



Revista ADM.MADE

Revista do Mestrado em Administração e
Desenvolvimento Empresarial - Universidade
Estácio de Sá

Revista ADM.MADE, Rio de Janeiro, ano 13, v.17, n.1, p.1-23, janeiro/abril, 2013

Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial da Universidade

Estácio de Sá – Rio de Janeiro (MADE/UNESA). ISSN: 2237-5139

Conteúdo publicado de acesso livre e irrestrito, sob licença Creative Commons 3.0.

Editores responsáveis: Marco Aurélio Carino Bouzada e Isabel de Sá Affonso da Costa

Caracterização e Avaliação da Eficiência dos Terminais Intermodais do Corredor Logístico de Grãos Centro-Leste

Alexandre Borges Santos¹

Renato Luiz Sproesser²

Ricardo Silveira Martins³

Pesquisa financiada pelo CNPq, edital CNPq/MCT - 18/2009 - P&D&I em Transportes. Projeto *Desempenho dos terminais multimodais da cadeia logística de grãos*.

Artigo recebido em 19/03/2013 e aprovado em 27/08/2013. Artigo avaliado em *double blind review*.

¹ Mestre em Administração pelo Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (PPGAd/UFMS). Endereço: Av. Universitária s/nº - CEP: 79070-900 - Caixa-postal: 549 - Campo Grande, MS. Email: borges.alexandre@hotmail.com.

² Doutor em Génie de Systèmes Industriels pelo Institut National Polytechnique de Lorraine, França. Professor Associado da UFMS. Endereço: Av. Universitária s/nº - CEP: 79070-900 - Caixa-postal: 549 - Campo Grande, MS. Email: renato.sproesser@ufms.br.

³ Doutor em Economia Aplicada pela Universidade de São Paulo. Professor do Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal de Minas Gerais (CEPEAD/UFMG). Endereço: Av. Pres. Antônio Carlos, 6.627 - Pampulha - Belo Horizonte, MG - CEP: 31270-901. Email: ricardomartins.ufmg@gmail.com.

Caracterização e Avaliação da Eficiência dos Terminais Intermodais do Corredor Logístico de Grãos Centro-Leste

Ao mesmo tempo em que aumenta a produção agrícola nacional, aumenta também o desafio para reduzir os custos logísticos associados. A intermodalidade surge como alternativa para reduzir custos e aumentar a competitividade do setor. O terminal intermodal, portanto, ganha destaque, uma vez que seu desempenho tende a afetar todo sistema logístico. Sendo assim, esse estudo objetiva caracterizar e mensurar as eficiências técnicas de terminais intermodais do corredor logístico centro-leste brasileiro por meio do modelo Variable Return to Scale (VRS) visando a maximizar o output da técnica Análise Envoltória de Dados (DEA). Os resultados apontam significativa heterogeneidade quanto ao porte, à movimentação e à eficiência dos terminais. Dos cinco terminais que alcançaram máxima eficiência, um opera em escala ótima e outro opera acima da escala de produção. Os demais terminais apresentam capacidade ociosa e, conseqüentemente, oportunidades de ganhos de eficiência e ou de escala. Esses resultados podem, portanto, servir como apoio à decisão para gestores com o intuito de aumentar a eficiência dos terminais e o transporte intermodal no País.

Palavras-chave: logística agroindustrial; Análise Envoltória de Dados (DEA); terminal intermodal.

Keywords: agroindustrial logistics; Data Envelopment Analysis (DEA); intermodal terminal.

Characterization and Efficiency Evaluation of Intermodal Terminals in the Central-Eastern Logistic Corridor of Grains

At the same time that the Brazilian grain production increases, also increases the challenge of reducing logistic associated costs. This way, the intermodality can be an alternative to increase the competitiveness of the national agribusiness. Therefore, the intermodal terminal becomes relevant, once its operational performance might affect the whole logistic system. Thus, this study aims to characterize and measure the technical efficiency of the intermodal terminals located in the Brazilian Central-Eastern corridor by using the VRS (Variable Return to Scale) output oriented, of Data Envelopment Analysis (DEA) technique. The results point a significant heterogeneity of dimensions, grain movement and technical efficiency among the terminals. Likewise, it indicates that from the five terminals which reached maximum technical efficiency, only one operates in great production scale and another one operates above production scale, or with decreasing yields of scale. The other terminals present idle capacity and, consequently, opportunities of efficiency and/or economies of scale. These results can, however, serve as a decision support to the managers in order to increase the operational efficiency of their companies, and the intermodal transportation in the country.

1. Introdução

Desde o final dos anos 1990, poucos países obtiveram tanto crescimento representativo no comércio internacional do agronegócio quanto o Brasil. O País lidera a produção e a exportação de vários produtos agropecuários, sendo o primeiro produtor e exportador de café, de açúcar, de etanol e de suco de laranja. Além disso, lidera o *ranking* das vendas externas do complexo de soja (grão, farelo e óleo), que é o principal gerador de divisas cambiais (BRASIL, 2011). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)

(CONAB, 2012), estima-se que a produção de grãos da safra 2012/13 atinja 182,2 milhões de toneladas, 10% superior à safra 2011/12.

Esse crescente aumento na produção de grãos brasileira é fruto de uma série de fatores, contemplando desde a pesquisa de novas variedades de plantas, defensivos agrícolas, maquinários, até o manejo eficiente dos produtores. Cabe ressaltar o apoio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) que, em parceria com produtores, com industriais e com centros privados de pesquisa, tornou possível o cultivo de grãos - em especial a soja - no cerrado, região das novas fronteiras agrícolas nacionais (BRASIL, 2011).

Embora os agentes envolvidos a montante da porteira da cadeia produtiva agroindustrial tenham alcançado altos índices de produtividade, empecilhos ligados principalmente ao sistema logístico nacional minimizam ganhos econômicos, onerando o setor como um todo. Sabe-se ainda que, à medida que aumenta a distância de escoamento de uma *commodity*, aumenta também a necessidade de serviços logísticos eficientes. Para tanto, a intermodalidade surge como alternativa para reduzir custos logísticos e, conseqüentemente, aumentar a competitividade das empresas agroindustriais nacionais frente aos competidores estrangeiros.

Desta forma, o terminal intermodal, agente responsável pelo transbordo do grão de uma modalidade para outra, torna-se elo essencial para a realização da intermodalidade, sendo ponto crucial para o aumento do desempenho da cadeia logística de grãos nacional. Isto porque seu baixo desempenho tende a afetar diretamente todo o sistema de distribuição de grãos, comprometendo a competitividade do setor agroindustrial como um todo. Para tanto, diversos estudos têm sido conduzidos com o intuito de avaliar o desempenho operacional de terminais intermodais.

Reconhecida sua importância como elo essencial para a redução de custos logísticos, órgãos governamentais de pesquisa têm despendido parcela de seus orçamentos para a realização de pesquisa sobre intermodalidade e sobre terminais intermodais. No Brasil, merecem destaque dois projetos: o projeto Alogtrans, voltado ao estudo dos corredores de escoamento de produtos agroindustriais, financiado pela Finep; e, mais recentemente, o projeto Desempenho dos Terminais Intermodais da Cadeia Logística de Grãos, relacionado à mensuração do desempenho operacional de terminais intermodais da cadeia logística de grãos nacional, financiado pelo CNPq, e no qual o presente trabalho está inserido.

Neste mesmo sentido, o presente trabalho tem, como principal objetivo, caracterizar e avaliar a eficiência técnica, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), dos terminais intermodais que operam granéis sólidos agrícolas (soja e milho) localizados no Corredor Logístico Centro-Leste. Paralelamente, propõe-se a apresentar a eficiência de escala como forma de identificar a dinâmica de operação das empresas.

O presente estudo está estruturado de forma que, além dessa introdução, é apresentado, na segunda seção, o referencial teórico, expondo conceitos sobre logística, sobre intermodalidade agroindustrial, sobre desempenho e sobre a técnica DEA. Na terceira seção, é apresentada a natureza da pesquisa, seguida dos procedimentos metodológicos adotados para alcançar os objetivos propostos. A quarta seção apresenta e discute os

resultados alcançados com a pesquisa. Por fim, na quinta seção são feitas as considerações finais, as conclusões e as sugestões para estudos futuros.

2. Referencial Teórico

Este item encontra-se dividido em duas subseções. A primeira apresenta o conceito de logística e a intermodalidade. Já a segunda versa sobre o modelo de desempenho adotado e a DEA, como técnica utilizada para mensurar a eficiência técnica de unidades produtivas.

2.1. Logística e intermodalidade

De acordo com Bertaglia (2005), a logística desempenha atividades muito mais específicas do que apenas estocar e distribuir produtos. A preocupação atual está em entregar os produtos no tempo certo, no local certo, na quantidade certa, minimizando os erros e maximizando a qualidade com o menor custo possível.

Ballou (2010) afirma que as atividades de transporte, de manutenção de estoques e de processamento de pedidos são tidas como primárias, ou atividades-chave para o alcance dos objetivos logísticos empresariais. Essas atividades são consideradas essenciais para a coordenação e o cumprimento da tarefa logística, além de representarem maior parcela do custo total do segmento.

O sistema logístico brasileiro encontra-se em um grande dilema. Por um lado, o setor produtivo tem se modernizado para tentar reduzir custos e aumentar a satisfação dos clientes; por outro, problemas estruturais existentes, principalmente na matriz de transporte, comprometem não só o desempenho dos agentes do setor, como o desenvolvimento econômico-social do País (FLEURY, 2006).

A distribuição percentual de cada modal de transporte no Brasil, estimada em função das quantidades de toneladas-quilômetro-úteis (TKUs), encontra-se estruturada da seguinte maneira: rodoviário, 52%; ferroviário, 30%; cabotagem, 8%; e, hidroviário e dutoviário, 5% cada. Não se sabe qual seria a distribuição ideal para atender o cenário nacional; no entanto, em termos de custos logísticos e de emissões de gases de efeito estufa, uma matriz com participação maior de modalidades não rodoviárias seria desejável (BRASIL, 2012). A demanda por modais de transporte mais eficientes em custos e capacidade de movimentação aumenta à medida que se pretende atender o escoamento de *commodities*, enquanto produtos de baixo valor agregado.

Sendo assim, a busca por redução nos custos logísticos e por confiabilidade no serviço prestado tem se tornado cada vez mais frequente no setor agroindustrial nacional. Consequentemente, o uso de mais de uma modalidade de transporte surge como oportunidade para as empresas se tornarem mais competitivas, visto que o modal rodoviário predomina na matriz de transporte nacional, mesmo para produtos e ou trechos onde ele não é considerado o mais competitivo (NAZÁRIO, 2000).

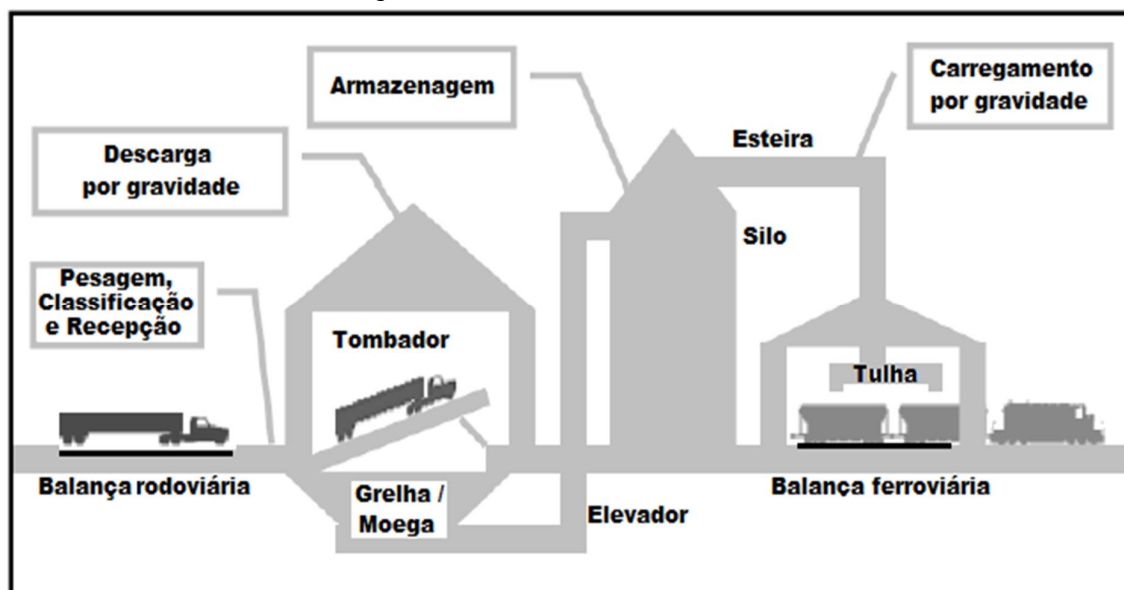
O transporte intermodal também consiste na combinação de mais de um modal de transporte. Porém, como utiliza distintos contratos, de maneira unilateral, com diferentes empresas responsáveis pelo transporte da carga, é tido como facilitador da importação e da exportação, visando a reduzir custos e a aumentar o nível do serviço (BERTAGLIA, 2005).

Calabrezi (2005) destaca que cada modal possui vantagens e desvantagens quando utilizado individualmente. Entretanto, os aspectos negativos podem ser minimizados com a combinação entre dois ou mais modais de transportes, muito embora, para que esta integração seja realizada, seja imprescindível a estrutura de apoio do terminal intermodal.

De acordo com Sogabe (2010), o transbordo da carga de um modal para outro demanda uma estrutura física adequada – denominado de terminal intermodal - para que a transferência seja feita da maneira mais eficiente possível. Etimologicamente, terminais correspondem à realidade funcional do fim de uma atividade e do início de outra.

Em função das combinações intermodais encontradas ao longo da cadeia logística de grãos nacional, a pesquisa de Santos (2012) revelou a existência de cinco diferentes tipos de terminais intermodais: rododiferroviário, ferro-rodoviário, rodoaquaviário, rodo-ferro-aquaviário e aquaferroviário. O critério adotado para a classificação do terminal foi o fluxo de mercadoria em direção ao consumidor final. Por exemplo, se o fluxo de transbordo do terminal for maior do modal rodoviário para o modal ferroviário, este terminal foi considerado rododiferroviário; se o fluxo for inverso, este foi considerado ferro-rodoviário. A Figura 1 ilustra a configuração de um terminal rododiferroviário.

Figura 1 - Terminal rododiferroviário



Fonte: Santos (2012).

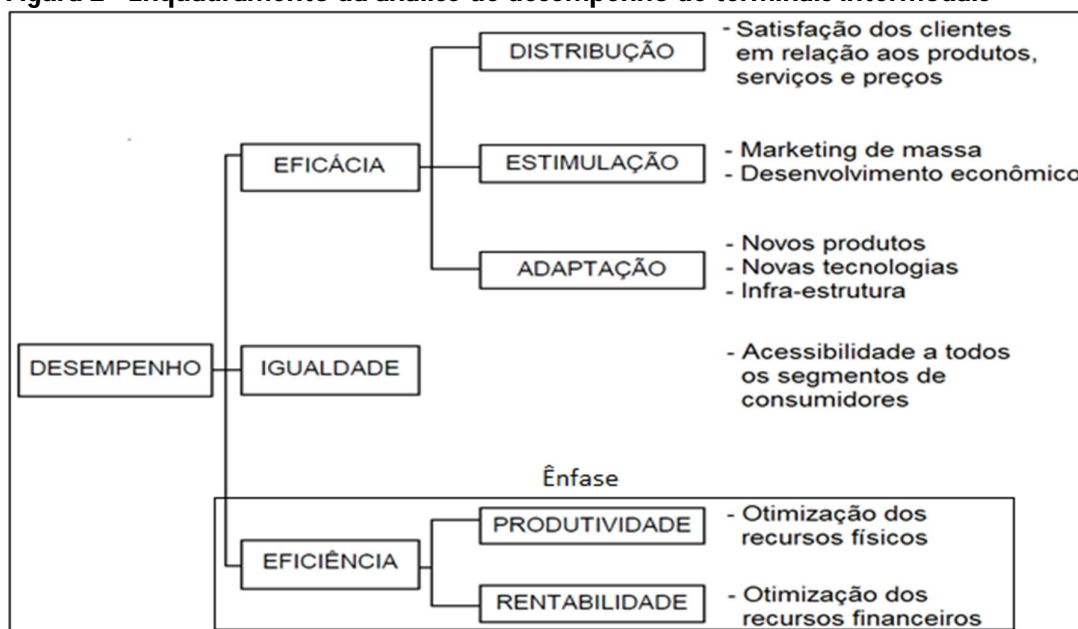
2.2. Modelo de desempenho e a Análise Envoltória de Dados (DEA)

Segundo Razzolini Filho (2006), o processo de avaliação de desempenho logístico tem despertado grande interesse em pesquisas, não só nas universidades, mas também em empresas do segmento. Esse processo tem fundamental importância para o sucesso empresarial, sobretudo no que diz respeito à melhoria de serviços oferecidos aos clientes. O autor salienta que, a partir de certo momento, os serviços logísticos acabam se tornando muito parecidos, e que somente a avaliação de seus desempenhos possibilitaria alcançar algum nível de diferencial competitivo.

Para Neely, Gregory e Platts (2005), a mensuração do desempenho é o processo de quantificação dos resultados das ações tomadas por uma organização em um determinado período. Já a ação é o comportamento que leva ao desempenho. Sendo assim, o desempenho pode ser visto como a medida ou o resultado das ações de uma organização em um determinado período, envolvendo tanto fatores quantitativos ligados à eficiência como fatores qualitativos associados à eficácia.

Para tanto, com o intuito de avaliar o desempenho dos terminais intermodais do Corredor Logístico Centro-Oeste, Sogabe et al. (2009) adaptaram os modelos propostos por Stern e El-Ansary (1982) e por Goldman (1992), e propuseram modelo específico para avaliação de terminais intermodais (ver Figura 2). Os autores concentraram-se na perspectiva de desempenho voltada à eficiência produtiva, ou seja, visando a otimizar os recursos físicos disponíveis. Neste sentido, a eficiência consiste na avaliação da relação entre os resultados obtidos pelo terminal e os recursos colocados à disposição para sua realização.

Figura 2 - Enquadramento da análise de desempenho de terminais intermodais



Fonte: Sogabe et al. (2009).

Revista ADM.MADE, Rio de Janeiro, ano 13, v.17, n.1, p.1-23, janeiro/abril, 2013.

Mediante a abordagem proposta pelo modelo de Sogabe et al. (2009), o presente artigo utiliza a técnica de DEA para mensurar a eficiência técnica dos terminais intermodais do Corredor Logístico Centro-Leste. Segundo Soares de Mello et al. (2005), um dos principais objetivos da DEA é a comparação de unidades produtivas que realizam tarefas similares, mas que se diferenciam em recursos consumidos e saídas produzidas.

Lorenzetti, Lopes e Lima (2010) destacam que um dos problemas enfrentados pela administração de empresas é a dificuldade em estabelecer e em definir métodos eficientes para a mensuração e para a avaliação de desempenho de unidades isoladas, de empresas inteiras ou de um setor, assim como a determinação das unidades relativamente ineficientes e as metas a serem alcançadas para compor o grupo com padrão eficiente. Sherman e Zhu (2006) afirmam, portanto, que a DEA torna-se uma excelente ferramenta para o estudo de desempenho e de aumento da produtividade nos negócios.

2.2.1. Mensuração da eficiência técnica

A técnica DEA, por meio da técnica de programação linear matemática, possibilita mensurar o desempenho de diversas unidades tomadoras de decisão (DMU, do inglês Decision Making Unit) de uma mesma indústria e que possuam mais de uma entrada (*input*) e mais de uma saída (*output*), com unidades de medidas diferentes, em um único modelo integrado. No presente estudo, cada DMU refere-se a um terminal intermodal (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; SOARES DE MELLO et al., 2005; COOPER; SEIFORD; TONE, 2007; NOVAES, 2007; COOK; ZHU, 2008).

Segundo Cook e Zhu (2008), a partir da identificação das empresas consideradas 100% eficientes, é gerada a fronteira de eficiência. Esta fronteira de eficiência consiste no conjunto de DMUs que apresentam os melhores desempenhos relativos. Os autores ainda afirmam que a técnica DEA fornece as seguintes informações: a) Identifica os *scores* de eficiência para cada DMU; b) Identifica um grupo de referência de eficiência ou grupo de pares para cada unidade ineficiente; e, c) Aponta quantos *inputs* devem ser diminuídos ou quantos *outputs* devem ser aumentados para que cada DMU ineficiente torne-se eficiente.

São encontrados dois modelos básicos de DEA na literatura: o modelo Constant Return to Scale (CRS) e o modelo Variable Return to Scale (VRS). O primeiro, inicialmente proposto por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), denominado também CCR (homenagem aos autores) considera rendimentos constantes de escala - ou seja, a produção varia proporcionalmente à variação dos insumos, ou vice-versa. Este modelo determina a eficiência técnica pela otimização da divisão entre a soma ponderada dos *outputs* e a soma ponderada dos *inputs*. O segundo modelo, proposto por Banker, Charnes e Cooper (1984), também denominado BCC (em referência às iniciais dos autores), introduz a restrição de convexidade ao modelo CCR, ou seja, a inserção de uma unidade de insumo não implica a produção de unidade produzida. Segundo Ferreira e Gomes (2009), sua utilização é mais apropriada para avaliar unidades produtivas de dimensões ou de portes distintos.

Ambos os modelos têm possibilidade de orientação a insumo, quando se pretende minimizar os insumos, mantendo os produtos inalteráveis; ou de orientação a produto, quando se almeja maximizar os *outputs* mantendo os *inputs* constantes.

A formulação matemática do modelo CCR orientado ao produto, segundo Kassai (2002), é dada pelas seguintes equações:

$$\text{Minimizar } h_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik} \quad (1.1)$$

sujeito a

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0 \quad (1.2)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{rk} = 1 \quad (1.3)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (1.4)$$

$j = \text{produtos}; x = \text{insumos}; u, v = \text{pesos}$

$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$

Este modelo busca maximizar os produtos mantendo o mesmo nível de insumos observados, expresso pela minimização da somatória das quantidades produzidas em x multiplicadas pelos pesos (preços) v . A primeira restrição (eq. 1.2) pode ser definida como o resultado da DMU, uma vez que é a subtração entre o somatório das quantidades produzidas multiplicadas pelos pesos dos produtos ($\sum_{r=1}^m u_r y_{rk}$) e o somatório da multiplicação dos insumos consumidos pelos pesos ($\sum_{i=1}^n v_i x_{ij}$), limitado a zero.

Na segunda restrição (eq. 1.3), o somatório do produto das quantidades produzidas pelos pesos específicos para a empresa k ($\sum_{r=1}^m u_r y_{rk}$) é igual a 1. Na terceira restrição (eq. 1.4), os pesos atribuídos devem ser, necessariamente, iguais ou superiores a zero.

Já o modelo BCC orientado ao produto apresenta a seguinte formulação:

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^n v_i x_{ki} + V_k \quad (1.5)$$

sujeito a

$$\sum_{j=1}^m u_j y_{jk} = 1 \quad (1.6)$$

$$\sum_{r=1}^m u_r y_{jr} + \sum_{i=1}^n v_i x_{ji} - v_k \leq 0 \quad (1.7)$$

$$u_r, v_i \geq 0 \quad (1.8)$$

$j =$ produtos ; $x =$ insumos ; $u, v =$ pesos

$r = 1, \dots, m; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, N$

Nota-se a inserção da variável v_k que, por sua vez, representa o nível de escala de operação de cada DMU (KASSAI, 2002). Depois de feita padronização dos pesos utilizando a programação linear, gera-se a unidade ou o grupo de unidades eficientes. As DMUs que forem consideradas 100% eficientes estarão sobre a fronteira de eficiência e obterão *score* igual a 1; já as que obtiverem abaixo de 1 serão consideradas ineficientes (KASSAI, 2002; NOVAES, 2007). Para o presente estudo, este fato indicaria que o terminal possui capacidade de aumentar sua movimentação de transbordo, mantendo os insumos inalterados.

2.2.2. Mensuração da eficiência de escala

Aplicados os modelos DEA, podem ocorrer seis situações distintas para cada DMU, cada uma refletindo uma possível combinação de insumo e produto (ver Quadro 1).

Conforme exposto por Cooper, Seiford e Tone (2007), a eficiência de escala é medida por meio da equação $EE = \theta CCR / \theta BCC$. Assim como os índices de eficiência de ambos os modelos, este também varia entre zero e 1, sendo que, à medida que esta relação se aproxima de 1, maior é a eficiência de escala ou vice-versa. Portanto, esta análise possibilita identificar os níveis de escala das DMUs, possibilitando fazer uma classificação. Da mesma maneira, permite estabelecer critérios objetivos para que as DMUs que operam abaixo do seu nível ideal possam aumentar seus níveis de escala de operação.

De acordo com Ross e Droge (2004), o valor do parâmetro de escala (estimado por v_k , gerado pelo modelo BCC por meio do *software* SIAD V3.0) define o nível de distanciamento da escala ótima de produção, conforme descrito abaixo:

- $v_k = 0$: retornos constantes de escala (opera na escala ótima);
- $v_k > 0$: retornos decrescentes de escala (opera acima da escala ótima);
- $v_k < 0$: retornos crescentes de escala (opera abaixo da escala ótima).

Quadro 1 - Combinações possíveis de insumos e de produtos das DMUs nos modelos DEA, pressupondo-se retornos constantes e variáveis

Tipo de retorno	Eficiente	Ineficiente
Constante	Considerada a melhor situação. Utiliza recursos sem desperdício e opera em ótima escala. O aumento da produção deve ocorrer mantendo-se a proporção de uso dos fatores. Aumentos de custos são proporcionais aos aumentos de produção.	A DMU está operando em escala ótima, porém existe ineficiência técnica. Isso significa que se pode reduzir o uso de insumos e continuar produzindo a mesma quantidade (orientação a produto). De maneira equivalente, a produção pode crescer mantendo a mesma quantidade de insumos (orientação produto). Eliminando as ineficiências técnicas, a DMU torna-se eficiente com retornos constantes.
Crescente	Apesar de tecnicamente eficiente, não existem insumos utilizados em excesso e o volume de produção está abaixo da escala ótima. A DMU pode aumentar a produção a custos decrescentes. Assim, o aumento da produção deve ocorrer mediante incorporação de insumos, porém mantendo a relação de produto e insumo.	Nesta situação, existem dois problemas: ineficiência técnica, devido ao uso excessivo de insumos; e ineficiência de escala, devido a estar operando abaixo da escala ótima. Para eliminar a eficiência técnica é preciso eliminar os excessos de uso de insumos. Por outro lado, para operar em escala ótima é necessário aumentar a produção. Em síntese, a DMU deve aumentar a produção, reduzindo as relações entre quantidades utilizadas de insumos e o volume de produção.
Decrescente	DMU tecnicamente eficiente, porém operando acima da escala ótima. Como alternativa, deve-se reduzir o volume de produção da DMU, mantendo a mesma relação entre insumos e produto. Uma vez que não há ineficiência técnica, pode ser que a superutilização da planta seja vantajosa. Outra alternativa para aumentar a produção seria a adoção de políticas qualitativas, possibilitando aumento da produtividade sem a necessidade de se utilizarem mais insumos. O fato é que, nesta situação, o aumento da produtividade se dará a custos crescentes.	A DMU está operando acima da escala ótima e tem ineficiência técnica. Para aumentar a eficiência técnica, devem-se eliminar os insumos que estão sendo utilizados em excesso - ou seja, deve-se produzir mais, utilizando os mesmos insumos. Com relação ao problema de escala, pode-se reduzir a produção ou utilizar um número maior de DMUs menores para produzir a mesma quantidade anterior. Pode-se, ainda, melhorar a tecnologia, aumentando a produtividade dos fatores de produção.

Fonte: Ferreira e Gomes (2009).

2.3. DEA em estudos anteriores de logística e transportes

A utilização da técnica não paramétrica DEA ganhou destaque por volta dos anos 1990, tentando dar suporte a problemas encontrados em diversos setores da economia, dentre eles os setores de transportes e de logística, incluindo aplicações militares, serviços de ônibus escolares e avaliação de tráfego aéreo (NANCI; AZEVEDO; SOARES DE MELLO, 2004). Liu, Liu e Cheng (2005) afirmam que, possivelmente, o primeiro estudo de DEA relacionado a portos e a terminais foi publicado por Roll e Hayuth (1993), os quais utilizaram exemplos hipotéticos de 20 portos para gerar uma simulação de resultados.

No Brasil, estudos de problemas logísticos analisados por meio de DEA iniciaram em meados dos anos 2000 com grande foco no transporte aeroviário, analisando a eficiência da infraestrutura do setor e de companhias aéreas que compõem esta modalidade. Estudos com outras unidades de análise, como o sistema de transporte urbano de cidades e a atividade de distribuição de organizações, são ainda mais recentes, apontando o avanço da metodologia DEA na análise empírica de problemas logísticos no contexto nacional (DIAS et al., 2010).

Como já mencionado anteriormente, poucos estudos foram conduzidos por meio da técnica de DEA para mensurar a eficiência de terminais intermodais graneleiros, embora muitos outros estudos das áreas da logística e de transportes tenham utilizado a técnica, como mostra o Quadro 2. Esses trabalhos serviram de base para a seleção das variáveis do presente estudo.

Quadro 2 - Uso de DEA em estudos de logística e de transporte

Foco de análise	Autor(es)	Modelo – Orientação
Terminais portuários	Culliane e Wang (2010)	CCR e BCC – Insumo
Transporte aeroviário	Dias et al. (2010)	BCC – Produto
Terminais portuários	Hung, Lu e Wang (2010)	CCR e BCC – Insumo
Terminais intermodais	Sogabe (2010)	Não especificado - Não especificado
Terminais intermodais	Teixeira (2010)	Não especificado - Não especificado
Operadores logísticos	Wanke e Affonso (2011)	CCR e BCC – Insumo
Transporte marítimo	Acosta, Silva e Lima (2011)	BCC – Produto
Terminais intermodais	Santos (2012)	BCC – Produto
Transporte urbano	Jordá, Cascajo e Monzón (2012)	BCC - Insumo
Transporte aeroviário	Peralman e Serebrisky (2010)	CCR e BCC – Produto

Fonte: Elaboração própria

3. Método de Pesquisa

Esta pesquisa é caracterizada como de abordagem mista, pois utiliza-se da técnica qualitativa descritiva para caracterizar os terminais intermodais e da técnica quantitativa, por meio da Análise Envoltória de Dados (DEA), para medir o desempenho técnico relativo dos terminais intermodais do Corredor Logístico Centro-Leste. Segundo Creswell (2007), esse método de pesquisa se desenvolveu com o intuito de reunir dados qualitativos e evidências quantitativas em um mesmo estudo, e tem como objetivo expandir o entendimento do assunto fazendo o cruzamento de informações de um método com outro.

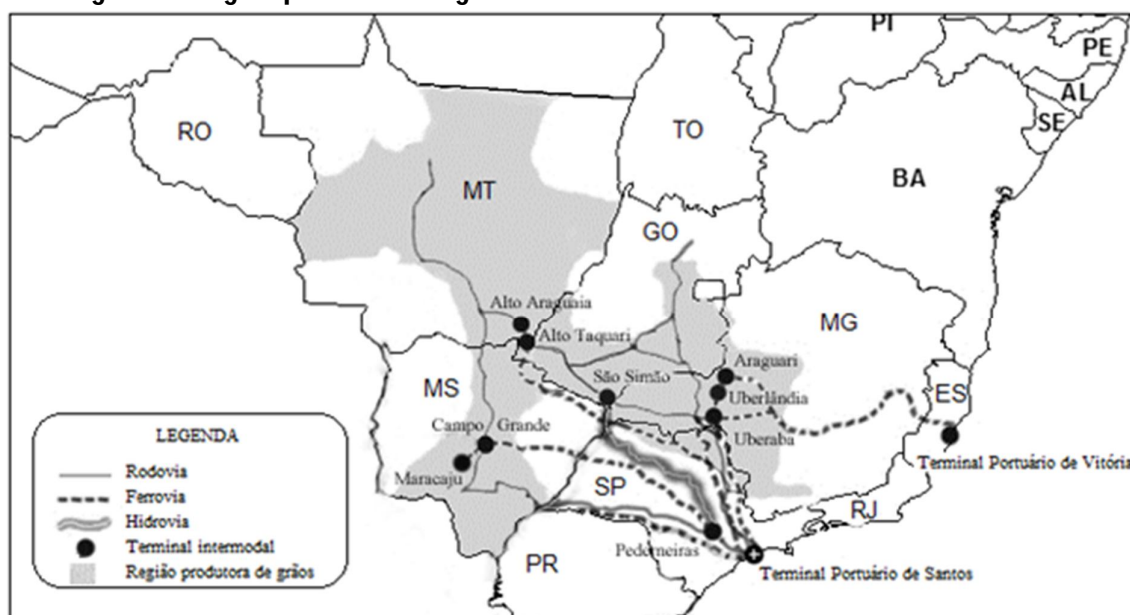
Quanto aos objetivos, este estudo se caracteriza como um estudo exploratório. A pesquisa exploratória é utilizada quando há pouco ou nenhum estudo anterior onde se buscar informação, e busca procurar e gerar padrões, ideias ou hipóteses (COLLIS; HUSSEY, 2005; VERGARA, 2007). Como técnica de procedimento, o meio adotado nesta pesquisa é o estudo de caso múltiplo, ou estudo multicaso. De acordo com Yin (1989), o método de estudo de caso, mesmo sendo procedimento de pesquisa de caráter qualitativo, pode também envolver a utilização de evidências quantitativas, contribuindo para uma melhor aplicabilidade do método.

A amostra do estudo caracteriza-se como não probabilística, intencional e por conveniência. Foram entrevistados, *in loco*, gerentes de 12 terminais intermodais do Corredor Logístico Centro-Leste dentre uma população estimada de 25 terminais. A escolha por esse método deu-se, principalmente, pela disponibilidade de acesso aos terminais intermodais de grãos da região. Como técnica de coleta de dados, utilizou-se questionário semiestruturado do tipo *survey*, os quais foram aplicados durante os meses de outubro e novembro de 2011.

Para o cálculo de eficiência técnica, utilizou-se o *software* Sistema Integrado de Apoio à Decisão (SIAD) V3.0. Esta ferramenta realiza os cálculos de programação linear, gerando índices de eficiência técnica das DMUs. Este programa foi escolhido por possuir as opções de modelos básicos de DEA - o CCR e o BCC – e por disponibilizar as duas orientações (Insumo e Produto). Já o cálculo da eficiência de escala foi realizado separadamente, uma vez que o *software* não dispõe desta opção.

O Corredor Centro-Leste sofre influência dos eixos de integração Rede Sudeste, Rede Oeste e Rede Sudoeste, compreendendo parte das regiões Sudeste e Centro-Oeste (ver Figura 3). Também utiliza cadeia de suprimento e um conjunto viário (BRASIL, 1994) que, conectados através de terminais intermodais, possibilitam o escoamento da produção pelos portos de Vitória (ES) e Santos (SP).

Percebe-se, ao analisar a Figura 3, que o Corredor Logístico Centro-Leste apresenta uma sólida malha viária, composta por rodovias, por ferrovias e por hidrovias, possibilitando importantes opções para a prática de intermodalidade, que podem permitir a redução de custos logísticos.

Figura 3 - Região produtora de grãos e o sistema viário do Corredor Centro-Leste

Fonte: Elaboração própria a partir de ANTT (2012)

Parcela da produção de grãos proveniente da região Centro-Oeste do País tem como destino o porto de Santos, que tem, como as principais rodovias de escoamento, a BR-364 (que interliga o sul do Mato Grosso e o sul de Goiás, passando por São Simão (GO), até a cidade paulista de Limeira) e a BR-374, que liga o sul do Mato Grosso do Sul até a cidade de São Paulo (SP), posteriormente chegando até Santos (SP) (ANTT, 2012).

O transporte ferroviário na região é provido pelas concessionárias All Malha Oeste, ligando o oeste de Mato Grosso do Sul a Bauru/SP, e pela All Malha Norte, com início na cidade de Alto Araguaia (MT), vai até a cidade de Santa Fé do Sul, localizada no noroeste paulista. Ambos os trechos conectam-se à All Malha Paulista, que dá acesso ao porto de Santos. O acesso ao porto de Vitória é feito pela Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), que chega até Belo Horizonte/MG, onde se conecta com a ferrovia Centro-Atlântica (FCA), que liga o leste de Goiás ao oeste de Minas Gerais, passando pelas cidades mineiras de Araguari e de Uberlândia (MARTINS; LEMOS, 2006; OJIMA, 2006; ANTT, 2012).

Por meio da navegação interior, os grãos produzidos na região são transportados pela hidrovia Tietê-Paraná, seguindo da cidade de São Simão (GO) até Pederneiras (SP). A hidrovia é um importante canal de escoamento de soja, de milho, de farelo, de açúcar e de areia das regiões Sudeste e Centro-Oeste (AHRANA, 2012).

O Quadro 3 apresenta a localização das DMUs consideradas na pesquisa. Visando a preservar informações e a identidade das empresas, cada elemento amostral foi identificado por meio de uma letra do alfabeto.

Quadro 3 - Localização das DMUs amostradas

DMU	Cidade	Estado	DMU	Cidade	Estado
A	Alto Taquari	Mato Grosso	G	Araguari	Minas Gerais
B	Alto Araguaia	Mato Grosso	H	Uberaba	Minas Gerais
C	Campo Grande	Mato Grosso do Sul	I	Uberlândia	Minas Gerais
D	Maracaju	Mato Grosso do Sul	J	Uberlândia	Minas Gerais
E	São Simão	Goiás	K	Pederneiras	São Paulo
F	São Simão	Goiás	L	Vitória	Espírito Santo

Fonte: Elaboração própria

Como primeiro procedimento adotado para escolha das variáveis utilizadas no modelo, foi feito levantamento bibliográfico criterioso e foram coletadas informações com agentes do setor, buscando identificar as variáveis que mais poderiam impactar no desempenho operacional dos terminais. Foram selecionadas aquelas variáveis comuns a qualquer tipo de configuração intermodal. Sendo assim, foram identificadas as seguintes variáveis:

- **Input 1 (Capacidade de recepção):** capacidade máxima de grãos, em toneladas, que o terminal suporta receber no período de uma hora. Segundo Santos (2012), a capacidade de recepção de um terminal é limitada pelo elevador, equipamento que retira os grãos despejados na moega de recebimento, levando-os para o silo de armazenagem.
- **Input 2 (Capacidade de expedição):** capacidade máxima de grãos, em toneladas, que o terminal suporta expedir no período de uma hora. Os equipamentos que fornecem esta medida são tulha, bica ou carregador de navios.
- **Input 3 (Número de funcionários):** quantidade de funcionários especificamente destinada à operação de transbordo e da área administrativa do terminal.
- **Output 1 (Movimentação anual):** quantidade, em toneladas, de grãos (soja e milho) que o terminal movimentou durante o período compreendido entre outubro de 2010 a setembro de 2011.

4. Resultados e Discussão

Antes de apresentar os *scores* de eficiência dos terminais intermodais, foi feita sua caracterização de forma descritiva, buscando apresentar o cenário atual e traçar comentários pertinentes à parte operacional dos elementos que compuseram a amostra. Essa abordagem teve, como finalidade, aumentar o nível de detalhamento da pesquisa.

Como forma de validar as variáveis de um modelo, Hung, Lu e Wang (2010) destacam que elas devam apresentar correlação positiva, de forma que apresentem relação

isotônica. Os coeficientes de correlação apresentados na Tabela 1 validam, portanto, a escolha das variáveis para compor o modelo da pesquisa.

Tabela 1 - Correlação entre as variáveis

	Capacidade de recepção	Capacidade de expedição	Número de funcionários	Movimentação anual
Capacidade de recepção	1			
Capacidade de expedição	0,973817555	1		
Número de funcionários	0,773131763	0,770977546	1	
Movimentação anual	0,868726947	0,829017779	0,792901089	1

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da pesquisa

Cabe ressaltar que a modelagem adotada também obedeceu ao critério proposto por Cooper et al. (2001) e por Dyson et al. (2001). Segundo os autores, para alcançar um nível razoável de discriminação entre os elementos amostrados, a quantidade de DMU deve ser, no mínimo, o triplo da soma dos insumos e dos produtos considerados.

Validadas as premissas necessárias para a utilização da técnica, nota-se, portanto, que o modelo proposto apresenta um embasado constructo teórico e metodológico e, por conseguinte, considera-se apropriado para aplicação.

4.1. Caracterização dos serviços oferecidos e da estrutura física

Santos (2012), ao caracterizar os terminais intermodais da cadeia logística de grãos nacional, afirma que há uma determinada configuração de terminal para cada conexão intermodal. Seguindo a classificação do autor, foram encontrados quatro tipos distintos de terminais no corredor Centro-Leste:

- Terminal rodoferroviário: terminais A, B, C, D, G, H, I e J;
- Terminal rodoaquaviário: terminais E e F;
- Terminal aquaferroviário: terminal K, e
- Terminal rodo-ferro-aquaviário: terminal L.

Para que o grão esteja em conformidade com os padrões mínimos exigidos para comercialização, devem ser realizados alguns serviços pós-colheita (ver Quadro 4), porém não necessariamente pelos terminais intermodais.

Quadro 4 - Serviços prestados pelos terminais

Serviço	DMU											
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Pré-limpeza			●	●	●	●			●	●		
Limpeza			●	●	●	●	●		●	●		
Secagem			●	●	●	●			●	●		
Expurgo			●	●	●	●				●	●	●
Blend	●	●			●	●	●			●	●	●
Segregação	●				●				●	●	●	
Armazenagem	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Transbordo	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fonte: Elaboração própria.

Todos os terminais visitados disponibilizavam o serviço de armazenagem aos clientes, porém apenas 41% dispunham de células específicas de segregação para grãos não geneticamente modificados. Conforme afirmou o gerente do terminal B (o de maior movimentação dentre os 12 visitados), não há interesse da empresa em fazer investimentos em armazéns, uma vez que seu principal foco é aumentar a capacidade de transbordo.

Quanto aos serviços de pré-limpeza e de limpeza, 50% e 58% dos terminais ofereciam esta opção, respectivamente. Esses serviços são prestados quando os grãos recebidos apresentam muitas impurezas, principalmente folhagens, que podem ser incendiados ao passarem pelo processo de secagem.

Secagem e expurgo também estavam sendo oferecidos por 50% e 58% dos terminais, respectivamente. Aquele tem como objetivo diminuir a porcentagem de umidade dos grãos, até que alcance 13%, padrão técnico mínimo necessário para que possam ser armazenados e comercializados. E esse é indicado para casos em que os grãos chegam infestados por insetos ou são armazenados por longos períodos.

Em torno de 66% dos terminais oferecem o serviço de *blend* que, segundo Carvalho (1998), é o procedimento de mistura de grãos de qualidades diferentes com o objetivo de manter o padrão mínimo necessário para comercializá-los, minimizando perdas qualitativas e quantitativas do produto.

Os sistemas de recebimento, de expedição e de armazenagem de grãos são compostos por uma série de equipamentos de apoio (ver Tabela 2). Esse aparelhamento tende a impactar tanto no desempenho operacional quanto no nível de serviço do terminal.

Tabela 2 - Caracterização dos equipamentos de apoio ao transbordo dos terminais

DMU	Propriedade	Nº de balanças de recepção	Nº de moegas	Nº de tombadores	Nº de tulhas ou bicas de recepção	Nº de balanças de expedição
A	Privada	2	2	2	1	1
B	Privada	2	4	4	3	3
C	Pública	1	6	*	2	1
D	Pública	1	4	*	2	1
E	Privada	5	2	2	1	1
F	Privada	6	2	1	1	1
G	Privada	3	4	2	1	2
H	Pública	1	2	*	4	1
I	Privada	4	7	1	4	*
J	Privada	2	3	1	6	1
K	Privada	*	1	*	1	*
L	Privada	2	2	*	*	1

Fonte: Elaboração própria

* - Não possuiu ou não foi informado

Ao analisar a Tabela 2, percebe-se que o número de balanças de recepção é igual ou superior ao número de balanças de expedição. Essa característica se deve à maioria dos terminais transbordarem grãos de um modal que apresente capacidade baixa para um modal com capacidade de transporte superior.

Já o número de tombadores é, obrigatoriamente, igual ou inferior ao número de moegas. Tombadores agilizam o processo de descarregamento dos grãos de carretas ou de vagões, reduzindo o tempo da operação pela metade, comparada com aqueles terminais que não disponibilizam deste equipamento. O terminal que apresentou maior quantidade de tombadores também apresentou maiores capacidade de recepção e movimentação anual.

As tulhas ou bicas de expedição são os equipamentos por onde os grãos são expedidos, e limitam a quantidade de movimentação. Os terminais que transbordam grãos para o modal hidroviário não necessitam de várias bicas ou carregadores de navios, uma vez que estes equipamentos são capazes de movimentar elevadas quantidades de grãos. Este fato é corroborado pelos terminais E, com uma bica, e L, com um carregador de navios, que possuíam capacidade de expedição de 450t/h e de 600t/h, respectivamente. Por outro lado, os terminais D, com duas, e H, com quatro tulhas, expediam 80t/h e 90t/h, respectivamente.

4.2. Eficiência técnica e de escala dos terminais intermodais do Corredor Centro-Leste

A Tabela 3 apresenta os valores das variáveis (*inputs* e *output*) utilizadas na modelagem para o cálculo das eficiências técnica e de escala dos terminais em estudo.

Tabela 3 - Variáveis da modelagem

DMU	Capacidade de recepção (t/h)	Capacidade de expedição (t/h)	Número de funcionários (un.)	Movimentação anual (t) ⁴
A	600	700	17	1.470.000
B	1.000	1.140	212	7.560.000
C	240	150	10	34.200
D	80	80	10	13.000
E	300	450	40	466.955
F	300	450	18	150.000
G	375	380	80	924.000
H	90	90	17	35.013
I	200	200	28	500.000
J	240	240	16	1.500.000
K	500	500	43	466.955
L	600	600	27	4.672.528

Fonte: Elaboração própria

É importante salientar que os resultados derivados da aplicação do DEA devem ser interpretados com cuidado, para que se possam extrair informações proveitosas. Considerando-se que é utilizado um conjunto limitado de insumos e de produtos, os resultados devem ser tratados como parciais. No entanto, os resultados obtidos podem ser considerados como ponto inicial para discussões mais aprofundadas, buscando investigar fontes de ineficiência ou de diferenças de desempenho com o maior detalhamento possível (LORENZETT; LOPES; LIMA, 2010).

A Tabela 4 apresenta os terminais e seus respectivos índices de eficiência técnica (modelos CCR e BCC com orientação a *output*) e de escala. Os terminais classificados como eficientes foram aqueles que apresentaram *scores* iguais a 100% no modelo BCC. As DMUs que apresentaram índice inferior a 100% foram classificadas como ineficientes, apontando existência de folga quanto à variável "movimentação anual".

Os resultados gerados pelo modelo BCC apontaram cinco terminais (B,C, D, J e L) como 100% eficientes. Ou seja, devido às proporções de movimentação (*output*), maximizavam suas estruturas físicas (*inputs*). Os demais terminais apresentaram capacidade de expansão, no que tange à capacidade de movimentação anual (*output*), considerando as infraestruturas existentes.

⁴ A movimentação pode se alterar de acordo com a safra e, conseqüentemente, alterar as eficiências dos terminais do ano em análise. No entanto, como a técnica DEA supõe uma análise relativa, estima-se que variações na produção tendem a impactar os resultados de maneira igualitária para todas as DMUs.

Tabela 4 - Eficiência dos terminais intermodais

DMU	CCR	BCC	v^k	Eficiência de escala	Condição	Retornos de escala
L	100	100	0	1,000	Eficiente	Constante
B	97	100	0,19	0,970	Eficiente	Decrescente
K	11,9	12,3	-1,31	0,967	Ineficiente	Crescente
G	31,6	34,3	-0,66	0,921	Ineficiente	Crescente
F	6,4	7,3	-4,1	0,877	Ineficiente	Crescente
E	19,9	23	-1,31	0,865	Ineficiente	Crescente
J	80,2	100	-0,41	0,802	Eficiente	Crescente
I	32,1	44,3	-1,46	0,725	Ineficiente	Crescente
A	49,9	75,6	-1,83	0,660	Ineficiente	Crescente
H	4,9	33	-20,86	0,148	Ineficiente	Crescente
C	2,9	100	-77,7	0,029	Eficiente	Crescente
D	2	100	-207,5	0,020	Eficiente	Crescente

Fonte: Elaboração própria

Localizado próximo à maior fronteira agrícola do País, o terminal B foi considerado 100% eficiente e operava com retornos de escala decrescentes. Operado pela empresa concessionária da ferrovia, este é o maior terminal intermodal *inland* em operação no Brasil, operando três turnos diários, 365 dias por ano. Por outro lado, esta elevada escala de operação pode justificar a ineficiência técnica e de escala do terminal A, sob mesma gestão. Segundo os gestores entrevistados, a estratégia da empresa é maximizar as operações do terminal B, e quando necessário, transferir parte da movimentação para o terminal A. Conseqüentemente, essa estratégia tem ocasionado grandes filas e congestionamentos em época de safra, problema recorrente também na maioria dos portos brasileiros.

Os três terminais com conexão ao modal hidroviário (E e F, localizados em São Simão (GO), e K, na cidade paulista de Pederneiras) apresentaram as piores eficiências técnicas do estudo. Esta informação sugere que, além de ações tomadas pelos gerentes desses terminais, sejam tomadas iniciativas pelo poder público para aumentar a capacidade de movimentação de carga pelas hidrovias nacionais pouco exploradas. Esse dado vai de encontro ao que é proposto pela literatura de transportes, uma vez que esta modalidade é a mais indicada para transportes de mercadorias de baixo valor agregado, de alto volume e de longas distâncias.

Apenas o Terminal de Uso Privado (TUP) misto L, localizado em Vitória (ES), operava em escala ótima de produção. Por ser um terminal portuário, recebe grãos de diversas operadoras *tradings* e de outros grandes clientes destinados à exportação. Este fato corrobora Landivar (2012), que concluiu que a variável "terminal portuário" aumenta em 69% a eficiência de um terminal intermodal. Os terminais C, D e J, embora considerados 100% eficientes pelo modelo BCC, não operavam em escala ótima de produção, podendo aumentar a produção a custos decrescentes.

Sendo assim, os terminais intermodais do Corredor Logístico Centro-Leste de grãos apresentaram índice de eficiência técnica média de 60,81%. A subprodutividade média encontrada (39,19%) se deu, principalmente, pelo fato de alguns terminais terem apresentado movimentação de transbordo muito abaixo do que a infraestrutura instalada permitiria. Houve diferença significativa de eficiência técnica entre os terminais, uma vez que cinco DMUs alcançaram eficiência máxima e seis DMUs apresentaram scores de eficiência abaixo da média encontrada entre os terminais da amostra.

Os três terminais que apresentaram os piores resultados de eficiência de escala (terminais H, C e D) são, curiosamente, terminais públicos. O baixo nível de escala operacional pode ser explicado pelo fato de esses terminais se dedicarem mais à operação de armazenagem do que à operação de transbordo, regulando estoques públicos de grãos.

5. Considerações Finais

Diante dos objetivos propostos no estudo, entende-se que a modelagem proposta por Sogabe et al. (2009), complementada com a técnica DEA, foi apropriada para avaliar o desempenho relativo dos terminais intermodais do Corredor Logístico agrícola Centro-Leste. Esta abordagem possibilitou mensurar os scores de eficiência técnica e de escala de cada terminal, possibilitando classificar seus níveis de escala de operação.

Por meio da análise descritiva do Corredor Logístico agrícola Centro-Leste e de parte dos terminais intermodais que nele operam, inferiu-se que a região apresenta potencial de crescimento para o transporte intermodal de *commodities*. Os dados quantitativos corroboram esta informação, uma vez que a eficiência média encontrada foi de 60,81%, apontando folgas de movimentação em 58% dos terminais da região.

Conclui-se também que terminais intermodais com conexão ao modal hidroviário tendem a apresentar baixos índices de eficiência técnica. Esse fato demonstra a necessidade de aumentar a quantidade de investimentos em infraestrutura neste modal de transporte, buscando proporcionar melhor navegabilidade e, conseqüentemente, aumentar a participação desta modalidade na matriz de transporte brasileira. Da mesma maneira, o estudo revela que terminais sob gestão pública operam em escala produtiva muito inferior aos terminais de propriedade privada. Este cenário pode ser explicado devido ao sucateamento das estruturas de terminais públicos.

Todavia, os resultados do estudo parecem refletir uma visão adequada e realista da dinâmica do setor, apontando, principalmente, para o baixo nível de utilização dos terminais intermodais. Ineficiências técnicas e de escala encontradas no setor geram aumento dos custos operacionais que, conseqüentemente, são repassados aos clientes, gerando perda de competitividade ao agronegócio nacional. Portanto, cabe aos gestores das empresas desenvolverem estratégias com o intuito de aumentar a quantidade de grãos transbordada e, por conseguinte, maximizar a utilização dos ativos dos terminais.

Por fim, para estudos futuros, sugere-se a continuidade dessa pesquisa para observar se o crescimento da produção de grãos impactaria no aumento da operação de transbordo

e, conseqüentemente, da intermodalidade. A inserção de variáveis financeiras na modelagem sugerida no presente trabalho poderia aprofundar a discussão das variáveis que impactam no desempenho técnico operacional de terminais intermodais.

Referências

- ACOSTA, M. C. M.; SILVA, A. M. V. A.; LIMA, M. L. P. Aplicação de análise envoltória de dados (DEA) para medir eficiência em portos brasileiros. **Journal of Transport Literature**, v. 5, n. 4, p. 88–102, 2011.
- AHRANA - Administração da Hidrovia do Paraná . **Trechos da Hidrovia do Paraná**. Disponível em: <<http://www.ahrana.gov.br/>>. Acesso em: 15/8/2012.
- ANTT - Agência Nacional dos Transportes Terrestres. **Transporte Multimodal de Cargas**. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/carga/multimodal/Transporte>>. Acesso em: 20/9/2012.
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial**: transporte, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 2010.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**, v. 30, n. 9, p. 1078–1092, 1984.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 1ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Vegetal**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal>>. Acesso em: 1/5/2011.
- _____. Ministério dos Transportes. **Corredores de Transporte** - Corredor Centro-Leste. Brasília: GEIPOP, 1994.
- _____. Ministério dos Transportes. Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT). **Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNL**, Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/public/arquivo/arq1352743917.pdf>> Acesso em: 10/10/2012.
- CALABREZI, S. R. S. **A multimodalidade para o transporte de cargas**: identificação de problemas em terminais visando à integração dos modais aéreo e rodoviário. 2005. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- CARVALHO, V. D. **Cafecultura empresarial**: produtividade e qualidade. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429–444, 1978.
- COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira**: Grãos, primeiro levantamento, outubro 2012 – Brasília: Conab, 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_10_09_15_59_18_boletim_portugues_o_ outubro_2012.pdf>. Acesso em: 10/10/2012.
- COOK, W. D.; ZHU, J. **Data Envelopment Analysis**: modeling operational processes and measuring productivity. Binding: Paperback, 2008.
- COOPER, W. W.; LI, S.; SEIFORD, L. M.; TONE, K.; THRALL, R. M.; ZHU, J. Sensitivity and stability analysis in DEA: Some recent developments. **Journal of Productivity Analysis**, v. 15, n. 3, p. 217–246, 2001.

- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. **Data Envelopment Analysis**: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. New York: Springer, 2007.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa**: método qualitativo, quantitativo e misto. 2ª ed. Porto Alegre: Arimed, 2007.
- CULLINANE, K.; WANG, T. The efficiency analysis of container port production using DEA panel data approaches. **OR Spectrum**, v. 32, n. 3, p. 717–738, 2010.
- DIAS, C. G.; LABEGALINI, L.; MARTINS, R. S.; GOMES, A. P. Análise da eficiência da logística aeroportuária no Brasil. **Revista de Economia e Administração**, v. 9, n. 3, p. 271–293, 2010.
- DYSON, R. G.; ALLEN, R.; CAMANHO, A. S.; PODINOVSKI, V. V.; SARRICO, C. S.; SHALE, E.A. Pitfalls and protocols in DEA. **European Journal of Operational Research**, v. 132, n. 2, p. 245–259, 2001.
- FERREIRA, C. M. C.; GOMES, A. P. **Introdução à Análise Envoltória de Dados**: Teoria, Modelos e Aplicações. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- FLEURY, P. F. Os gargalos da infraestrutura logística no Brasil. **Economia Brasileira na Encruzilhada**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.
- GOLDMAN, A. Evaluating the performance of the Japanese distribution system. **Journal of Retailing**, v. 68, n. 1, p. 11–39, 1992.
- HUNG, S.; LU, W.; WANG, T.O. Benchmarking the operating efficiency of Asia container ports. **European Journal of Operational Research**, v. 203, n. 3, p. 706–713, 2010.
- JORDÁ, P.; CASCAJO, R.; MONZÓN, A. Analysis of the technical efficiency of urban bus services in Spain based on SBM models. **ISRN Civil Engineering**, v. 2012, p. 1–13, 2012.
- KASSAI, S. **Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na análise de Demonstrações Contábeis**. 2002. 350 f. Tese (Doutorado em Contabilidade e Controladoria). Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- LANDIVAR, C. G. P. **Determinantes da eficiência técnica dos terminais intermodais do Brasil**. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Economia e Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.
- LIU, B. L.; LIU, W. L.; CHENG, C. P. **Efficiency Analysis of Container Terminals in China**: an Application of DEA Approach. Institute of Transportation Economics. Nankai University, Tianjin, China, 2005.
- LORENZETT, J. R.; LOPES, A. L. M.; LIMA, M. V. A. Aplicação de método de pesquisa operacional (DEA) na avaliação de desempenho de unidades produtivas para área de educação profissional. **Estratégia & Negócios**, v. 3, n. 1, p. 168–190, 2010. Florianópolis.
- MARTINS, R. S.; LEMOS, M. B. **Corredor Centro-Leste**: sistemas de transporte de minas gerais na perspectivas dos eixos de desenvolvimento e integração. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2006.
- NANCI, L. C.; AZEVEDO, S. M.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Estudo da eficiência de empresas distribuidoras de jornais usando Análise Envoltória de Dados. **Produto & Produção**, v. 7, n. 3, p. 27–35, 2004.
- NAZÁRIO, P. Intermodalidade: Importância para a logística e estágio atual no Brasil. In: FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. **Logística empresarial**: a perspectiva brasileira. São Paulo: Atlas, 2000.
- NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: A literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1228–1263, 2005.
- NOVAES, A. G. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- OJIMA, A. L. R. O. Perfil da logística de transporte de soja no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 1, p. 17–25, 2006.

- PARELMAN, S.; SEREBRISKY, T. **Measuring the Technical Efficiency of Airports in Latin America**. Working Paper Policy Research, n. 5339. The World Bank, 2010.
- RAZZOLINI FILHO, E. **Logística: evolução na administração – desempenho e flexibilidade**. Curitiba: Juruá, 2006.
- ROLL, Y.; HAYUTH, Y. Port performance comparison applying Data Envelopment Analysis (DEA). **Maritime Policy and Management**, v. 20, n. 2, p. 153–161, 1993.
- ROSS, A. D.; DROGE, C. An analysis of operations efficiency in large-scale distribution systems. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 6, p. 673–688, 2004.
- SANTOS, A. B. **Avaliação da eficiência operacional dos terminais intermodais da cadeia logística de grãos brasileira**, 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Economia e Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2012.
- SHERMAN, H.; ZHU, D. J. Benchmarking with quality-adjusted DEA (Q-DEA) to seek lower-cost high quality service: evidence from a U.S. bank application. **Annals of Operations Research**, v. 145, p. 301–319, 2006.
- SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; ANGULO-MEZA, L.; BIONDI NETO, L.; SANT'ANNA, A. P. Fronteiras DEA Difusas. **Investigação Operacional**, v. 25, n. 1, 2005.
- SOGABE, V. P.. **Caracterização do desempenho operacional em terminais intermodais de escoamento de grãos: um estudo multicaso no corredor Centro-Oeste**, 2010. 122 f – Dissertação (Mestrado em Administração) - Departamento de Economia e Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.
- SOGABE, V. P.; SILVA, J. N.; SPROESSER, R. L.; SERRA, C. S.; MELLO, R. C. Produtividade em terminais logísticos intermodais de escoamento da safra agrícola do Centro-Oeste: um estudo multicaso. In: XLVII Congresso da SOBER, 2009, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: UFGRS, 2009.
- STERN, L. W.; EL-ANSARY, A. I. **Marketing channels**. 2ª ed. NJ: Prentice Hall, 1982.
- TEIXEIRA, P. E. F. **Desempenho de terminais hidroviários do corredor logístico Centro-Oeste: um estudo de multi-casos**, 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Departamento de Economia e Administração, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.
- VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- WANKE, P. F.; AFFONSO, C. R. Determinantes da eficiência de escala no setor brasileiro de operadores logísticos. **Produção**, v. 21, n. 1, p. 53–63, 2011.
- YIN, R. K. **Study research: design and methods**. USA ed. Sage Publications Inc., 1989.