantes.
- b) *Outputs*: quantidade de circulação de livros, transações de referência, empréstimo entre bibliotecas e devolução entre bibliotecas.

No final do estudo o autor chega ao resultado de que 19 bibliotecas privadas foram consideradas eficientes, enquanto que 22 bibliotecas públicas foram consideradas eficientes.

Reichmann (2004) aplicou a técnica em 118 bibliotecas universitárias de países que utilizam a língua alemã (Áustria, Alemanha e Suíça) e países de língua inglesa (Estados Unidos, Austrália e Canadá). Neste estudo, as variáveis escolhidas foram:

- a) *Inputs*: número de funcionários (considerando aqueles que trabalhavam em tempo integral) e quantidade do acervo de cada biblioteca;
- b) *Outputs*: número total de inscrições, quantidade de circulação de livros, número de horas abertas por semana e quantidade de livros comprados.

Como resultado 10 bibliotecas foram consideradas eficientes, 38 obtiveram média alta de eficiência (acima 68% de eficiência) e o restante obtiveram média baixa de eficiência.

Já em Stancheva e Angelova (2004), a aplicação foi realizada em uma amostra de cinco bibliotecas

universitárias de Varna, Bulgária, nos anos de 2002 e 2003. Foi utilizado o modelo com retorno constante de escala (CCR) orientado aos *inputs*. As variáveis para a aplicação foram:

- a) *Inputs*: número de funcionários, área e despesas com edição impressa (periódicos, dicionários e livros didáticos comprados pela universidade), com salários e com equipamentos técnicos (computadores, mobiliário, dispositivos eletrônicos etc).
- b) *Outputs*: total de empréstimos, de leitores registrados e de clientes atendidos.

Dentre a amostra de bibliotecas analisadas, três delas foram consideradas eficientes após a aplicação da técnica e o restante ineficiente. O estudo ainda apresenta os *benchmarks* para as ineficientes.

Em Akdede e Kazancoglu (2006), a aplicação foi feita em 81 bibliotecas públicas de cidades na Turquia, nos anos de 2003 e 2004. O estudo usou tanto o modelo CCR quanto o BCC. As variáveis utilizadas na aplicação foram:

- a) *Inputs*: total de acervo, área, número de funcionários e índice de desenvolvimento econômico e social (calculado pela Organização de Planejamento do Estado para representar cada ambiente em que as bibliotecas estão operando).
- b) *Outputs*: número de membros da biblioteca sobre a população da cidade, número de membros sobre o número de usuários, número de usuários sobre a população e livros emprestados sobre a população. Os membros são as pessoas cadastradas no sistema da biblioteca. Já os usuários são as pessoas que usam a biblioteca, mas que ainda não fizeram o

cadastro. Esta diferença pode ocorrer devido a alguma dificuldade/burocracia encontrada para se fazer o cadastro.

Como resultado da aplicação, percebeu-se que tanto para o modelo BCC como para o modelo CCR os valores da eficiência de cada biblioteca eram iguais. Das 81 bibliotecas analisadas, 17 foram consideradas eficientes e o restante ineficiente.

Por fim, Carvalho et al. (2011) apresentam a aplicação da técnica em 37 bibliotecas públicas universitárias do Rio de Janeiro, nos anos 2006 e 2007. Foi utilizado o modelo BCC orientado aos *outputs* e as seguintes variáveis na aplicação:

- a) *Inputs*: número de funcionários que trabalhavam em cada biblioteca, área, tamanho do acervo e a variável chamada “experiência” (medida em tempo de existência de cada biblioteca).
- b) *Outputs*: número de consultas de livros, empréstimos realizados, inscrições de leitores e fluxo de usuários.

A aplicação da técnica mostrou que, das 37 bibliotecas analisadas, 16 foram consideradas eficientes e 14 foram consideradas ineficientes nos dois anos. Por outro lado, quatro bibliotecas que foram consideradas eficientes no ano de 2006 passaram a ser ineficientes no ano de 2007 e três consideradas ineficientes no ano de 2006 passaram a ser eficientes no ano de 2007.

A Tabela 1 mostra uma comparação entre as aplicações da técnica DEA descritas anteriormente, indicado o país onde foram realizados os estudos, o tamanho da amostra de bibliotecas, o período utilizado para análise dos dados, as variáveis utilizadas (*inputs* e *outputs*) e o número de bibliotecas consideradas eficientes em cada aplicação.

Tabela 1 - Comparação entre as aplicações da técnica DEA nas bibliotecas

Autor	País	Amos.	Perío.	Inputs	Outputs	Nº de bib. eficiente.
Chen (1997)	Taiwan	23	1995	Nº de funcionários, gastos com compras de livros e área	Visita de usuários, circulação de livros, busca de livros e serviço entre bibliotecas	11
Sharma et al. (1999)	Havaí	47	1997	Tamanho da coleção, nº de funcionários, nº de dias aberto no ano e outros insumos	Visitas de usuários, circulação de livros e transações de referência	14
Hammond (2002)	Reino Unido	159	1995/1996	Tamanho da coleção, horas que a biblioteca fica aberta por semana e aquisição de novos materiais	Circulação de livros, transações de referência e números de processos de pedidos de itens específicos	47 e 70

Shim (2003)	Estados Unidos	95	1996/1997	Nº de profissionais e de pessoal de apoio de tempo integral, tamanho da coleção, total de acervo adicionado no período e nº de estudantes	Circulação de livros, transações de referência, empréstimo entre bibliotecas e devolução entre bibliotecas	31
Reichmann (2004)	Áustria, Alemanha, Suíça, Estados Unidos, Austrália e Canadá	118	1998	Nº de funcionários e tamanho da coleção	Circulação de livros, nº de inscrições, nº de horas abertas por semana e nº de livros comprados	10
Stancheva e Angelova (2004)	Bulgária	05	2002/2003	Nº de funcionários, área e despesas com edição impressa, com salários e com equipamentos técnicos	Nº de empréstimos, nº de leitores registrados e nº de clientes atendidos	03
Akdede e Kazancoglu (2006)	Turquia	81	2003/2004	Nº de funcionários, tamanho da coleção, área e índice de desenvolvimento econômico e social	Nº de membros da biblioteca sobre a população da cidade, nº de membros sobre o nº de usuários, nº de usuários sobre a população e livros emprestados sobre a população	17
Carvalho et al. (2011)	Brasil	37	2006/2007	Nº de funcionários, tamanho da coleção, área e a variável chamada "experiência"	Nº de empréstimos, nº de consultas de livros, inscrições de leitores e fluxo de usuários	20 e 19

3 PROCEDIMENTO DE SELEÇÕES

Nesta seção são apresentados os procedimentos utilizados na aplicação da técnica Análise Envoltória de Dados nas bibliotecas de um Sistema Integrado de Bibliotecas de uma IFES.

3.1 Seleção de DMUs

O Sistema Integrado de Bibliotecas (SISBI) é formado por 13 bibliotecas e um órgão central responsável pela gestão das mesmas. Elas se diferenciam pela localização (situadas em três cidades), horário de funcionamento, suporte a diferentes cursos e quantidade de funcionários. O SISBI tem uma equipe de 44 funcionários com as funções de bibliotecário ou funcionários técnicos, trabalhando em regime de 06 ou 08 horas por dia, além de bolsistas.

Os usuários dessas bibliotecas, que pode ser qualquer pessoa que possua algum vínculo com a instituição, ou seja, estudantes de graduação e pós-graduação, professores e funcionários da instituição,

podem realizar empréstimo e consultas a vários tipos de materiais, dentre eles, livros, enciclopédias, dicionários, artigos e periódicos.

Neste trabalho foram utilizadas somente 12 bibliotecas para aplicação da técnica DEA, ou seja, 12 DMUs. Visto que, uma das 13 bibliotecas funciona como um museu de obras raras, onde não são realizados empréstimos e as visitas são agendadas. Todos os seus exemplares são obtidos através de doação, oferecendo exposições dos materiais.

3.2 Seleção de Variáveis

De acordo Stancheva e Angelova (2004), a etapa mais difícil na avaliação da eficiência é decidir quais *inputs* e *outputs* devem ser utilizados. Principalmente na avaliação do desempenho de organizações do setor público, tais como as bibliotecas universitárias, pois como defendem Golany e Roll (1989) nessas organizações as variáveis que regem o desempenho não são sempre bem definidas.

Uma regra foi levada em consideração para a definição do número de variáveis a serem utilizadas.

Segundo Boussofiane et al. (1991), o número de *inputs* e *outputs* utilizados na aplicação da técnica afeta o número de DMUs que vão ser consideradas eficientes. Ou seja, o número de DMUs avaliadas como eficientes após a aplicação da DEA vai ser no mínimo, igual ao produto do número de *inputs* e *outputs*. Deste modo, o tamanho da amostra deve ser no mínimo maior que o resultado deste produto. Assim, foi definido o número de *inputs* e *outputs*. Já que o total de DMUs que seriam avaliadas era de 12 bibliotecas escolheram-se 03 *inputs* 02 *outputs*.

Selecionada a quantidade de variáveis a serem utilizadas, passou-se para a etapa de escolha das mesmas. Os *inputs* foram escolhidos baseando-se em três categorias de *inputs* do *Standard of University Libraries (STANDARDS & GUIDELINES, 1979)*:

- c) Pessoal/recursos humanos (variável HOR): calcula o número total de horas trabalhadas por cada biblioteca em um dia (multiplica-se o número de funcionários da biblioteca em análise pelo número de horas trabalhadas por eles em um dia). Deve-se ressaltar que existem funcionários que trabalham em um turno de 08 horas e outros de 06;
- d) Coleção (variável COL): calcula o total de acervo disponível em cada biblioteca (títulos, teses, mídias eletrônicas, partituras, mapas e normas técnicas), excluindo o número de periódicos, já que estes não podem ser emprestados;
- e) Edificação (variável EDI): calcula a área total, em metros quadrados, de cada biblioteca.

Já em relação às categorias de *outputs*, foram definidas duas variáveis baseando-se em Reichmann e Sommersguter-Reichmann (2006):

- a) Variável chamada de EMP: calcula o total de empréstimos realizados, no caso deste estudo no ano de 2010 (desde 01 de janeiro de 2010 até 31 de dezembro de 2010);
- b) Variável chamada USU: quantifica o número de usuários inscritos em cada biblioteca (alunos da graduação, pós-graduação, professores e servidores).

3.3 Seleção de orientação e modelo

Miranda e Rodrigues (2010) argumentam que no campo educacional, os modelos DEA orientados a diminuição de recursos, não são adequados à avaliação de sistemas públicos de educação, pois

até mesmo quando existem recursos excedentes na educação não é adequado reduzi-los, mas sim ampliar a prestação de serviços para mais pessoas e com melhor qualidade.

Outro fato importante é que de acordo com Belloni (2000), quando uma DMU é considerada ineficiente, a DEA possibilita a decomposição dessa ineficiência em ineficiência de escala e em ineficiência técnica, permitindo identificar suas fontes de ineficiência (devido a mudanças na escala de operação ou a falta de habilidade gerencial). A eficiência de escala é calculada quando se utiliza ambos os modelos, CCR e BCC.

Logo, considerando esses dois argumentos, utiliza-se nessa aplicação a orientação para maximização dos resultados (*outputs*) nos dois modelos CCR e BCC, com o intuito de se comparar os resultados obtidos e encontrar quais seriam as fontes de ineficiência.

3.4 Seleção de dados

Os dados foram coletados através de visitas às 12 bibliotecas e ao órgão gerencial do SISBI. O primeiro passo foi reunir com o chefe do SISBI e explicar como seria desenvolvido o presente estudo. Em um segundo momento, esse mesmo chefe apresentou os outros dois funcionários que ajudariam no projeto, portanto, no total, foram entrevistados três funcionários. Daí por diante, ocorreram outras reuniões e trocas de informações por *emails*. As principais fontes de informação foram os relatórios obtidos pelo *software* usado no gerenciamento das bibliotecas. O restante dos dados necessários foi obtido nas entrevistas e em outros setores da IFES que controlam a quantidade de alunos e funcionários.

Escolheu-se o ano de 2010 para a obtenção dos dados, pois os anos de 2011 e 2012 não refletiam corretamente o funcionamento das bibliotecas, visto que ocorreu uma greve nos dois anos. Os dados, referentes a 2010, utilizados nesse estudo são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados dos *inputs* e *output* coletados para o ano de 2010

Biblioteca	Inputs			Output	
	HOR	EDI	COL	EMP	USU
BIBI1	116	1050,00	24627	112684	1923
BIBI2	14	209,08	6830	4638	789
BIBI3	36	150,00	6413	9867	499
BIBI4	70	462,05	45918	23202	1287
BIBI5	44	1177,70	29035	25520	4175
BIBI6	44	493,24	24845	11962	550
BIBI7	16	103,68	4854	9741	838
BIBI8	8	51,81	3105	3530	125
BIBI9	36	229,43	5225	24667	523
BIBI10	6	31,32	4854	962	38
BIBI11	40	430,78	4787	16666	976
BIBI12	46	45,89	16627	12818	631

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos com a aplicação dos dois modelos clássicos (CCR e BCC) da técnica DEA nas bibliotecas componentes do SISBI. Além disso, nesta seção, é também realizada a análise dos resultados.

4.1 Resultados do modelo CCR orientado aos *outputs*

Através do Dual (Modelo O2), foram obtidos os valores da eficiência produtiva de cada biblioteca, encontrando seis DMUs ineficientes (BIBI2, BIBI3, BIBI4, BIBI6, BIBI8 e BIBI10) e seis DMUs eficientes (restante).

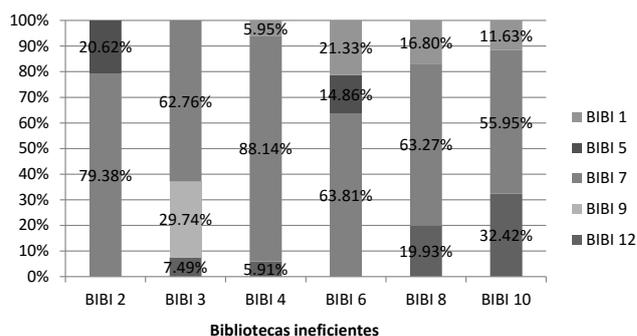
Na orientação aos *outputs*, as DMUs eficientes recebem um valor da função objetivo igual a um, mas as ineficientes recebem um valor maior que um, pois a função objetivo h_0 é maximizada e é igual a $1/Eff_0$, ou seja, o inverso da eficiência.

A BIBI2 tem o valor da função objetivo (h_0) igual a 1,244, que significa que ela precisa aumentar de 24,4% (0,244) os seus *outputs*, mantendo seus *inputs* constantes, para se tornar eficiente e continua tendo a eficiência igual a 0,804, como mostra a equação abaixo:

$$h_0 = \frac{1}{Eff_0} \rightarrow Eff_0 = \frac{1}{h_0} \rightarrow Eff_0 = \frac{1}{1,244} \rightarrow Eff_0 = 0,804$$

Os valores dos alvos (λ 's), que também foram obtidos pelo Modelo O2, demonstram a eficiência que deve ser alcançada pela DMU ineficiente e que quanto maior o valor dessa variável mais importante é a DMU eficiente como *benchmark* para a ineficiente. Para uma melhor visualização de quais são os principais parceiros de excelência das bibliotecas ineficientes foram somados todos os alvos encontrados para cada biblioteca ineficiente e depois foi calculada a porcentagem que cada alvo tinha na soma total dos alvos, assim construiu-se o Gráfico 1. Nele aparecem as bibliotecas ineficientes e qual a contribuição de cada *benchmark* para cada uma.

Gráfico 1 - Benchmarks para as bibliotecas ineficientes pelo modelo CCR com orientação aos *outputs*



Por exemplo, para BIBI2, a BIBI7 é um parceiro de excelência, com λ igual a 0,510, também seguida pela BIBI5 (λ igual a 0,133). A soma dos alvos dessa biblioteca é 0,643. Para achar a porcentagem de contribuição de cada alvo divide-se o valor de cada alvo pela soma dos alvos, assim a contribuição da BIBI7 para a BIBI2 é de 79,38% (0,510/0,643) e da BIBI5 é de 20,62% (0,133/0,643), ou seja, o principal

parceiro de excelência para a BIBI2 é a BIBI7, seguida pela BIBI5.

Utilizando a equação adaptada de El-Mahgary e Lahdelma (1995), descrita anteriormente, para a BIBI3, tem-se as equações apresentadas a seguir. Primeiramente para o seu *output* EMP (y_{13}) e sabendo que o seu grupo de referência é composto pelas BIBI7, BIB9 e BIBI12, tem-se a seguinte equação:

$$y_{13} = y_{17}\lambda_7 + y_{19}\lambda_9 + y_{112}\lambda_{12}y_{13} = 9741(0,688) + 24667(0,326) + 12818(0,082)$$

$$y_{13} = 6701,80 + 8041,44 + 1051,07$$

$$y_{13} = 15794,31$$

Porém esse *output* refere-se ao número de empréstimos realizados, então ele deve ser arredondado para 15795.

Agora analisando o segundo *output* dessa mesma DMU, o USU (y_{22}), tem-se a segunda equação de aumento:

$$y_{23} = y_{27}\lambda_7 + y_{29}\lambda_9 + y_{212}\lambda_{12}$$

$$y_{23} = 838(0,688) + 523(0,326) + 631(0,082)$$

$$y_{23} = 576,54 + 170,49 + 51,74$$

$$y_{23} = 798,77$$

Mas como essa variável deve ser inteira (número de usuários) então esse valor encontrado deverá ser arredondado para 799. Resolvendo novamente essas equações para as outras cinco bibliotecas consideradas ineficientes, são encontrados todos os valores dos *outputs* aumentados, baseando-se nos alvos, que as bibliotecas ineficientes precisam ter para se tornarem eficientes através da orientação aos *outputs*. Esses valores são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 - Valores dos *outputs* aumentados utilizando o modelo CCR

Bibliotecas ineficientes	EMP	USU
BIBI2	8355	981
BIBI3	15795	799
BIBI4	47358	2627
BIBI6	36102	1660
BIBI8	5704	202
BIBI10	3648	144

A seguir, resolvendo o Primal (Modelo 01) foram obtidos os valores dos pesos para cada DMU. Esses pesos fornecem a importância de cada uma dessas variáveis e são selecionados de forma a maximizar a medida de eficiência da DMU em análise, de forma que nenhuma outra DMU, ao incluir esses pesos nos seus cálculos apresente escore de eficiência maior que um (BRAZ, 2005). Pode também ocorrer de serem atribuídos pesos zeros a algum *input* ou *output*, o que significa que essa variável foi preterida na avaliação. Assim, por exemplo, os pesos encontrados para a BIBI3 (0,000000; 0,000000; 0,000374; 0,000063; 0,000755), quando utilizados por qualquer outra BIBI nos seus cálculos de eficiência, não devem fornecer o valor maior que a unidade. Nota-se que para essa biblioteca o *input* EDI recebeu o maior valor (0,000374), ou seja, possui maior relevância dentre todos os *inputs*, e que os *inputs* HOR e COL receberam pesos nulos, sendo assim não foram considerados na avaliação e dentre os seus *outputs* o USU recebeu o maior valor (0,000755) em comparação com o outro *output* EMP (0,000064), então possui maior importância.

O resultado, com todas as variáveis, da aplicação do modelo CCR com orientação aos *outputs* são mostrados na Tabela 4. A primeira coluna mostra a biblioteca avaliada, na segunda coluna, o valor da função objetivo, na terceira os *benchmarks* para a biblioteca em avaliação e também os valores dos alvos, na quarta até a oitava os pesos das variáveis utilizadas na avaliação.

Tabela 4 - Resultado obtido utilizando o modelo CCR orientado aos *outputs*

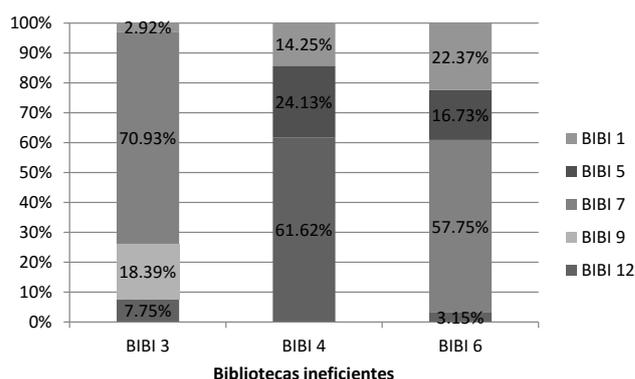
Biblioteca	Fun. Obje. (h_0)	Alvos (λ)	Peso HOR	Peso COL	Peso EDI	Peso EMP	Peso USU
BIBI1	1,000	-	0,000000	0,000000	0,000042	0,000009	0,000000
BIBI2	1,244	BIBI5(0,133) BIBI7(0,510) BIBI7(0,688)	0,000000	0,000000	0,000258	0,000000	0,001267
BIBI3	1,602	BIBI9(0,326) BIBI12(0,082) BIBI1(0,176)	0,000000	0,000000	0,000374	0,000063	0,000755
BIBI4	2,041	BIBI7(2,600) BIBI12(0,175)	0,000000	0,000000	0,000153	0,000026	0,000310
BIBI5	1,000	-	0,000000	0,000000	0,000049	0,000000	0,000240
BIBI6	3,018	BIBI1(0,226) BIBI5(0,158) BIBI7(0,677)	0,000000	0,000000	0,000319	0,000054	0,000644
BIBI7	1,000	-	0,000000	0,000000	0,000243	0,000000	0,001193
BIBI8	1,616	BIBI1(0,035) BIBI7(0,131) BIBI12(0,041)	0,000000	0,000000	0,001178	0,000199	0,002378
BIBI9	1,000	-	0,000000	0,000000	0,000191	0,000032	0,000386
BIBI10	3,792	BIBI1(0,019) BIBI7(0,090) BIBI12(0,052)	0,000000	0,000000	0,004179	0,000706	0,008435
BIBI11	1,000	-	0,000000	0,000000	0,000209	0,000035	0,000422
BIBI12	1,000	-	0,000000	0,000000	0,000291	0,000049	0,000587

4.2 Resultados do modelo BCC orientado aos *outputs*

Resolvendo o Modelo do Envelope (Modelo 03) foram obtidos os valores da eficiência para cada biblioteca (DMU). As bibliotecas consideradas eficientes foram: BIBI3, BIBI4, BIBI6 e as ineficientes: BIBI1, BIBI2, BIBI5, BIBI7, BIBI8, BIBI9, BIBI10, BIBI11, BIBI12. Por exemplo, a BIBI3 que tem função objetivo igual a 1,595, que significa que ela precisa aumentar de 59,5% os seus *outputs* para se tornar eficiente.

Ainda através do Primal (Modelo 03) foram encontrados os alvos (λ) a serem atingidos pelas bibliotecas ineficientes. Por exemplo, no caso da BIBI6, ela possui como *benchmark* as bibliotecas BIBI1 ($\lambda=0,223$), BIBI5 ($\lambda=0,167$), BIBI7 ($\lambda=0,577$) e BIBI12 ($\lambda=0,031$). Assim, a BIBI6 possui como principal parceiro de excelência a BIBI8, seguida pela BIBI7, BIBI5 e BIBI10. O Gráfico 2 mostra a porcentagem de contribuição de cada *benchmark* para cada biblioteca considerada ineficiente através do modelo BCC orientado aos *outputs*.

Gráfico 2 - Benchmarks das bibliotecas ineficientes pelo modelo BCC com orientação aos *outputs*



A Tabela 5 mostra os valores dos *outputs* das bibliotecas ineficientes baseando nos alvos através da utilização da nova equação de aumento de *output* adaptada da equação de redução de *input* de El-Mahgary e Lahdelma (1995). Da mesma maneira e pelo mesmo motivo que no modelo CCR orientado aos *outputs* os valores encontrados também foram arredondados.

Tabela 5 - Valores dos *outputs* aumentados utilizando o modelo BCC

Bibliotecas ineficientes	EMP	USU
BIBI3	15735	796
BIBI4	30111	1670
BIBI6	35506	1633

Os pesos das variáveis, que refletem as suas importâncias e o fator de escala (v_*) foram obtidos pelo Dual (Modelo 04). Como exemplo em relação aos pesos, a BIBI4 possui a seguinte ordem de importância dos *inputs*: COL (0,001992) > HOR (0,001135) > EDI (0,000000) que foi desconsiderado na avaliação. E a seguinte ordem de importância dos *outputs*: USU (0,000588) > EMP (0,000013). Em

relação ao fator de escala, que mostra o retorno de escala de cada biblioteca, as DMUs BIBI3, BIBI4, BIBI6, BIBI8 e BIBI10 apresentaram retornos crescentes de escala ($v_* < 0$), as BIBI1 e BIBI2 apresentaram retornos de escala decrescente ($v_* > 0$) e por fim, as BIBI5, BIBI6, BIBI11 e BIBI12 apresentam retornos constante de escala ($v_* = 0$).

Na Tabela 6 é mostrado o resultado, com todas as variáveis, da aplicação do modelo BCC com orientação aos *outputs*. Na primeira coluna aparece qual a biblioteca em avaliação, na segunda coluna, o valor da função objetivo (h_0), na terceira, o fator de escala de cada biblioteca (v_*), na quarta os *benchmarks* e também os valores dos alvos, na quinta, sexta e sétima os pesos dos *inputs*, e por fim na oitava e na nona os pesos dos *outputs*.

Tabela 6 - Resultados obtidos utilizando o modelo BCC orientado aos *outputs*

Bibli.	Fun. Obj. (h_0)	Fat. de escal. (v_*)	Alvos (λ)	Peso HOR	Peso COL	Peso EDI	Peso EMP	Peso USU
BIBI1	1,000	0,500	-	0,004310	0,000000	0,000000	0,000009	0,000000
BIBI2	1,000	0,202	-	0,000000	0,003816	0,000000	0,000000	0,001267
BIBI3	1,594	-0,007	BIBI1(0,029) BIBI7(0,709) BIBI9(0,183) BIBI12(0,077)	0,000000	0,008343	0,000055	0,000080	0,000414
BIBI4	1,298	-0,743	BIBI1(0,142) BIBI5(0,241) BIBI12(0,616)	0,008676	0,003103	0,000000	0,000036	0,000137
BIBI5	1,000	0,000	-	0,009292	0,000502	0,000000	0,000000	0,000240
BIBI6	2,968	-0,050	BIBI1(0,223) BIBI5(0,167) BIBI7(0,577) BIBI12(0,031)	0,057142	0,001021	0,000000	0,000059	0,000528
BIBI7	1,000	0,000	-	0,046295	0,002501	0,000000	0,000000	0,001193
BIBI8	1,000	-0,616	-	0,060904	0,021783	0,000000	0,000249	0,000960
BIBI9	1,000	0,000	-	0,002035	0,003601	0,000019	0,000037	0,000165
BIBI10	1,000	-2,792	-	0,220429	0,078838	0,000000	0,000902	0,003475
BIBI11	1,000	0,000	-	0,011348	0,000000	0,000114	0,000027	0,000564
BIBI12	1,000	0,000	-	0,000000	0,006457	0,000042	0,000062	0,000321

4.3 Comparação CCR e BCC

A eficiência de escala é calculada pela razão entre eficiência produtiva (modelo CCR) e eficiência

técnica (modelo BCC). Calculando esta razão para cada uma das DMUs foi possível construir a Tabela 7.

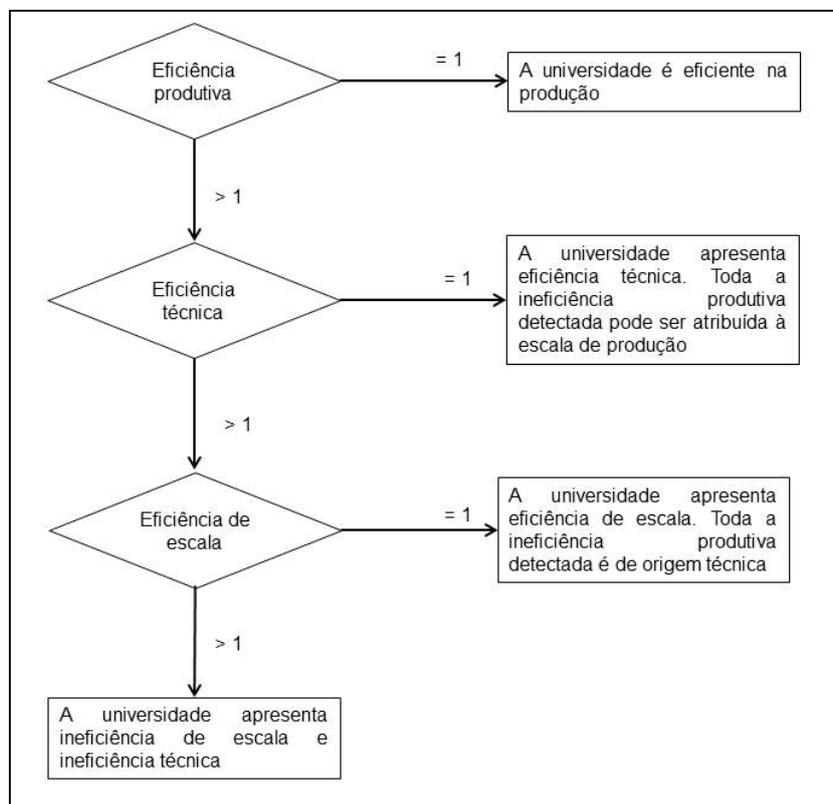
Tabela 7 - Eficiência produtiva, técnica e de escala para cada DMU

Bibliot.	h_0 (CCR Modelo 01 – eficiência produtiva)	h_0 (BCC Modelo 04 – eficiência técnica)	Razão (eficiência de escala)
BIBI1	1,000	1,000	1,000
BIBI2	1,244	1,000	1,244
BIBI3	1,602	1,594	1,005
BIBI4	2,041	1,298	1,572
BIBI5	1,000	1,000	1,000
BIBI6	3,018	2,968	1,017
BIBI7	1,000	1,000	1,000
BIBI8	1,616	1,000	1,616
BIBI9	1,000	1,000	1,000
BIBI10	3,792	1,000	3,792
BIBI11	1,000	1,000	1,000
BIBI12	1,000	1,000	1,000

Utilizando a Figura 1, proposta por Belloni (2010) para identificar quais as possíveis ineficiências, encontra-se que a BIBI2, a BIBI8 e a BIBI10 apresentam

somente ineficiência de escala, enquanto que a BIBI3, a BIBI4 e a BIBI6 possuem ineficiência de escala e técnica.

Figura 1 - Decomposição da eficiência produtiva



Fonte: Belloni (2010)

Identificando as ineficiências e tendo em mente os fatores de escala de cada uma das bibliotecas, podem ser feitas as seguintes conclusões:

- A BIBI2 possui eficiência técnica, ineficiência de escala e retorno de escala decrescente. Assim, é uma biblioteca tecnicamente eficiente, porém operando acima da escala ótima. Uma alternativa para se tornar eficiente é reduzir o volume de produção, mantendo a mesma relação entre insumos e produtos. Visto que não há ineficiência técnica, uma menor utilização da biblioteca pode ser vantajosa.
- A BIBI8 e a BIBI10 possuem eficiência técnica, ineficiência de escala e retornos de escala crescentes. Logo, apesar de operarem de forma tecnicamente eficiente e não existirem insumos utilizados em excesso, o volume de produtos está abaixo da escala ótima. Isso significa que a biblioteca pode aumentar os produtos a custos

- decrescentes. Assim, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo-se as relações existentes entre as quantidades de produtos e insumos.
- A BIBI3, a BIBI4 e a BIBI6 possuem ineficiência técnica, ineficiência de escala e retornos de escala crescentes. Desta maneira existem dois problemas, ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos, e ineficiência de escala, que ocorre devido à biblioteca dispor de escala abaixo da considerada ótima. Para aumentar a eficiência técnica, devem-se eliminar os excessos de insumos. Para operar em escala ótima, é necessário aumentar a produção. Em síntese, a biblioteca deve aumentar os produtos, porém este aumento deve ocorrer a fim de que as relações entre as quantidades de insumos e produtos sejam reduzidas.

5 CONCLUSÕES

O exame sistemático do desempenho das bibliotecas universitárias é de extrema necessidade, visto que o monitoramento e a avaliação contribuem para melhorar a gestão, pois produz a informação necessária para reconhecer e entender as causas dos sucessos e dos fracassos. Com isso se destaca a técnica Análise Envoltória de Dados, que atende essa necessidade.

Aplicando os modelos clássicos, CCR e BCC da técnica Análise Envoltória de Dados encontra-se a eficiência produtiva e a eficiência técnica, respectivamente. Mas, para que seja encontrada a eficiência de escala, bem como a ineficiência de escala devem ser utilizados os dois modelos clássicos. Isto é, a eficiência de escala é calculada através da razão entre a eficiência produtiva e a eficiência técnica. Por isso, neste trabalho foram utilizados os dois modelos clássicos, ambos orientados aos *outputs* com o intuito de se encontrar as fontes de ineficiência das 12 bibliotecas componentes de um SISBI de uma IFES.

Além disso, os resultados obtidos neste estudo mostraram que bibliotecas universitárias componentes de um mesmo sistema integrado de bibliotecas, que desfrutam de normas e políticas de funcionamento iguais, possuem diferentes valores de eficiências. Um dos fatores que pode ter interferido nesses resultados são os diferentes perfis de número de empréstimos e de quantidade de títulos disponíveis em cada unidade em relação aos cursos suportados pela biblioteca da unidade. Por exemplo, uma biblioteca que dá suporte a cursos das áreas de humanas, apresenta um número de usuários menor, um grande acervo bibliográfico e uma grande quantidade de empréstimos comparado com outras unidades. Existem também bibliotecas que foram implantadas recentemente ou unidades que atendem a cursos criados recentemente ou em expansão. Em alguns casos, o acervo bibliográfico ainda não está totalmente disponível, a estrutura física está passando por adaptações e o número de alunos aumentando.

Vale ainda inserir que os resultados deste trabalho são de grande valia para o órgão gestor do Sistema Integrado de Bibliotecas, visto que a identificação de fontes de ineficiência facilita o planejamento de ações corretivas para eliminá-las e que, além disso, essas ações corretivas levariam a um incremento

na produtividade das DMUs, um dos principais objetivos da gerência dessas bibliotecas.

5.1 Limitações e sugestões para trabalhos futuros

Em relação às limitações desse trabalho, pode-se citar que aumentar o número de empréstimos e de usuários deve refletir em outros setores da universidade que não foram abordados nesse trabalho. Esse aumento pode incidir na necessidade de funcionários, salas de aula, laboratórios, etc. Existem ainda limitações em relação à própria técnica. Por exemplo, a técnica DEA requer uma única observação para cada *input* e *output*, desta maneira, pode ser sensível a erros nos dados e tais erros podem influenciar a forma e a posição da fronteira de eficiência.

Como trabalho futuro, pretende-se repetir o estudo usando dados mais recentes para analisar os impactos da expansão da universidade no SISBI. Além disso, pretende-se avaliar as políticas gerenciais de compartilhamento e/ou realocação/redistribuição de recursos, com o intuito de melhorar a eficiência de cada biblioteca. Isso é possível porque as bibliotecas fazem parte de um Sistema Integrado de Bibliotecas e, assim, são geridas por um mesmo órgão, o SISBI. Por exemplo, poderia haver o compartilhamento de funcionários, ou seja, um funcionário pode trabalhar parte de um dia em uma biblioteca e outra parte em outras e/ou a realocação de funcionários de uma biblioteca para outra.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a colaboração do Sistema de Bibliotecas (SISIBI) neste trabalho, ao PIP-UFOP pelo apoio financeiro e aos úteis comentários dos revisores, que muito contribuíram.

REFERÊNCIAS

AKDEDE, S. H.; KAZANCOGLU, Y. Efficiency in Turkish state libraries a data envelopment analysis application. **International Conference on Human and Economic Resources**, 2006.

AMBROZINI, M. A.; NAGANO, M. S.; MERLO, E. **M O desempenho do setor de varejo no Brasil e**

suas mudanças no período recente. In: VI SEMEAD Política dos Negócios e Economia de Empresas, 2003.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimation technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078- 1092, 1984.

BELLONI, J. A. **Uma Metodologia de avaliação da eficiência produtiva de Universidade Federais Brasileiras**. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BOUSSOFIANE, A.; DYSON, R.G.; THANASSOULIS, E. Applied data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v.52, n. 1, p.1-15, 1991.

BRAZ, G. F. **Aplicação de um método quantitativo e comparado, a análise de envoltória de dados (DEA), para avaliação do desempenho dos departamentos acadêmicos da universidade estadual de Montes Claros**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

CARVALHO, F. A.; JORGE, M. J.; JORGE, M. F.; AVELLAR, C. M.; FLANCH, E. Análise Envoltória de Dados na gestão do desempenho de bibliotecas universitárias: o caso de uma IFES no Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação**, v. 7, n. 1, p. 4-21, 2011.

CARVALHO, F.A.; JORGE, M. J.; JORGE, M.F.; RUSSO, M.R.; DE SA, N.O. Library performance management in Rio de Janeiro, Brazil: applying DEA to a sample of university libraries in 2006-2007, **Library Management**, v. 33, n. 4/5, p. 297-306, 2012.

CHARNES, A.; COOPER, W.; ROHDES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 3, p. 429-444, 1978.

CHEN, T. An evaluation of the relative performance of university libraries in Taipei. **Library Review**, v. 46, n. 3, p. 190-201, 1997.

COOPER, W. W.; SEIFORD, L., M.; TONE, K. **Introduction to Data Envelopment Analysis and Its uses**. Springer. Nova York, 2006.

EL-MAHGARY, S.; LAHDELMA, R. Data Envelopment Analysis: Visualizing the results. **European Journal of Operation Research**, v. 85, p. 700–710, 1995.

GOLANY, B.; ROLL, Y. An application Procedure for DEA. **OMEGA Int. Journal of Management Science**, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.

GOMES, S. F. J., MELLO, J. C. C. B. S., MEZA, L. A. Índice de eficiência não radial em dea baseado em propriedades vetoriais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 42., 2010, Bento Gonçalves. **Anais...** Curitiba, 2010.

GOMES, L. C. V. B. E BARBOSA, M. L. A. Impacto da aplicação das tecnologias da informação e comunicação (TICs) no funcionamento das bibliotecas universitárias. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA EM INFORMAÇÃO, 4., 2003, Bahia. **Anais...** Bahia, 2003.

HAMMOND, C. J. Efficiency in the provision of public services: A Data Envelopment Analysis of UK public library systems. **Applied Economics**, v. 34, n. 5, p. 649-657, 2002.

KAO, C. Efficiency decomposition for general multi-stage systems in data envelopment analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 232, n. 1, p. 117–124, 2014.

MACHADO, R. N.; SILVA, Z. P. Desenvolvimento de coleções: uma análise a partir dos anais dos SNBUs realizados na década de 90. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 12., 2002, Recife. **Anais...** Recife, 2002.

MELLO, J. C. C. B. S., MEZA, L. A., GOMES, E. G., NETO, L. B. Curso de Análise envoltória de dados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 37., 2005, Gramado. **Anais...** Gramado, 2005.

MIRANDA, A. Biblioteca Universitária no Brasil: reflexões sobre a problemática. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE BIBLIOTECAS UNIVERSITÁRIAS, 1., 1978, Niterói. **Anais...**Niterói, 1978.

MIRANDA, C. A. E RODRIGUES, S. C. **O uso da DEA como ferramenta alternativa da gestão escolar na avaliação institucional**, 2010.

REICHMANN, G. Measuring University Library Efficiency Using Data Envelopment Analysis. **Libri**, v. 54, n. 2, p. 136–146, 2004.

REICHMANN, G.; SOMMERGUTER-REICHMANN, M. University library benchmarking: an international comparison using DEA, **International Journal of Production Economics**, v. 100, n. 1, p. 131-147, 2006.

SHAHWAN, T. M.; KABA, A. Efficiency analysis of GCC academic libraries: an application of data envelopment analysis. **Performance Measurement and Metrics**, v. 14, n. 3, pp. 197-210, 2013.

SHARMA, K. R.; LEUNG P.; ZANE, L. Performance measurement of Hawaii state public libraries: An application of Data Envelopment Analysis (DEA). **Agricultural and Resource Economics Review**, v. 28, n. 2, p. 190-198, 1999.

SHIM, W. Applying DEA Technique to Library Evaluation in Academic Research Libraries. **LibraryTrends**, v. 51, n. 3, p. 312-332, 2003.

SOUZA, J. J. S. **Eficiência na alocação de recursos públicos nos sistemas municipais de ensino: o caso dos municípios da região oeste do Paraná no ano de 1996**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.

STANCHEVA, N.; ANGELOVA, V. **Measuring the efficiency of university libraries using data envelopment analysis**. 10th Conference on Professional Information Resources Prague, 2004.

STANDARDS & GUIDELINES. **Standards for university libraries: Evaluation of performance**. Disponível em: <http://pruebas.cuaed.unam.mx/crp_ocu/puel/cursos/bibliotecas/materiales/standards_univ_lib.pdf>. Acesso em: 05 de fev. 2015.