

Moraes, Ricardo Kalil; Fernandes Wanke, Peter  
Impacto do BNDES na eficiência da indústria siderúrgica: aplicação do modelo Malmquist de dois estágios  
Cadernos EBAPE.BR, vol. 17, núm. 2, 2019, Abril-Junho, pp. 229-246  
Fundação Getulio Vargas, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas

DOI: 10.1590/1679-395172140

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323259843003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais informações do artigo
- Site da revista em redalyc.org

# Impacto do BNDES na eficiência da indústria siderúrgica: aplicação do modelo Malmquist de dois estágios

RICARDO KALIL MORAES<sup>1</sup>PETER FERNANDES WANKE<sup>1</sup><sup>1</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO (COPPEAD UFRJ) / INSTITUTO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA, RIO DE JANEIRO – RJ, BRASIL

## Resumo

Utilizando o modelo Malmquist de análise envoltória de dados (Data Envelopment Analysis – DEA) de dois estágios, este artigo busca avaliar como o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) impacta o desempenho da indústria siderúrgica. Para tanto, são conduzidas a decomposição do índice de Malmquist e a regressão não linear robusta para testar o impacto das variáveis contextuais consideradas. A hipótese da pesquisa de impacto positivo sobre a indústria siderúrgica não é suportada pelos resultados do modelo, indicando um coeficiente negativo sobre o efeito *catching up*. Pode-se destacar poucos exemplos de pesquisa quantitativa sobre o tema, a maioria com foco teórico ou qualitativo. Este artigo contribui com o campo de pesquisa ao adotar uma metodologia estabelecida para a identificação e a mensuração do desempenho de eficiência das firmas. Entretanto, em razão de limitações da amostra selecionada e da metodologia aplicada, há necessidade de novas pesquisas, principalmente para avaliar os resultados sociais desse tipo de política pública.

**Palavras-chave:** BNDES. Índice de Malmquist. Eficiência. Indústria siderúrgica.

## *BNDES' impact on steel industry efficiency: a two-stage Malmquist model usage*

## Abstract

Using two-stage Malmquist-DEA analysis, this article aims to evaluate how the Brazilian National Development Bank – BNDES impacts the performance of the steel industry. The study conducts a Malmquist Index decomposition and nonlinear robust regression, testing the impact of contextual variables. The research hypothesis of positive impact over steel industry performance cannot be supported by the model's results, which suggests a negative coefficient on the catching up effect. Few examples of quantitative research on national development can be highlighted, mainly focused on theoretical and qualitative issues. The study contributes to the field by making use of a settled methodology to highlight and measure firms efficiency performance. Nevertheless, due to limitations derived from the sample selected and the applied methodology, further research must be carried out, mainly to deal with social outcomes derived from this kind of public policy.

**Keywords:** BNDES. Malmquist Index. Efficiency. Steel industry.

## *Impacto del BNDES sobre la eficiencia de la industria siderúrgica: aplicación del modelo Malmquist de dos etapas*

## Resumen

Utilizando el modelo Malmquist-DEA de dos etapas, el presente artículo busca evaluar cómo el BNDES impacta el desempeño de la industria siderúrgica. Para ello, se realiza la descomposición del índice de Malmquist y regresión no lineal robusta para testar el impacto de las variables contextuales. La hipótesis de la investigación de impacto positivo sobre la industria siderúrgica no es soportada por los resultados del modelo, lo que indica un coeficiente negativo sobre lo efecto *catching up*. Se pueden destacar pocos ejemplos de investigación cuantitativa sobre el tema, la mayoría con foco teórico o cualitativo. Este artículo contribuye a este campo de estudio al adoptar una metodología establecida para la identificación y medición del desempeño de eficiencia de las firmas. Sin embargo, en razón de las limitaciones de la muestra seleccionada y de la metodología aplicada, son necesarias nuevas investigaciones, principalmente para evaluar los resultados sociales derivados de ese tipo de política pública.

**Palabras clave:** BNDES. Índice de Malmquist. Eficiencia. Industria siderúrgica.

## INTRODUÇÃO

Este artigo estuda os possíveis impactos sobre a eficiência das firmas decorrentes de financiamento oferecido por bancos públicos de desenvolvimento econômico (bancos de desenvolvimento). Essa questão se insere em um âmbito mais amplo de relação público-privada, no qual o Estado atua por meio de regulamentação institucional ou de forma mais ativa, seja por gastos públicos, seja por oferta de financiamento público. Em economias em desenvolvimento, em particular por meio de bancos de desenvolvimento, esse tipo de atuação do Estado na promoção da industrialização e da infraestrutura produtiva tem por objetivo a modernização produtiva e o desenvolvimento econômico (LAZZARINI, MUSACCHIO, BANDEIRA-DE-MELO et al., 2015; AGHION, 1999). Até recentemente, parte significativa do crédito de longo prazo foi provido por esses bancos, destacando-se o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), como um dos maiores bancos em termos de número e volume de operações (TORRES e ZEIDAN, 2016).

Entretanto, a maior parte dos estudos quantitativos recentes tem-se concentrado na avaliação dos efeitos dos gastos públicos sobre o investimento privado (SONAGLIO, BRAGA e CAMPOS, 2010; MELO e RODRIGUES JÚNIOR, 1998; TADEU e SILVA, 2013; SHANMUGAN, 2017). Alternativamente, no que se refere aos bancos de desenvolvimento, observa-se uma lacuna de estudos quantitativos, concentrando-se a maior parte da pesquisa em bancos públicos em geral (LA PORTA, LÓPEZ-DE-SILANES e SHLEIFER, 2002; CARVALHO, 2014; YEYATI; MICCO e PANIZZA, 2007; ANDRIANOVA, DEMETRIADES e SHORTLAND, 2008), ou seguindo escopos teórico e qualitativo (BOND, 2013; BRUCK, 1998; GUTIERREZ, RUDOLPH, HOMA et al., 2011; HOCHSTETLER e MONTERO, 2013; TORRES e ZEIDAN, 2016).

Um dos poucos estudos quantitativos sobre bancos de desenvolvimento enfoca o impacto no nível de investimentos (LAZZARINI, MUSACCHIO, BANDEIRA-DE-MELO et al., 2015). No entanto, ainda persiste uma lacuna de pesquisa no que se refere ao impacto da atuação de bancos de desenvolvimento na eficiência das firmas receptoras de financiamento.

A partir de abordagens paramétricas e não paramétricas, uma extensa pesquisa sobre eficiência setorial tem sido conduzida ao longo dos últimos anos. Destacam-se os setores bancário (FUKUYAMA e MATOUSEK, 2017; AZAD, MUSIMAMY, MASUM et al., 2016; BAHRINI, 2015; BARROS e WANKE, 2014; LEE e KIM, 2013; REZVANIAN, RAO e MEHDIAN, 2008), de seguros (WANKE e BARROS, 2016; BARROS, DUMBO e WANKE, 2014), infraestrutura (MARCHETTI e WANKE, 2017; ESTACHE, DE LA FÉ e TRUJILLO, 2004; SARKIS, 2000) e industrial (LI e LIN, 2015; HE, ZHANG, LEI et al., 2013; MA, EVANS, FULLER et al., 2002).

O objetivo deste artigo é complementar a linha de pesquisa sobre bancos públicos abordando o impacto sobre a eficiência das firmas, a partir de modelagem não paramétrica de análise envoltória de dados (Data Envelopment Analysis – DEA). Em particular, o modelo Malmquist de DEA, e posterior regressão não linear para testar os efeitos das variáveis contextuais sobre os índices de eficiência de Malmquist para empresas do setor siderúrgico. Justifica-se o estudo desse setor de atividade econômica em função de sua relevância tanto para o crescimento econômico quanto para o incremento da industrialização, a partir de efeitos indutores (*spill over*) (HUH, 2011). Adicionalmente, no Brasil, o setor siderúrgico constitui um dos principais destinatários de financiamento do BNDES no período considerado. Além desta introdução, o artigo se organiza assim: a seção 2 apresenta o contexto de atuação do BNDES e do setor siderúrgico; a seção 3 apresenta a revisão de literatura, cobrindo os estudos sobre bancos públicos de desenvolvimento, bem como a literatura recente aplicando modelagem de eficiência, com destaque para os modelos Malmquist; a seção 4 apresenta os dados e a metodologia aplicada; a seção 5 analisa e discute os resultados, destacando a significância das variáveis contextuais. Por fim, as conclusões apontam implicações das políticas públicas, limitações do estudo e possibilidades para futuras pesquisas.

## CONTEXTO

### Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

O BNDES é um dos maiores bancos de desenvolvimento do mundo e assumiu papel significativo na oferta de crédito de longo prazo no Brasil nos últimos anos (TORRES e ZEIDAN, 2016). De acordo com Colby (2012), os três principais eixos de atuação do banco podem ser identificados como: a) complemento à oferta de crédito; b) reestruturação econômica; e c) políticas anticíclicas. Enquanto a primeira e a terceira teriam uma natureza horizontal, a segunda seria de natureza vertical, visando à estruturação produtiva por meio da reorientação ou criação de novas vantagens competitivas.

Desde a crise financeira global de 2008, elevou-se a magnitude de sua participação na economia brasileira em três vertentes: a) financiamento de investimento produtivo; b) concessão de garantias; e c) consolidações setoriais por meio de processos de fusão e aquisições de empresas. Adicionalmente, o banco assumiu papel-chave na viabilização dos principais projetos de infraestrutura no setor de petróleo e gás, energia e logística. Consequentemente, esse conjunto de projetos intensivos em capital passou a ter um peso crescente no portfólio de ativos do banco. A esse crescimento da atuação do banco correspondeu um incremento do aporte de recursos por parte do Tesouro Nacional e de fundos específicos, como o Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT).

Atualmente, o banco se encontra em uma situação de mudança de paradigma, em razão da conjugação temporal de três fatores: a) retração da economia brasileira; b) processo de *impeachment*; e c) trajetória ascendente de déficit público. Tal situação reflete em redução da atividade produtiva e consequente demanda por financiamento ao investimento produtivo, bem como nova rodada de alienação de ativos e concessão de serviços públicos de infraestrutura, que demandam diferentes instrumentos de atuação institucional por parte do BNDES.

Em paralelo, inicia-se debate sobre o tamanho do Estado brasileiro e, consequentemente, sobre o padrão de atuação recente do BNDES. Alguns dos principais temas que surgem nesse debate se referem à seleção de projetos – estratégia dos “campeões nacionais”, devolução de recursos ao Tesouro Nacional e redimensionamento da taxa de juros de longo prazo (TJLP).

## Setor siderúrgico

Ao longo do século XX, o padrão de produção industrial em massa se estruturou em torno de indústrias intensivas em capital e escala voltadas à produção de bens de consumo duráveis e bens de capital. Dentre as indústrias intermediárias fornecedoras de insumos, destacou-se a indústria siderúrgica, relacionada à construção civil por meio da produção de produtos longos (cabos, vergalhões) e ao complexo metal-mecânico, por meio dos produtos planos (placas, bobinas). O desenvolvimento econômico era interpretado como a incorporação crescente dessas indústrias na matriz produtiva, daí a relevância do setor siderúrgico para a formação de matrizes produtivas mais complexas e dinâmicas (HUH, 2011).

Foram observadas ondas de desenvolvimento e industrialização forçada por parte de diferentes grupos de países em desenvolvimento, com a aplicação de políticas industriais voltadas à constituição de parques siderúrgicos integrados às suas respectivas economias. Em ordem cronológica, destacam-se o Japão; posteriormente, a Coreia do Sul; e, nas últimas décadas, a China e a Índia, principalmente (LEE e KI, 2017; HUH, 2011; DEBNATH e SEBASTIAN, 2014; WU, 2000). Especificamente quanto às empresas sul-coreanas e chinesas, observam-se especificidades locais que têm sido interpretadas como relevantes para seu desempenho produtivo e econômico. Enquanto a primeira apresenta integração econômica com a cadeia metal-mecânica voltada à exportação, destacando-se a indústria automobilística, de eletrodomésticos e naval (HUH, 2011), a segunda estaria vinculada ao crescimento da demanda doméstica, articulando tanto a indústria metal-mecânica como a construção civil e o incremento da oferta de serviços de infraestrutura (WU, 2000; SUN, DONG e ZHAO, 2017).

No Brasil, a incorporação da indústria siderúrgica esteve diretamente vinculada à política industrial, por meio da constituição de um conjunto de estatais. A partir dos anos 1990 ocorreram processos simultâneos de abertura econômica, desregulamentação de mercados e privatização, resultando na formação de três grandes grupos econômicos privados: Companhia Siderúrgica Nacional (CSN); Usiminas; e Gerdau (MONTERO, 1998). Posteriormente, a multinacional Arcelor Mittal entrou no mercado, por meio de aquisição e consolidação de capacidade produtiva de antigas estatais (Companhia Siderúrgica de Tubarão – CST) e empresas privadas (Mendes Júnior). O setor siderúrgico brasileiro também apresenta especificidades relevantes para seu desempenho, como a integração produtiva com o principal insumo, minério de ferro, bem como com a infraestrutura logística para a distribuição de produtos de aço para o mercado doméstico e de minério de ferro para o exterior.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Bancos de desenvolvimento

O debate sobre a interação do Estado e do mercado implica argumentos que contrapõem complementariedade – correção de falhas de mercado e concorrência pelos recursos econômicos (HICKS, 1937). Pesquisas quantitativas sobre o efeito do gasto público no setor privado, realizadas, principalmente, em economias em desenvolvimento, obtêm resultados diferenciados, dependendo da amostra de países e do espaço temporal considerado. Há um conjunto de pesquisas indicativas de *crowding-out* do gasto público sobre o gasto privado (SONAGLIO, BRAGA e CAMPOS, 2010; MELO e RODRIGUES JÚNIOR, 1998) e outro indicando *crowding-in*, especificamente em relação ao setor de infraestrutura (TADEU e SILVA, 2013; SHANMUGAN, 2017).

Quanto aos bancos de desenvolvimento, observa-se evolução tanto em sua forma de atuação quanto na linha de pesquisa. Após um período inicial de política pública ativa voltada à industrialização, caracterizada por financiamento de longo prazo, passou-se por uma fase de financiamento a privatização de infraestrutura, bem como atuação anticíclica diante da crise financeira internacional, adotando novas formas de intervenção, como participação acionária minoritária e oferta de garantias (TORRES e ZEIDAN, 2016; HOCHSTETLER e MONTERO, 2013). Por sua vez, a pesquisa recente sobre o papel dos bancos de desenvolvimento considera uma série de riscos e custos como um efeito que distorce as decisões de investimento, bem como *crowding-out* sobre o setor bancário privado, resultando em impacto negativo sobre o crescimento econômico, esperando-se estímulo a um comportamento *rent-seeking* por parte do mercado (LAZZARINI, MUSACCHIO, BANDEIRA-DE-MELO et al., 2015). No que se refere à pesquisa quantitativa (LAZZARINI, MUSACCHIO, BANDEIRA-DE-MELO et al, 2015), entretanto, não se encontrou significância do BNDES sobre o investimento privado, nem do comportamento *rent-seeking* dos agentes econômicos, no que se refere ao financiamento eleitoral.

A despeito dos riscos e custos relacionados aos bancos de desenvolvimento, sua presença em muitos países indica uma função de provisão de crédito de longo prazo que seria relevante para viabilizar projetos de valor social, na medida em que mitiga o efeito de falhas de mercado e externalidades (YEYATI, MICCO e PANIZZA, 2007) e endereça problemas relacionados à insuficiência de demanda efetiva em função de incerteza radical (FERRAZ, ALÉM e MADERA, 2013). De acordo com a abordagem pós-keynesiana, a presença de incerteza radical seria relevante para a formação das decisões de investimento do agente privado, correspondendo a um impacto negativo sobre o nível de demanda efetiva. Nesse sentido, por meio da oferta de *funding* de longo prazo, os bancos de desenvolvimento desempenhariam papel fundamental para a viabilização e sustentação do nível de investimentos, principalmente em atividades mais sujeitas ao impacto negativo da incerteza, correspondentes a elevados dispêndios de capital, longos prazos de maturação do investimento e significativos impactos sociais, como externalidades advindas de inovações. Dos papéis atribuídos a esses bancos de correção de falhas de mercado, sustentação do nível de investimentos e promoção do desenvolvimento, interpreta-se este último como sendo o uso mais eficiente dos recursos econômicos. Nesse sentido, extraí-se a hipótese a ser testada neste artigo:

- **H1:** Crédito do BNDES promove a eficiência da firma receptor.

### Setor siderúrgico

A pesquisa recente sobre o setor siderúrgico indica uso intensivo de energia e capital (DEBNATH e SEBASTIAN, 2014; NIELSEN, 2017), bem como correlação com a dinâmica de crescimento do produto interno bruto (PIB) e a competitividade industrial por meio da constituição de cadeias produtivas integradas (HUH, 2011). Essa dinâmica impactaria positivamente o setor siderúrgico, por meio de estímulo ao investimento e viabilidade de maiores escalas de produção. Nesse sentido, economias de escala teriam papel relevante no desempenho e na eficiência do setor siderúrgico (DEBNATH e SEBASTIAN, 2014; NIELSEN, 2017; HUH, 2011; WU, 2000; KIM, LEE, KIM et al., 2006). Entretanto, essa dinâmica de crescimento induziria um mecanismo assimétrico de aumento de capacidade, resultando em alocações ineficientes de recursos no longo prazo (SUN, DONG e ZHAO, 2017).

Adicionalmente, o investimento teria um impacto positivo sobre a eficiência, na medida em que representa modernização produtiva, por meio de incorporação de equipamentos e plantas mais novos (KIM, LEE, KIM et al., 2006). Especificamente, tal efeito de modernização estaria inserido em contextos de janelas de oportunidade, que explicariam o *catching up*, por exemplo, das empresas japonesas e sul-coreanas (LEE e KI, 2017).

## Análise de eficiência

Desde o estabelecimento da metodologia DEA (CHARNES, COOPER e RHODES, 1978), tem-se observado um crescimento significativo na pesquisa relativa à eficiência das firmas em diversos setores de atividade econômica. Parte significativa dos artigos tem por foco os setores de infraestrutura e serviços financeiros, sujeitos a regulamentação por parte do Estado e, portanto, potencialmente indicativa de direção para políticas públicas. Adicionalmente, no que se refere aos setores industriais, observa-se tendência de pesquisa com foco em questões ambientais ou eficiência energética (LI e LIN, 2015; HE, ZHANG, LEI et al., 2013). Especificamente quanto ao setor siderúrgico, a pesquisa tem-se concentrado em indicadores financeiros, consumo de energia e emissão de poluentes (DEBNATH e SEBASTIAN, 2014; NIELSEN, 2017; KIM, LEE, KIM et al., 2006). O Quadro 1 apresenta a revisão de literatura sobre análise de eficiência.

Tradicionalmente, a pesquisa tem-se concentrado na estimativa das fronteiras de eficiência e na identificação do posicionamento das firmas em relação à fronteira (BARROS, DUMBO e WANKE, 2014; LI e LIN, 2015; HE, ZHANG, LEI et al., 2013; ESTACHE, DE LA FÉ, TRUJILLO, 2004; MA, EVANS, FULLER et al., 2002; SARKIS, 2000). Em geral, utilizam o modelo de índice de produtividade de Malmquist (Malmquist productivity index – MPI) para avaliação do desempenho interfirms, destacando-os dos efeitos dinâmicos de deslocamento da fronteira de eficiência.

Mais recentemente, em especial no setor bancário, tem-se utilizado a metodologia DEA de estimativa de eficiência em dois estágios, associada a métodos econométricos como modelos lineares generalizados, dados em painel e regressão *bootstrap* truncada. Assim, identificam-se relações entre os índices de eficiência e variáveis contextuais explicativas (MARCHETTI e WANKE, 2017; AZAD, MUSIMAMY, MASUM et al., 2016; BAHRINI, 2015; LEE e KIM, 2013). Essa maior complexidade da pesquisa possibilita implicações para a formulação de políticas públicas e para processos de tomada de decisão.

De modo específico, Bahrini (2015) e Lee e Kim (2013), respectivamente, aplicaram modelos MPI de dois estágios, para identificar as variáveis contextuais explicativas do desempenho dos bancos islâmicos e coreanos. Enquanto o desempenho do sistema islâmico está relacionado a variáveis bancárias (capitalização, tamanho, rentabilidade, risco de crédito), o desempenho do setor bancário coreano estaria mais relacionado ao tipo de propriedade do banco – internacional ou público.

Em função da crescente aplicação dos modelos de estimativa de eficiência de dois estágios, em particular no setor bancário, no qual constam variáveis contábeis, a escolha metodológica desta pesquisa utiliza esse tipo de procedimento de modo a preencher a lacuna de estudos quantitativos quanto ao impacto do financiamento de bancos de desenvolvimento no desempenho das firmas.

**Quadro 1**

### Revisão de literatura – análise de eficiência

Autor e ano	Proposta de pesquisa	DMU	Método	País	Insumos	Produtos	Variáveis de contexto
Sarkis (2000)	Avaliação da eficiência operacional de 44 aeroportos	220	DEA	EUA	OPEX, emprego, portões, partidas	Receitas operacionais, movimento de aeronaves, aviação geral, passageiros, frete	-
Ma, Evans, Fuller et al. (2002)	Eficiência operacional do setor siderúrgico	711	MPI	China	Emprego, capital fixo, energia, idade, capital de giro	produção	-
Estache, De La Fé e Trujillo (2004)	Decomposição das fontes de ganho de eficiência no setor portuário	44	MPI	México	Área das docas, emprego	Volume de mercadorias transacionadas	-

*Continuação*

Autor e ano	Proposta de pesquisa	DMU	Método	País	Insumos	Produtos	Variáveis de contexto
Kim, Lee, Kim et al. (2006)	Fontes de eficiência produtiva	22	SFA	Diversos países	Emprego, capacidade produtiva, matéria-prima	Produção de aço bruto	Propriedade (privada ou pública), idade da planta, escala
Rezvanian, Rao e Mehdian (2008)	Avaliação do efeito da propriedade sobre a eficiência do setor bancário	540	MPI	Índia	Fundos emprestados, emprego, ativos fixos	Empréstimos, securities, outras receitas	-
Feng He et al. (2013)	Eficiência energética e variação de produtividade no setor siderúrgico	400	MPI e MPLI	China	Ativos fixos líquidos, emprego, energia	Valor adicionado, resíduos gasosos, resíduos líquidos, resíduos sólidos	-
Lee et Kim (2013)	Determinantes do desempenho bancário. Comparação com ROE e ROA.	136	MPI. Análise de dados em painel- efeitos fixos	Coreia do Sul. Extendido para China e Japão	Despesas de juros, despesas de tarifas, despesas operacionais, provisão para perdas	Receita de juros, receita de tarifas	Ativos, ativos^2, risco, crescimento do PIB e dummy (público, estrangeiro, fusão)
Barros e Wanke (2014)	Análise da eficiência bancária	-	Fronteira bayesiana dinâmica	Brasil	-	-	Preço do trabalho, preço do capital, preço dos depósitos, total de empréstimos, total de securities, variáveis dummy (público, estrangeiro, grande, desregulamentação, stressed banks)
Barros , Dumbo e Wanke (2014)	Análise de eficiência de seguradoras	70	Análise de componentes principais, Bootstrapping DEA e redes neurais	Angola	OPEX, emprego, salários, capital	Seguros pagos, lucros pagos, prêmios pagos, resseguros cedidos	-
Debnath e Sebastian (2014)	Eficiência no setor siderúrgico	22	Modelo BCC	Índia	Emprego, ativos fixos, ativos correntes e energia	Renda, resultados antes e após impostos, vendas	-
Bahrini (2015)	Análise do fator total de produtividade (TFP) no setor bancário islâmico	198	Bootstrapped MPI	Países do MENA (Oriente Médio e Norte da África)	Emprego, ativos fixos, depósitos	Empréstimos totais, investimento de portfólio, receitas não operacionais	Bancárias, macroeconômicas, dummies temporais e dummy para a crise financeira global
Li e Lin (2015)	Método para medição do crescimento da produtividade verde	504	MLPI	China	Estoque de capital, emprego, energia	Produto industrial bruto, emissão de CO2	-

Continuação

Autor e ano	Proposta de pesquisa	DMU	Método	País	Insumos	Produtos	Variáveis de contexto
Azad, Musimamy, Masum et al. (2016)	Eficiência bancária	215	DEA dois estágios. Modelo Simar de regressão dupla <i>bootstrap</i>	Malásia	Despesa com juros, salários, OPEX, capital, depósitos	Renda com juros, renda líquida, depósitos, empréstimos	Bancárias, macroeconômicas, propriedade e natureza do banco
Da Silva, Martins-Filho e Ribeiro (2016)	Eficiência bancária	1840	DEA, DEAC, FDH, FDHC, modelos quartílicos condicionados ordem m e $\alpha$	Brasil	Emprego, capital fixo, outros ativos de capital, recursos de terceiros	Linhas de crédito líquidas, investimentos financeiros, outras linhas de crédito	<i>Dummies</i> (propriedade-público, privado, estrangeiro; tamanho- grande, médio, pequeno, micro)
Marchetti e Wanke (2017)	Eficiência do setor ferroviário	60	DEA. Regressão <i>bootstrap</i> truncada.	Brasil	Vagões, emprego	volume transportado (TKU)	<i>Dummies</i> ( <i>commodities</i> minerais, <i>commodities</i> agrícolas, conexão, tipo de regulação)
Nielsen (2017)	Eficiência energética do setor siderúrgico	21	DEA CRS e VRS	Economias de mercado e planificadas	Energia e matéria-prima (carvão, ferro e sucata)	Produção de aço bruto e ferro-gusa	

Fonte: Elaborado pelos autores.

DEA = data envelopment analysis; DEAC = bias corrected DEA, FDH = free disposal hull; FDHC = bias corrected FDH; MPI = Malmquist productivity index; MPLI = Malmquist-Luenberger productivity index.

## METODOLOGIA

Esta pesquisa aplica um modelo de dois estágios para estimar a função de eficiência. O método de índice de crescimento de produtividade de Malmquist orientado a produto será utilizado para a obtenção dos índices de produtividade (Índice de Malmquist), bem como das parcelas correspondentes ao efeito de aproximação da fronteira (Mudança Técnica) e de deslocamento da fronteira (Mudança da Fronteira). Em seguida, aplica-se uma abordagem de regressão robusta não linear para testar o impacto das variáveis contextuais sobre os índices de Malmquist. Todas as estimativas foram realizadas no R, utilizando os seguintes pacotes: *nonparaeff* (índices de Malmquist); mgcv, gamlss, MCMCpack, MCMCglmm e DEoptim (regressão robusta).

### Índices de Malmquist

O índice de produtividade de Malmquist pode ser decomposto em dois componentes relativos ao ganho de eficiência interfirms (efeito *catching up*) e deslocamento da curva de eficiência (variação tecnológica) entre o período t e t+1 (FARE, GROSSKOPF, NORRIS et al., 1994), conforme a equação (1):

(1) PRODch = EFFch X TECHch com,

$$(2) \text{PRODch} = \left( \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \right)^{1/2}$$

$$(3) \text{EFFch} = D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) / D_0^t(x^t, y^t)$$

$$(4) \text{TECHch} = \left( \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+2}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right)^{1/2}$$

sendo,

D<sub>0</sub> – função maximizadora de distância relativa (FARE, GROSSKOPF, NORRIS et al., 1994).

Esses índices são alocados à seguinte função, sobre a qual se aplica a regressão robusta

$$(5) Y_{jz} = \beta_0 + \beta_i \sum X_i + \beta_2 BNDES + Brasil + China + Coreia + \beta_i \sum Z_i + \varepsilon_j$$

sendo,

j – DMU

z – PRODch, EFFch, TECHch

X<sub>j</sub> – variáveis contextuais contábeis-financeiras específicas às firmas (preço do trabalho, preço do capital, razão EBITDA/ativos, razão CAPEX/ativos, alavancagem)

Z<sub>j</sub> – variáveis contextuais socioeconômicas (crescimento do PIB, PIB por paridade de poder de compra – PIB PPP, inflação, Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, Índice de Gini, Investimento Externo Direto – IED, uso de energia, expectativa de vida, mortalidade infantil, inovação global e desempenho logístico)

BNDES – variável *dummy* (financiamento concedido pelo banco no ano t)

Brasil – variável *dummy* para empresa brasileira

China – variável *dummy* para empresa chinesa

Coreia – variável *dummy* para empresa sul-coreana

Enquanto a *dummy* BNDES representa a hipótese a testar pelo modelo, as *dummies* para Brasil, China e Coreia foram aplicadas em razão das especificidades mencionadas na seção Contexto. Por sua vez, as variáveis contextuais socioeconômicas estariam relacionadas a maior desenvolvimento e competitividade econômicas, como mencionado na seção Contexto quanto à relevância do nível de atividade econômica.

### *Abordagem de regressão robusta estocástica não linear*

Nessa abordagem, os seguintes métodos de regressão foram combinados para a aplicação de técnica de *bootstrapping* e programação estocástica não linear: OLS (mínimos quadrados ordinários), GLM (modelo linear generalizado), GAM (modelo aditivo generalizado), GAMLSS (modelo aditivo generalizado para localização, escala e tipo), MCMC-GLMM (modelo misto cadeia de Markov-Monte Carlo e linear generalizado) e MCMC-Gaussian Linear (modelo cadeia de Markov-Monte Carlo linear gaussiano). Todos esses métodos são devidamente descritos em Faraway (2006). Essa combinação se justifica porque a maioria das abordagens de regressão geram resultados enviesados na análise DEA em dois estágios. Isso pode ser mitigado pela técnica de *bootstrapping* (SIMAR e WILSON, 2007, 2011) e pela combinação de previsões para retornar uma menor variância dos erros (JAMES, WITTEN, HASTIE et al., 2013; LEDOLTER, 2013).

O problema de otimização estocástica não linear para a combinação das regressões após a aplicação do *bootstrapping* está apresentado no modelo (6), onde  $w_1, w_2, w_3, w_4, w_5$  and  $w_6$  representam os pesos entre 0 e 1 atribuídos aos vetores dos resíduos das regressões. Esse modelo otimiza os valores de w, tal que a variância (*Var*) dos resíduos combinados (*Ri*) seja mínima. Sobre todas as regressões se aplicou *bootstrapping* e foram recombinadas 100 vezes, permitindo uma distribuição do perfil de w a ser coletado para a melhor previsão dos escores de eficiência e do modelo de divisão dos pesos. As variâncias residuais foram coletadas assumindo o modelo linear para cada uma dessas regressões vinculando as estimativas de eficiência/divisão de pesos e variáveis contextuais.

$$\begin{aligned} \min Var(w_1R1 + w_2R2 + w_3R3 + w_4R4 + w_5R5 + w_6R6) \\ S.T. \\ \sum_{i=1}^6 w_i = 1 \\ 0 \leq w_1 \leq 1 \\ 0 \leq w_2 \leq 1 \\ 0 \leq w_3 \leq 1 \\ 0 \leq w_4 \leq 1 \\ 0 \leq w_5 \leq 1 \\ 0 \leq w_6 \leq 1 \end{aligned} \tag{8}$$

O modelo (8) foi resolvido por meio da técnica de evolução diferencial (DE) (THANGARAJ, PANT, BOUVRY e al., 2010; MULLEN, ARDIA, GIL et al., 2011). Referências adicionais podem ser encontradas em Ardia, Boudt, Carl et al. (2011).

## ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### Dados

Nos últimos anos, projetos do setor siderúrgico constituíram alguns dos principais receptores de financiamentos do BNDES<sup>1</sup>. Assim, as empresas desse setor foram selecionadas como objeto de análise desta pesquisa. Considerando o reduzido número de firmas brasileiras, optou-se por amostra que incluisse algumas das maiores concorrentes internacionais. A amostra selecionada de 34 empresas foi obtida a partir de amostra pré-selecionada pela Bloomberg<sup>2,3</sup>. Adicionalmente, em função da disponibilidade de dados referentes às variáveis consideradas, restringiu-se a análise ao período 2010-2015.

O conjunto de dados brutos foi trabalhado para possibilitar adequação ao modelo MPI, especificamente quanto à restrição a valores não nulos para insumos e produtos. Adicionalmente, a aplicação do modelo aos logaritmos naturais das variáveis exigiu tratamento para valores negativos e nulos. O procedimento adotado foi a transformação dos dados para escala 0-1, adicionando-se 2 a cada observação para posterior transformação logarítmica.

### Resultados

No que se refere ao encaixe das distribuições para os MPIs, a Figura 1 descreve os ajustes das regressões OLS, GLM, GAM, GAMLSS, MCMC-GLMM, e MCMC-Gaussian Linear por suas distribuições acumuladas inversas não condicionais. Contudo, não é possível afirmar, a princípio, se uma distribuição específica é preferida em detrimento da outra. Isso sugere que uma combinação dos resultados dessas regressões seria uma abordagem mais apropriada. De fato, os resultados para o teste de divergência de Kullback-Leibler (KL), apresentado na Tabela 1 – para distribuições condicionais de MPIs – indica que as diferenças entre ambos os ajustes é mínima para a maioria das distribuições presumidas, algumas vezes favorecendo uma distribuição – ou seja, um tipo específico de regressão – em detrimento de outro.

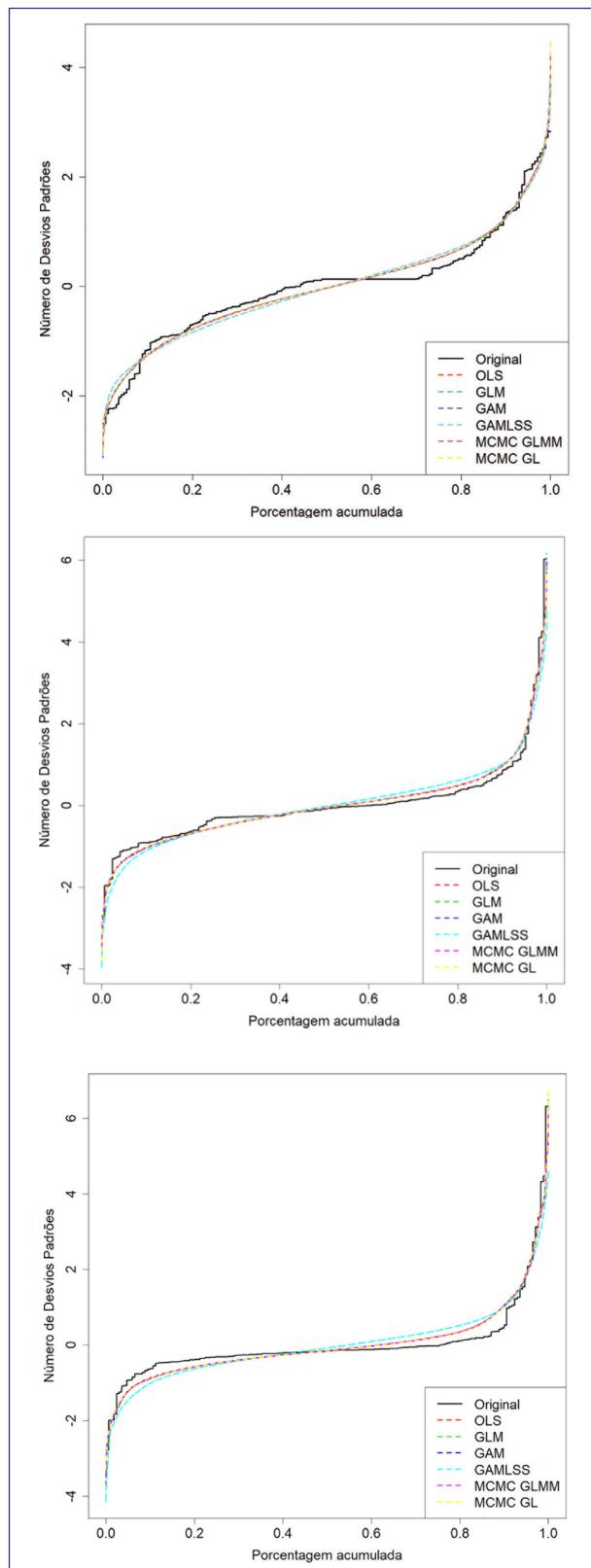
<sup>1</sup> Arquivo de base de contratações, disponível em <[www.bnDES.gov.br](http://www.bnDES.gov.br)>.

<sup>2</sup> Anyang, Arcelor, Azovstal, Baosteel, Beijing, China, CSN, Eregli, Gerdau, Guangri, Hesteel, Hunan, Hyundai, JFE, Kobe, Liuzhou, Maanshan, Magnito, Mechel, Nippon, Novolipetsk, Nucor, Pangang, Posco, SAAB, Severstal, Shandong, Steel Dynamics, Ternium, TSK, US Steel, Usiminas, Voestalpine e Xinyu.

<sup>3</sup> Dados coletados junto à Bloomberg, complementados com as informações prestadas nos Relatórios Anuais e Formulários Financeiros, disponibilizados nos sites das firmas.

Figura 1

Divergência KL para Mudança Técnica (alto), Mudança da Fronteira (meio) e Índice de Malmquist (baixo)



Fonte: Elaborado pelos autores.

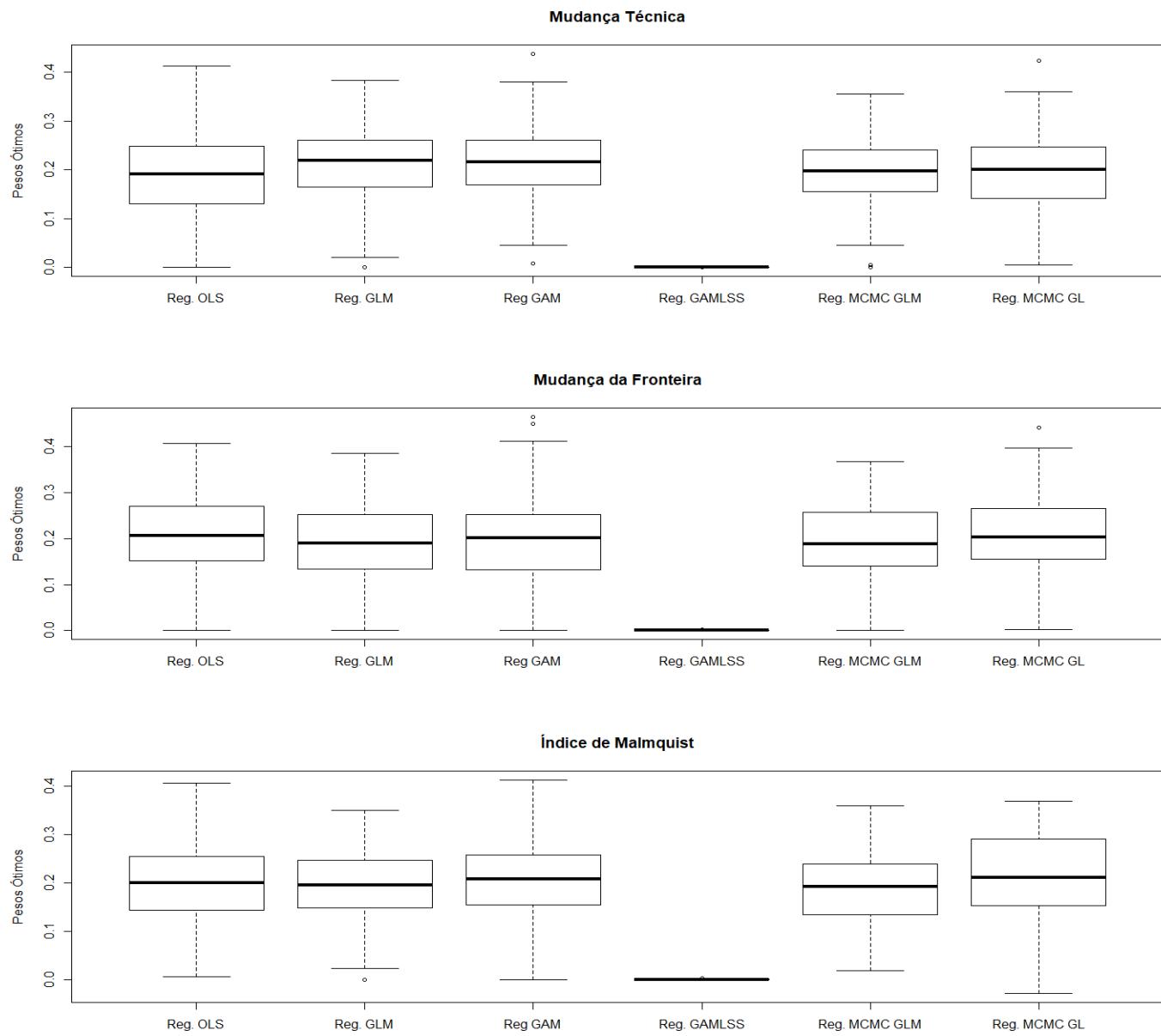
**Tabela 1**  
**Resultados da Divergência KL**

	OLS	GLM	GAM	GAMLSS	MCMC GLMM	MCMC GL
Mudança Técnica	0.1791	0.1675	0.1773	0.1863	0.1780	0.1696
Mudança da Fronteira	0.0472	0.0469	0.0471	0.1110	0.0449	0.0430
Índice de Malmquist	0.1325	0.1325	0.1301	0.2694	0.1321	0.1241

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados para a otimização estocástica não linear sobre os resíduos das 100 regressões com *bootstrap* segundo os métodos OLS, GLM, GAM, GAMLSS, MCMC-GLMM e MCMC-Gaussian Linear estão presentes na Figura 2 para os MPIs das diferentes siderúrgicas em torno do mundo. Os resultados sugerem – com exceção da regressão GAMLSS – quase a mesma dispersão entre os pesos designados para as outras 5 regressões. Adicionalmente, é interessante notar os melhores desempenhos dos modelos OLS e GAM para o deslocamento da fronteira e a mudança de produtividade. Esses resultados sugerem a importância da combinação de diferentes métodos, não apenas em termos de remoção de viés, mas também em termos de captura dos benefícios de misturar diferentes formatos de distribuição para a previsão de eficiência.

**Figura 2**  
**Distribuição ótima dos pesos**



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os resultados da regressão combinada *bootstrap* para os coeficientes das variáveis contextuais – usados para predizer os MPis – estão presentes na Figura 3. Os leitores devem notar que, se a distribuição dos coeficientes *bootstrap* cruza a linha sólida que marca o zero em cada gráfico da Figura 3, a variável deve ser interpretada como não significativa. Esse é o caso para algumas variáveis contextuais analisadas no âmbito dos três modelos, implicando que a produtividade nas siderúrgicas é dirigida pela economia de diferentes fatores, tais como a mudança na produtividade total e os efeitos Mudança Técnica e Mudança da Fronteira. Os resultados quanto à significância e ao sentido do impacto sobre os índices são resumidos na Tabela 2.

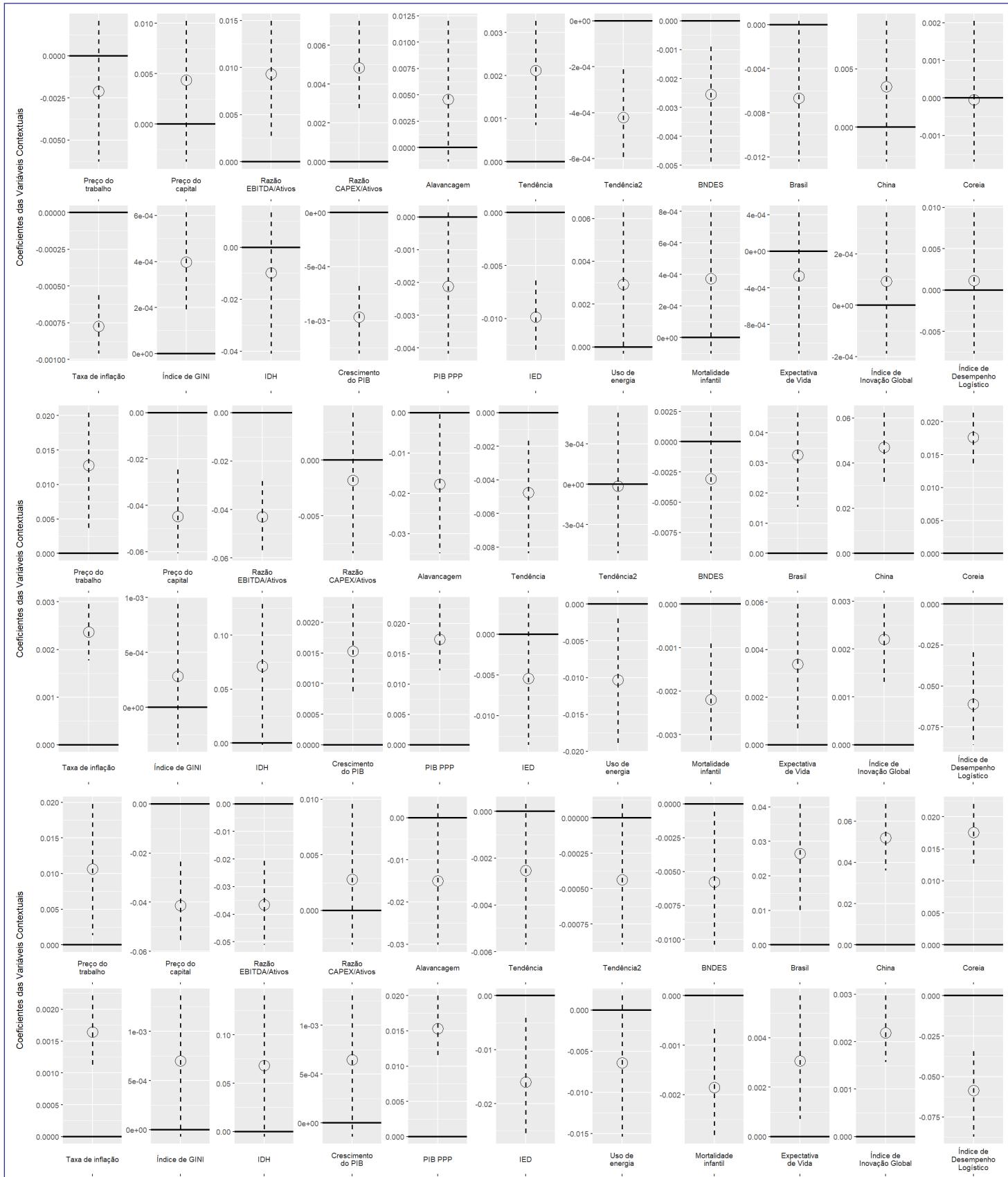
**Tabela 2**  
**Resultados dos coeficientes das variáveis contextuais**

Variável	Mudança Técnica		Mudança da Fronteira		Índice de Malmquist	
	Sinal	Significativa	Sinal	Significativa	Sinal	Significativa
Preço do trabalho (LN)	-		+	*	+	*
Preço do capital (LN)	+		-	*	-	*
EBITDA/ativos	+	*	-	*	-	*
CAPEX/ativos	+	*	-		+	
Leverage	+		-	*	-	
Tendência	+	*	-	*	-	
Tendência^2	-	*	-		-	
BNDES	-	*	-		-	*
Brasil	-		+	*	+	*
China	+		+	*	+	*
Coreia	-		+	*	+	*
inflação (%)	-	*	+	*	+	*
Índice de Gini	+	*	+		+	
IDH	-		+		+	
Crescimento do PIB (%)	-	*	+	*	+	
PIB PPP (\$)	-		+	*	+	*
IED (\$)	-	*	-		-	*
Uso de energia (kg eq. óleo <i>per capita</i> )	+		-	*	-	
Mortalidade infantil (1.000 nascimentos)	+		-	*	-	*
Expectativa de vida (anos)	-		+	*	+	*
Índice de inovação global	+		+	*	+	*
Índice de desempenho logístico	+		-	*	-	*

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 3**

Resultados dos coeficientes para Mudança Técnica (alto), Mudança da Fronteira (meio) e Índice de Malmquist (baixo)



Fonte: Elaborada pelos autores.

Observa-se maior relevância do efeito Mudança da Fronteira na definição do índice de Malmquist, na medida em que os respectivos coeficientes apresentam os mesmos sinais para a maior parte das variáveis contextuais. Adicionalmente, em relação à maioria das variáveis contextuais, a significância para o índice Malmquist advém da significância para a respectiva *Mudança da Fronteira*. Os dois efeitos se reforçariam em resposta às variáveis contextuais BNDES, China, Gini, IED e Índice de inovação global.

Em relação ao efeito Mudança Técnica, apenas 9 variáveis contextuais foram consideradas significativas. O impacto positivo decorreria das razões EBITDA/ativos (geração de caixa) e CAPEX/ativos (investimento), a tendência de curto prazo e o índice de Gini. Segundo a revisão de literatura, os resultados corroboram a expectativa quanto ao impacto positivo, na medida em que, no curto prazo, um maior volume de investimento possibilitaria modernização produtiva e maiores escalas de produção, por um lado, enquanto o crescimento do índice de Gini, representando uma melhora na distribuição de renda, reforça o poder indutor representado pelo PIB – por meio da incorporação do consumo de aço *per capita*. Adicionalmente, no curto prazo, a maior geração de caixa pode representar maior eficiência operacional, provendo recursos que contribuiriam com o cronograma de investimentos.

Quanto às variáveis de impacto negativo, a tendência de longo prazo corroboraria a alocação ineficiente de recursos (SUN, DONG e ZHAO, 2017). O efeito inflacionário pode ser interpretado como simétrico do efeito do índice de Gini, de fato, esse efeito tem sido considerado negativo para a distribuição de renda. A princípio, o efeito negativo do crescimento do PIB e do investimento externo direto (IED) seria contrário às expectativas quanto ao papel indutor do PIB e do investimento. Entretanto, deve-se considerar que o primeiro, se por um lado teria um efeito indutor, por outro representa um incremento do nível de atividade que afetaria a economia como um todo, abrindo espaço para maior concorrência pela alocação de recursos e consequente pressão de custos, representada pelo impacto inflacionário. A interpretação do segundo seguiria essa mesma linha de concorrência para alocação de recursos em outras atividades produtivas. Adicionalmente, ao contrário da razão CAPEX/ativos, tal índice não se traduz totalmente em investimento em ampliação e modernização de capacidade, em geral, parcelas desse investimento têm sido destinadas à aquisição de ativos existentes e portfólio de investimentos (ações em bolsa de valores).

No que se refere à hipótese de pesquisa, entretanto, esta não pode ser corroborada pelos resultados, na medida em que o financiamento do BNDES apresenta impacto negativo sobre o efeito *Mudança Técnica*. Ressalte-se que a expectativa desse instrumento de política industrial seria justamente promover o incremento da competitividade das empresas, reduzindo o hiato em relação à fronteira eficiente.

Por sua vez, para o efeito *Mudança da Fronteira*, 14 variáveis se apresentaram como significativas. O impacto positivo adviria do preço do trabalho, das *dummies* dos países, taxa de inflação, crescimento do PIB, PIB por paridade de poder de compra (PIB PPP), expectativa de vida e índice global de inovação. Isso corrobora as expectativas quanto às especificidades dos países e aos indicadores de desenvolvimento, com reflexos sobre a modernização e incorporação de tecnologia. Especificamente, o impacto positivo do preço do trabalho, em um setor intensivo em capital, pode representar um incentivo ao empenho de trabalhadores mais qualificados (WANKE, AZAD, BARROS et al., 2016). Adicionalmente, o crescimento e o nível de atividade econômica proporcionariam novas escalas produtivas, possibilitando o deslocamento da fronteira de eficiência.

O impacto negativo referente às variáveis preço do capital, geração de caixa, endividamento, tendência, uso de energia, mortalidade infantil e índice de desempenho logístico corrobora algumas das expectativas abordadas na revisão de literatura. Considerando o caráter capital intensivo do setor siderúrgico, o sinal negativo do custo de capital corrobora a hipótese teórica de impacto negativo desse custo sobre a eficiência da firma, bem como o impacto negativo da alavancagem sobre os indicadores de fronteira tecnológica pode indicar que o custo financeiro do endividamento de parte das empresas da amostra estaria relacionado a pior desempenho na geração de resultados financeiros, impactando os produtos lucro e dividendos. Tratando-se de setor intensivo em energia, em que diversos estudos ressaltam a relevância da eficiência energética, o impacto negativo da intensidade do uso de energia estaria condizente com a representação de um ambiente de alto consumo de energia, concorrendo com o setor siderúrgico. O impacto negativo da mortalidade infantil é coerente com um maior desenvolvimento social. Por sua vez, o impacto negativo do índice de desempenho logístico parece estar representando a relação entre uso da logística e nível de atividade. Quanto maior este último, mantendo-se constante a infraestrutura disponível, haveria uma piora no índice. Nesse sentido, destacando-se o impacto positivo do nível de atividade sobre o *Mudança da Fronteira* – representado pelos coeficientes da taxa de inflação, crescimento do PIB e PIB PPP, o impacto negativo do índice de desempenho logístico seria consistente.

Quanto à variável contextual BNDES, esta não seria significativa para o deslocamento da fronteira. Tal resultado seria coerente com a expectativa desse instrumento de política pública, que seria voltado à redução do hiato tecnológico existente e não para o deslocamento da fronteira.

Especificamente, o impacto do BNDES também pode ser compreendido à luz do comportamento da *dummy* Brasil. Destacando-se que no período analisado, nem para todas as empresas brasileiras (CSN) nem em todos os anos houve desembolsos do BNDES para o setor siderúrgico. A relevância da *dummy* Brasil para a definição da fronteira de eficiência seria um indicativo de que, em seu conjunto, as empresas brasileiras têm contribuído mais para o deslocamento da fronteira de eficiência do que para o efeito *Mudança Técnica*. Assim, para o Brasil, o efeito *Mudança da Fronteira* seria mais significativo, indicando que os financiamentos do BNDES não seriam relativamente significativos para esse setor produtivo.

## CONCLUSÕES

---

A ampla utilização de modelos DEA de dois estágios para estimação de fronteiras de eficiência e identificação de variáveis contextuais que explicam o desempenho das firmas, em especial no que se refere aos diversos estudos sobre o setor bancário, mostra-se promissora para avaliação do impacto de bancos de desenvolvimento sobre o desempenho produtivo das indústrias. As implicações de políticas públicas podem indicar reorientação das operações de empréstimo desses bancos, implicando, por exemplo, na sistematização de instrumentos institucionais que focalizem os recursos segundo objetivos pré-definidos.

Neste estudo, não se identificou impacto positivo dos empréstimos do BNDES na eficiência das firmas no período recente, especificamente quanto à redução do hiato de eficiência por meio de eventual efeito *Mudança Técnica*. Entretanto, este estudo tem limitações, por representar uma amostra setorial específica, o setor siderúrgico. Pesquisas complementares, com foco nos demais setores industriais receptores de financiamento por parte do BNDES, podem contribuir para a avaliação da hipótese proposta.

Adicionalmente, deve-se recordar que a atuação do BNDES, e dos demais bancos de desenvolvimento, teria impacto sobre outros objetivos sociais (YEYATI, MICCO e PANIZZA, 2007) que escapam ao escopo deste artigo. Para ampliar esse escopo, futuras pesquisas devem considerar os projetos financiados pelo BNDES e seus respectivos impactos sociais.

## REFERÊNCIAS

- AGHION, B. A. Development banking. *Journal of Development Economics*, v. 58, n. 1, p. 83-100, 1999.
- ANDRIANOVA, S.; DEMETRIADES, P.; SHORTLAND, A. Government ownership of banks, institutions, and financial development. *Journal of Development Economics*, v. 85, n. 1, p. 218-252, 2008.
- ARDIA, D. et al. Differential Evolution with DEoptim: An Application to Non-Convex Portfolio Optimization. *The R Journal*, v. 3, p. 27-34, 2011.
- AZAD, A. K. et al. Bank efficiency in Malaysia: a use of malmquist meta-frontier analysis. *Eurasian Business Review*, v. 7, n. 2, p. 287-311, 2016.
- BAHRINI, R. Productivity of MENA Islamic banks: a bootstrapped Malmquist index approach. *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, v. 8, n. 4, p. 508-528, 2015.
- BARROS, C.; DUMBO, S.; WANKE, P. Efficiency determinants and capacity issues in Angolan insurance companies. *South African Journal of Economics*, v. 82, n. 3, p. 455-467, 2014.
- BARROS, C.; WANKE, P. Banking efficiency in Brazil. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, n. 28, p. 54-65, 2014.
- BOND, P. The BRICS bank and shifts in multilateral finance: a view from South Africa. In: SOUTHGOVNET CONFERENCE PANEL: INSTITUTIONS OF SOUTH-SOUTH COOPERATION, 2013, Shanghai. *Proceedings...* Shanghai: Fudan University Institute of International Relations, 2013.
- BRUCK, N. The role of development banks in the twenty-first century. *Journal of Emerging Markets*, n. 3, p. 39-68, 1998.
- CARVALHO, D. The real effects of government-owned banks: evidence from an emerging market. *Journal of Finance*, v. 69, n. 2, p. 577-609, 2014.
- CHARNES, A.; COOPER, W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.
- COLBY, S. Explaining the BNDES: what it is, what it does and how it works. *CEBRI Artigos*, v. 8, n. 3, p. 3-31, 2012.
- DA SILVA, T.; MARTINS-FILHO, C.; RIBEIRO, E. A comparison of nonparametric efficiency estimators: DEA, FDC, DEAC, FDCH, order-m and quantile. *Economic Bulletin*, v. 36, n. 1, p. 118-131, 2016.
- DEBNATH, R. M.; SEBASTIAN, V. J. Efficiency in the Indian iron and steel industry: an application of data envelopment analysis. *Journal of Advances in Management Research*, v. 11, n. 1, p. 4-19, 2014.
- ESTACHE, A.; DE LA FÉ, B.; TRUJILLO, L. Sources of efficiency gains in port reform: a DEA decomposition of Malmquist TFP index for Mexico. *Utilities Policy*, n. 12, p. 221-230, 2004.
- FARE, R. et al. Productivity growth, technical progress and efficiency changes in industrial countries. *American Economic Review*, n. 84, p. 66-83, 1994.
- FARAWAY, J. *Extending the linear model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models*. Taylor and Francis, 2006.
- FERRAZ, J. C.; ALÉM, A. C.; MADEIRA, R. F. A contribuição dos bancos de desenvolvimento para o financiamento de longo prazo. *Revista do BNDES*, n. 40, p. 5-42, 2013.
- FUKUYAMA, H.; MATOUSEK, R. Modelling bank performance: a network DEA approach. *European Journal of Operational Research*, n. 259, p. 721-732, 2017.
- GUTIERREZ, E. et al. **Development banks**: role and mechanisms to increase their efficiency. Washington, DC: World Bank, 2011. (World Bank Policy Research Working Paper Series, n. 5729).
- HE, F. et al. Energy efficiency and productivity change of China's iron and steel industry: accounting for undesirable outputs. *Energy Policy*, n. 54, p. 204-213, 2013.
- HICKS, J. Mr. Keynes and the "Classics"; a suggested interpretation. *Econometrica*, v. 5, n. 2, p. 147-149, 1937.
- HOCHSTETLER, K.; MONTERO, A. P. The renewed developmental state: the National Development Bank and the Brazil Model. *Journal of Development Studies*, v. 49, n. 11, 1484-1499, 2013.
- HUH, K. Steel consumption and economic growth in Korea: long-term and short-term evidence. *Resources Policy*, n. 36, p. 107-113, 2011.
- JAMES, G. et al. *An introduction to statistical learning*: with application in R. Springer, 2013.
- KIM, J. W. et al. Sources of productive efficiency: international comparison of iron and steel firms. *Resources Policy*, n. 31, p. 239-246, 2006.
- LA PORTA, R.; LÓPEZ-DE-SILANES, F.; SHLEIFER, A. Government ownership of banks. *Journal of Finance*, v. 57, n. 2, p. 265-301, 2002.
- LAZZARINI, S. et al. What do State-owned development banks do? Evidence from BNDES, 2002-09. *World Development*, n. 66, p. 237-253, 2015.
- LEDOLTER, J. *Data mining and business analytics with R*. Wiley, 2013.
- LEE, K.; KI, J. Rise of latecomers and catch-up cycles in the world steel industry. *Research Policy*, n. 46, p. 365-375, 2017.
- LEE, J. K.; KIM, D. Bank performance and its determinants in Korea. *Japan and the World Economy*, n. 27, p. 83-94, 2013.
- LI, K.; LIN, B. Measuring green productivity growth of Chinese industrial sectors during 1998-2011. *China Economic Review*, n. 36, p. 279-295, 2015.
- MA, J. et al. Technical efficiency and productivity change of China's iron and steel industry. *International Journal of Production Economics*, n. 76, p. 293-312, 2002.
- MARCHETTI, D.; WANKE, P. Brazil's rail freight transport: efficiency analysis using two-stage DEA and cluster-driven public policies. *Socio-Economic Planning Sciences*, n. 59, p. 26-42, 2017.
- MELO, G. M.; RODRIGUES JÚNIOR, W. *Determinantes do investimento privado no Brasil: 1970-1995*. Brasília, DF: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1998. (Texto para Discussão Ipea, n. 605).

- MONTERO, A. P. State interests and the new industrial policy in Brazil: the privatization of steel, 1990-1994. *Journal of Interamerican Studies and World Affairs*, v. 40, n. 3, p. 27-62, 1998.
- MULLEN, K. et al. DEoptim: An R Package for Global Optimization by Differential Evolution. *Journal of Statistical Software*, v. 40, n. 6, p. 1-26, 2011.
- NIELSEN, H. Productive efficiency in the iron and steel sector under State planning: the case of China and former Czechoslovakia in a comparative perspective. *Applied Energy*, n. 85, p. 1732-1743, 2017.
- REZVANIAN, R.; RAO, N.; MEHDIAN, S. Efficiency change, technological progress and productivity growth of private, public and foreign banks in India: evidence from the pos-liberalization era. *Applied Financial Economics*, n. 18, p. 701-713, 2008.
- SARKIS, J. An analysis of the operational efficiency of major airports in the United States. *Journal of Operations Management*, n. 18, p. 335-351, 2000.
- SHANMUGAN, M. Does public investment crowd-out private investment in India? *Journal of Financial Economic Policy*, v. 9, n. 1, p. 1-23, 2017.
- SIMAR, L., WILSON, P. Two-stage DEA: *caveat emptor*. *Journal of Productivity Analysis*, v. 36, n. 2, 205-218, 2011.
- SIMAR, L., WILSON, P. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of Econometrics*, v. 136, p. 31-64, 2007.
- SONAGLIO, C. M.; BRAGA, M. J.; CAMPOS, A. C. Investimento público e privado no brasil: evidências dos efeitos *crowding-in* e *crowding-out* no período 1995-2006. *Revista de Economia*, v. 11, n. 2, p. 383-404, 2010.
- SUN, W.; DONG, K.; ZHAO, T. Market demand dynamic induced mechanism in China's steel industry. *Resources Policy*, n. 51, p. 13-21, 2017.
- TADEU, H.; SILVA, J. The determinants of the long term private investment in Brazil: an empirical analysis using cross-section and a Monte Carlo simulation. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, n. 18, p. 11-17, 2013. Special issue.
- THANGARAJ, R. et al. Solving Multi Objective Stochastic Programming Problems Using Differential Evolution. In: SWARM, EVOLUTIONARY, AND MEMETIC COMPUTING: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SWARM, EVOLUTIONARY, AND MEMETIC COMPUTING, 2010, Chennai. *Proceedings...* Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 54-61.
- TORRES, E.; ZEIDAN, R. The life-cycle of national development banks: the experience of Brazil's BNDES. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, n. 62, p. 97-104, 2016.
- WANKE, P.; BARROS, C. P. Efficiency drivers in Brazilian insurance: a two-stage DEA meta frontier-data mining approach. *Economic Modelling*, n. 53, p. 8-22, 2016.
- WANKE, P. et al. Predicting efficiency in Islamic banks: an integrated multi-criteria decision making (MCDM) approach. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, n. 45, p. 126-141, 2016.
- WU, Y. The Chinese steel industry: recent developments and prospects. *Resources Policy*, n. 26, p. 171-178, 2000.
- YEYATI, E.; MICCO, A.; PANIZZA, U. A reappraisal of State-owned banks. *Economía*, v. 7, n. 2, p. 209-247, 2007.

Ricardo Kalil Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2234-6622>

Mestre em Desenvolvimento Econômico pela Universidade Federal do Paraná (UFPR); Doutorando em Administração na UFRJ COPPEAD, Rio de Janeiro – RJ, Brasil. E-mail: ricardo.kalil@coppead.ufrj.br

Peter Fernandes Wanke

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1395-8907>

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor adjunto na UFRJ COPPEAD, Rio de Janeiro – RJ, Brasil. E-mail: peter@coppead.ufrj.br