

UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA: EFICIÊNCIA AMBIENTAL E PRODUTIVIDADE NAS INDÚSTRIAS

DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020888-904>

Gustavo Henrique Silva Neves¹

Adriane Angélica Farias Santos Lopes de Queiroz²

Willy Alves de Oliveira Soler³



RESUMO

O impacto da atividade humana sobre o meio ambiente tem mostrado prognósticos preocupantes, principalmente em relação às mudanças climáticas e que requerem a adoção de medidas de mitigação e redução em ritmo superior ao que é feito hoje. Nesse sentido, a inovação no uso de programação matemática para a mensuração da eficiência em setores de intensivo uso de recursos ambientais, como nas indústrias, pode revelar novas possibilidades de análise que auxiliem governos e indústrias em direção ao desenvolvimento sustentável. Desse modo, com o objetivo de compreender o panorama das publicações sobre eficiência ambiental e produtividade nas indústrias, foi realizada uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Por meio desta RSL, foram identificados os principais setores pesquisados, as variáveis ambientais, as variáveis de produção e as principais abordagens metodológicas utilizadas para mensuração da eficiência ambiental nas indústrias. Os resultados encontrados com o uso das abordagens de mensuração de eficiência ambiental revelam o seu suporte no desenvolvimento de políticas ambientais mais adequadas, auxiliando à compreensão da evolução no comportamento das variáveis ambientais e no fornecimento informações que auxiliem a tomada de decisões mais assertivas por governos e indústrias.

Palavras-chave: Eficiência Ambiental. Produtividade. Indústria.

¹ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade – PPGEES. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: gustavohsneves@gmail.com

² Profa. Dra. da Escola de Administração e Negócios – ESAN. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: Adriane.queiroz@ufms.br

³ Prof. Dr. do Instituto de Matemática – INMA. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Email: willy.oliveira@ufms.br

ENVIRONMENTAL EFFICIENCY AND PRODUCTIVITY IN INDUSTRIES: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

The impact from human activity on the environment has shown worrying predictions, especially in relation to climate change, which requires the adoption of mitigation and reduction measures at a higher rate than today. Therefore, innovation in the use of mathematical programming to measure efficiency in resource-intensive sectors, such as industries, may reveal new possibilities for analysis that support governments and industries towards sustainable development. In this way, in order to understand the panorama of publications on environmental efficiency and productivity in industries, it was performed a Systematic Literature Review (SLR). Through this SLR, it was identified the main surveyed sectors, the environmental variables, the production variables and the main methodological approaches used to measure the environmental efficiency in industries. The results found with the use of environmental efficiency measurement approaches show their support in the development of more suitable environmental policies, supporting to understand the evolution on the behavior of environmental variables and provide information to support more assertive decision-making by governments and industries.

Keywords: Environmental Efficiency. Productivity. Industry.

1 INTRODUÇÃO

A literatura revela o crescimento relativo ao equilíbrio da produtividade das indústrias com a eficiência ambiental, em particular devido aos resultados indesejados que são gerados ao longo dos processos de produção. Dentre os efeitos principais destes resultados indesejados, estão as mudanças climáticas como a principal preocupação ambiental atual.

Segundo Chang et al. (2013) o aquecimento global é uma das questões mais desafiadoras que a humanidade enfrenta, devido à complexidade dos processos e ao desenvolvimento de soluções abrangentes e de longo prazo. Munisamy e Arabi (2014), por sua vez, destacam que as indústrias têm alinhado esforços para serem socialmente responsáveis e eficientes em termos de padrões de consumo e poluição ao invés de apenas economicamente eficientes.

Nesse sentido, a análise dos recursos ambientais utilizados pelas indústrias e as saídas geradas além do seu produto final, revela-se um importante campo de pesquisa. Assim, o uso de técnicas para a mensuração de eficiência que possibilitem a análise conjunta de variáveis ambientais em setores de intensivo uso de recursos naturais compõem uma importante ferramenta para as indústrias, auxiliando-as nas tomadas de decisão, modificações em seus processos produtivos e na adoção de políticas ambientais mais assertivas por governos em direção ao desenvolvimento sustentável.

Desse modo, com o objetivo de compreender o panorama dos estudos que envolvem a eficiência ambiental nas indústrias e a produtividade, foi desenvolvida uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), na qual, as seguintes *strings* de busca foram selecionadas: eficiência ambiental, produtividade e indústria.

De acordo com Kitchenham (2004), a RSL é uma forma de estudo secundária que visa identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas significativas disponíveis que se referem a uma determinada questão de pesquisa, área temática ou fenômeno de interesse. O mesmo autor destaca que uma revisão sistemática deve ser realizada de acordo com alguma estratégia predefinida.

Dessa forma, os procedimentos adotados, desde a definição das bases de dados até os critérios de elegibilidade, devem ser detalhadamente planejados e descritos. Após essa seção introdutória, as demais seções estão elencadas da seguinte forma neste artigo: A seção 2 descreve os métodos e os critérios de seleção de dados. A seção 3 exhibe os resultados. A seção 4 apresenta as conclusões da pesquisa

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A fim de garantir a qualidade científica e minimizar o risco de parcialidade, a elaboração do estudo e análise desta revisão segue a base do PRISMA, realizado por Moher et al. (2009). Segundo os autores, uma revisão sistemática é uma revisão de uma questão claramente formulada que usa métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar

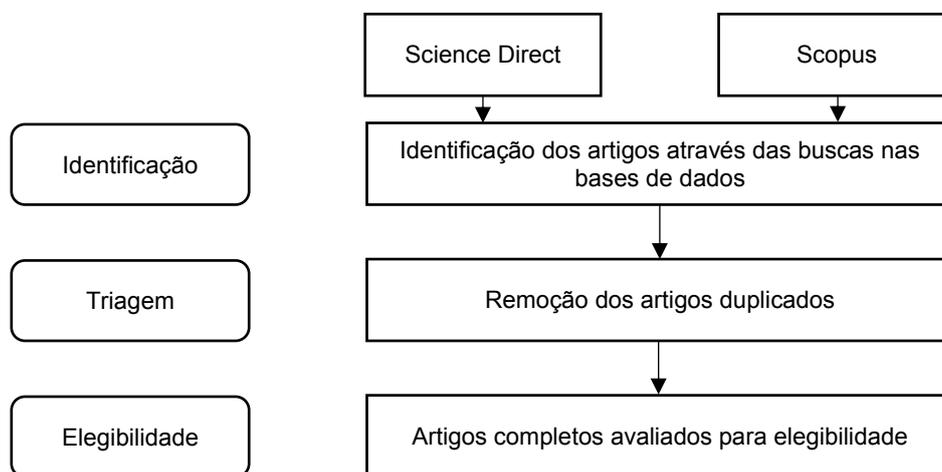
criticamente pesquisas relevantes além de coletar e analisar dados dos estudos incluídos na revisão.

A estrutura de RSL proposta por Moher et al. (2009) consiste fundamentalmente das seções título, resumo, introdução, métodos, resultados e discussão. Nesta RSL, estas seções propostas pelos autores são contempladas serão contempladas nesta pesquisa.

Para proceder à seleção das bases de dados e realizar a pesquisa bibliográfica, essa seleção foi estabelecida de acordo com os seguintes critérios: relevância na comunidade acadêmica, as opções de tratamento dos resultados de busca nas bases de dados, a relação entre as *strings* de busca e o conteúdo das bases de dados.

Foram utilizadas as bases de dados *Science Direct* e *Scopus*. A consulta às bases foi realizada em novembro de 2018 via acesso remoto CAFe CAPES. Esta opção permite acesso ao conteúdo assinado disponível para professores e acadêmicos da UFMS nas duas bases de dados utilizadas. Selecionadas as bases de dados, fluxo de informações desta RSL foi realizado conforme a Figura 1 a seguir.

Figura 1. Diagrama de fluxo de informação da revisão sistemática de literatura.



Fonte: Os autores.

Nas bases de dados *Science Direct* e *Scopus*, foram utilizados filtros de pesquisa com o ano de publicação, o idioma, o tipo de documento, os termos exibidos em palavras-chave, o resumo e o título, dos quais foram encontrados 144 resultados, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Filtros nas bases de dados

Bases de Dados	Strings	Filtros	Resultados
Science Direct	Environmental Efficiency AND Productivity AND Industry	Tipo de Documento: Artigo	118
		Ano de Publicação: Até 2017	
		Título, Resumo ou Palavras-chave: Environmental Efficiency AND Productivity AND Industry	
Scopus	"Environmental Efficiency" AND Productivity AND Industry	Tipo de Documento: Artigo	26
		Ano de Publicação: Até 2017	
		Título, Resumo ou Palavras-chave: Environmental Efficiency AND Productivity AND Industry	

Fonte: Os autores.

Após esta etapa, o resumo das informações dos artigos foi exportado em um arquivo no formato bibtext para um computador. Em seguida, estes arquivos foram importados para o software StArt®, o qual foi desenvolvido para o suporte na elaboração de revisões sistemáticas.

Com o uso deste software, na segunda etapa foram identificados também as publicações duplicadas, totalizando quinze nas duas bases de dados.

A terceira etapa, denominada elegibilidade, consistiu na seleção de artigos que foram utilizados na revisão sistemática de acordo com a adoção dos critérios de inclusão e exclusão os quais são descritos a seguir:

Critérios de inclusão:

- Presença de todas as *strings* de pesquisa e termos com significado próximo, dos quais incluem *environment efficiency* e *eco-efficiency*;
- Argumentação conceitual sobre o tema;
- Convergência com os objetivos da pesquisa.

Critérios de exclusão:

- Artigos que não possuem correspondência com as *strings* de pesquisa.

Utilizando estes critérios de elegibilidade, foram selecionados treze artigos nesta RSL, cujo os resultados encontrados são apresentados na seção 3.

3 RESULTADOS

Dentre os resultados que compreendem a distribuição das treze publicações selecionadas, estão a sua relevância à comunidade científica, os segmentos industriais pesquisados, países onde foram concentradas as pesquisas, as abordagens metodológicas de mensuração de eficiência utilizadas além as variáveis utilizadas.

3.1 Relevância dos Periódicos e Artigos

Para compreender a relevância dos periódicos para a comunidade científica, cujos trabalhos selecionados foram publicados, fez-se uso das classificações *Quartile Score* e *Scientific Journal Rankings* (SJR), ambas obtidas do site *Scimago Journal & Country Rank*.

O *Quartile Score* é uma classificação baseada no Fator de Impacto (IF), que fornece a categorização em quartis dos assuntos para todos os periódicos, de acordo com o seu nível de relevância. O SJR, por sua vez, de acordo com o *Scimago Journal & Country Rank*, é uma medida de influência científica dos periódicos que considera tanto o número de citações recebidas por um periódico quanto a importância ou prestígio dos periódicos de onde provêm tais citações.

De acordo com o *Scimago Journal & Country Rank*, o resultado do SJR mostra uma média ponderada das citações no ano selecionado e os três anteriores. Nesta pesquisa, foram selecionados os resultados do *Quartile Score* e SJR, referentes ao ano de 2017 para todas as publicações.

Para identificar a relevância de cada artigo, aplicou-se o Índice de Impacto do Artigo (A_{IF}). Segundo Carvalho e Lopes (2013), o (A_{IF}) é calculado com base no número de vezes que o artigo foi citado (A_{TC}) e no fator de impacto do periódico, no qual foi adotado para esta pesquisa o *SJR* do ano de 2017, do site *Scimago Journal & Country Rank*. O uso da (A_{IF}) possibilita que a análise inclua a relevância da revista e da publicação simultaneamente. Esse índice é obtido conforme cálculo a seguir.

$$A_{IF} = A_{TC} \times (SJR + 1) \quad (1)$$

O resultado do *Quartile Score* mostra para todos os periódicos a classificação Q1, que é a mais elevada entre os quartis. O SJR revela o bom posicionamento destes periódicos em suas áreas, ocupando entre a 5ª e 30ª

posições no ranking mundial. O Quadro 2 mostra a distribuição dos artigos selecionados com os respectivos autores, periódicos, Quartile Score, SJR , A_{IF} e A_{TC} .

Quadro 2. Distribuição dos artigos e periódicos

Autor Ano	Periódico	Título	A_{TC}	SJR	SJR Ranking	A_{IF}
Mazzanti et al. (2009)	Ecological Economics	Environmental efficiency and labour productivity: Trade-off or joint dynamics? A theoretical investigation and empirical evidence from Italy using NAMEA	44	1,657	21°	116,9
Chang et al. (2013)	Energy Policy	Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach	116	1,994	5°	347,3
Falavigna et al. (2013)	Agricultural Systems	Environmental efficiency, productivity and public funds in italian agricultural industry: The case of italian agricultural funds	15	1,156	30°	32,3
Xie et al. (2014)	Energy	Dynamic environmental efficiency evaluation of electric power industries: Evidence from OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) and BRIC (Brazil, Russia, India and China) countries	45	1,990	6°	134,6
Molinos-Senante et al. (2015)	Environmental Science & Policy	The impact of privatization approaches on the productivity growth of the water industry: A case study of Chile	21	1,661	16°	55,9
Munisamy et al. (2015)	Journal of Cleaner Production	Eco-efficiency change in power plants: using a slacks-based measure for the meta-frontier MalmquistLuenberger productivity index	36	1,467	21°	88,8
Emrouznejad et al. (2016)	Energy	A framework for measuring global MalmquistLuenberger productivity index with CO2 emissions on Chinese manufacturing industries	19	1,990	6°	56,8
Continua...						

Autor Ano	Periódico	Título	A_{TC}	SJR	SJR Ranking	A_{IF}
Kang et al. (2016)	Journal of Cleaner Production	Energy and environment efficiency of industry and its productivity effect	16	1,467	21°	39,5
Liu et al. (2016)	Journal of Cleaner Production	Evaluating the sustainability impact of consolidation policy in China's coal mining industry: a data envelopment analysis	14	1,467	21°	34,5
Shao et al. (2016)	Journal of Cleaner Production	Productivity growth and environmental efficiency of the nonferrous metals industry: an empirical study of China	6	1,467	21°	14,8
You et al. (2016)	Journal of Cleaner Production	The eco-efficiency of pulp and paper industry in China: an assessment based on slacks-based measure and Malmquiste-Luenberger index	33	1,467	21°	81,4
Manello (2017)	European Journal of Operational Research	Productivity growth, environmental regulation and win-win opportunities: The case of chemical industry in Italy and Germany	2	2,437	11°	6,9
Yang et al. (2017)	Journal of Cleaner Production	Do exogenous shocks better leverage the benefits of technological change in the staged elimination of differential environmental regulations? Evidence from China's cement industry before and after the 2008 Great Sichuan Earthquake	2	1,467	21°	4,9

Fonte: Os autores.

Inicialmente, as publicações selecionadas foram organizadas em relação aos seguintes aspectos: o campo de pesquisa, o país, a dimensão geográfica da pesquisa, as principais questões abordadas, a abordagem metodológica e a utilização de medida de séries temporais. O resumo desses dados foi organizado com base no trabalho de Enrouznejad e Yang (2016) e são apresentados na Quadro 3.

Quadro 3. Principais questões abordadas e abordagens de mensuração de eficiência

					Abordagem Metodológica	
--	--	--	--	--	-------------------------------	--

Autor Ano	Campo de pesquisa	País	Dimensão	Principais questões abordadas	Medida de Eficiência		Medida de séries temporais
					Orientação	Modelo	
Mazzani et al. (2009)	Filiais (Geral)	Itália	País	Verificar a relação entre eficiência ambiental e produtividade no trabalho	Não especificado	LSDV	Painel - NAMEA
Chang et al. (2013)	Transporte	China	Província	Eficiência ambiental da indústria de transporte da China	Não orientado	DEA - SBM (modificado)	Não
Falavigna et al. (2013)	Indústria Agrícola	Itália	Província	Eficiência ambiental, produtividade e fundos públicos na indústria agrícola italiana	Saída	DEA - DODF	Índice MLP
Xie et al. (2014)	Indústria de Energia Elétrica	OECD e BRIC	País	Avaliação dinâmica da eficiência ambiental de indústrias de energia elétrica	Não orientado	DEA - SBM	Painel
Molinos-Senante et al. (2015)	Distribuição de Água	Chile	País	Crescimento de produtividade no setor de distribuição de água	Não orientado	DEA	Índice LP
Munisamy et al. (2015)	Usinas termoelétricas	Iran	País	Mudança de ecoeficiência em usinas de geração de energia	Não orientado	DEA - SBM (modificado)	Índice MLP
Emrouznejad et al. (2016)	Indústria de Manufatura	China	Província	Ecoeficiência em indústrias de manufatura na China	Saída	DEA - DDF	Índice GMLP
Kang et al. (2016)	Indústria (Geral)	Coréia do Sul	País	Energia e eficiência ambiental da indústria e seu efeito de produtividade	Saída	DEA - Dois estágios MEA	Painel - Regressão linear
Liu et al. (2016)	Indústria Carvoeira	China	Província	Avaliar a eficiência da política de consolidação na indústria de carvão da China.	Não orientado	DEA - RAM	Painel
Shao et al. (2016)	Indústria de Metais não Ferrosos	China	Província	Crescimento de produtividade e eficiência ambiental da indústria de metais não ferrosos	Saída	Não especificado	Índices MP e MLP
You et al. (2016)	Indústria de Papel e Celulose	China	Província	Ecoeficiência da indústria de papel e celulose na China	Não orientado	DEA - SBM	Índice ML
Continua...							
Autor Ano	Campo de pesquisa	País	Dimensão	Principais questões abordadas	Abordagem Metodológica		Medida de séries temporais
					Medida de Eficiência		
					Orientação	Modelo	

Manello (2017)	Indústria Química	Alemanha e Itália	Pais	Analisar a eficiência econômica e ambiental na indústria química.	Saída	DEA - DODF	Índice SML
Yang et al. (2017)	Indústria de Cimento	China	Província	Mudança tecnológica, produtividade e eficiência ambiental	Saída	DDF	Painel

Fonte: Os autores.

3.2 Campo de Pesquisa

Quando ao campo de pesquisa, os resultados desta RSL revelam a elevada heterogeneidade dos setores da indústria que foram encontrados nos artigos, indicando que as *strings* selecionadas compreendem uma ampla gama de setores ao invés de um grupo limitado de indústrias que possuem a eficiência ambiental e produtividade como uma questão central.

Apesar da heterogeneidade dos setores industriais encontrados, seis dos treze trabalhos possuem o foco em indústrias com intensivo consumo e geração de energia, como as indústrias de transformação, carvão, usinas térmicas, metais não-ferrosos, cimento, papel e celulose. Ademais, esses setores também são responsáveis por grande parte das emissões provenientes da geração de energia e do consumo em seus processos produtivos.

Em relação a estes segmentos com intensivo uso de energia presentes nesta RSL, Shao e Wang (2016), por exemplo, afirmam que a maior parte da produção de metais não-ferrosos enfrenta desafios que impedem o desenvolvimento mais sustentável do setor, o que inclui, o elevado consumo de energia e de emissões de poluentes. Munisamy e Arabi (2014), por sua vez, destacam que indústrias do setor de geração de energia desempenham um papel econômico e ecológico crítico. No mesmo artigo, os autores revelam que no Irã, a indústria de geração de energia contribuiu com 33% das emissões de CO₂ do país.

3.3 Dimensão Geográfica de Pesquisa

A dimensão geográfica desta pesquisa mostra que as publicações selecionadas estão concentradas em nível de província e de país, exceto Xie et al. (2014) e Manello (2017), cujas publicações abrangeram mais de uma nação. Na China, em específico, todas os artigos foram realizados em nível de província, dos quais a maior parte é focada em estabelecer uma comparação da evolução entre as províncias com o objetivo de analisar os fatores determinantes para uma produção limpa nessas indústrias. Os demais artigos de outras regiões, exceto Falavigna et al. (2013), compreendem os estudos em nível de país.

Parte dos autores, tanto nas pesquisas em nível de província como de país, destacam a relação direta entre políticas ou regulamentações, eficiência nas indústrias e seus benefícios operacionais e ambientais. Liu et al. (2016), por exemplo, afirma que a regulação orientada para o mercado pode reduzir o impacto negativo da sua reestruturação sobre a eficiência operacional e assim, alcançar uma maior eficiência unificada, tanto em seus aspectos operacionais quanto ambientais.

3.4 Principais Questões Abordadas

A ligação entre eficiência ambiental e produtividade foi a questão mais abordada nesses artigos, assim como os fatores que determinam o seu aumento ou redução. Nesse sentido, Mazzanti et al. (2008), afirma em sua pesquisa, que abrangeu 29 setores na Itália, que para a maioria das categorias de emissões atmosféricas, há uma relação positiva entre produtividade do trabalho e eficiência ambiental.

Molinos-Senante et al. (2015), por sua vez, elucidam os desafios da implementação de reformas de privatização na indústria da água e seu efeito na produtividade. Dentre as abordagens utilizadas em sua pesquisa, a que contemplou a eficiência ambiental, auxiliou na identificação dos fatores determinantes para o aumento de produtividade.

Yang et al. (2017), investigaram os benefícios financeiros e ambientais da modernização tecnológica, examinando melhorias na produtividade e no desempenho ambiental. Nesta pesquisa, verificou-se que a modernização das

máquinas pode proporcionar uma economia significativa em relação à poluição, sem gerar obstáculos em sua eficiência produtiva.

3.5 Abordagens Metodológicas de Mensuração

Nesta RSL, dentre as abordagens metodológicas utilizadas pelos autores, foi identificado que a Análise Envoltória de Dados (DEA) é a principal adotada para a mensuração da eficiência ambiental e produtividade. Das trezes publicações selecionadas, onze utilizaram a DEA. Segundo Chang et al. (2013) a DEA é utilizada para identificar o *benchmarking* entre as Unidades de Tomada de Decisão (DMU's), que neste caso são representadas pelas indústrias, e formar uma fronteira de eficiência. No entanto, nesta RSL apenas um estudo foi desenvolvido com o uso do modelo pioneiro da DEA, desenvolvido por Charnes et al. (1978).

Onze estudos adotaram alguma variação do modelo clássico da DEA para medir a eficiência ambiental. A principal razão dessa adoção ocorre devido ao modelo precursor desenvolvido por Charnes et al. (1978) não ter sido desenvolvido especificamente para o uso de variáveis ambientais.

O modelo da DEA descrito acima é orientado para saídas, nas quais objetiva-se maximizar as variáveis de saída, fornecendo uma medida de eficiência relativa para cada DMU. No entanto, quando utilizado para a análise de eficiência com o uso de variáveis ambientais nas indústrias, muitas vezes não é desejável maximizar todos os resultados, devido às características dessas variáveis que muitas vezes estão associadas às emissões e demais saídas do processo, além do produto final, também conhecidas como variáveis indesejáveis.

Portanto, parte dos autores fizeram uso de variações da DEA, para modelar as entradas e saídas de acordo com as características do processo e das variáveis desejáveis e indesejáveis obtidas.

Na coluna de medida de séries temporais preenchidas como “não”, foram utilizados dados de seção cruzada, nas quais têm-se que apenas uma seção na linha do tempo é analisada para medir a eficiência de cada DMU. Os dados do painel permitem a avaliação longitudinal, uma vez que nestes é possível analisar a evolução da eficiência em diferentes pontos. O GMLP, ML,

SML, MLP são variações dos índices Produtividade de Malmquist (MP) e Produtividade de Luendberger (LP). Esses índices também permitem a medição da eficiência em diferentes pontos, além de considerarem o efeito da evolução da tecnologia ao longo do tempo, de modo assim, evitar distorções nos resultados da DEA.

Dentre as variáveis identificadas para as indústrias nesta RSL, o capital, o trabalho e o consumo de energia são as principais entradas em comum dos processos. Ademais, o valor agregado e a geração de energia são as principais saídas desejáveis, enquanto as emissões de CO₂ e de efluentes são as principais saídas indesejáveis em comum, conforme mostrado no Quadro 4.

Quadro 4. Variáveis dos Processos e Unidades de Tomada de Decisão.

Autor Ano	Campo de Pesquisa	País	Entradas	Saídas	DMU's	Quantidade
Mazzanti et al. (2009)	Filiais (Geral)	Itália	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não especificado
Chang et al. (2013)	Transporte	China	Capital, trabalho, energia	Valor agregado, emissões de CO ₂	Indústrias de meio de transporte de cada província	30
Falavigna et al. (2013)	Indústria Agrícola	Itália	Superfícies cultivadas	Quantidade de produção, quantidade de emissões	Províncias italianas	102
Xie et al. (2014)	Indústria de Energia Elétrica	OECD e BRIC	Trabalho, capacidade instalada, combustível e entrada nuclear	Geração de energia, emissões de carbono	Sistemas de energia na OECD e BRIC	26
Molinos-Senante et al. (2015)	Distribuição de Água	Chile	Custos de operação, trabalho, extensão da rede	Água distribuída, consumidores que possuem serviço de tratamento de efluentes	Plantas de tratamento de efluentes	60
Munisamy et al. (2015)	Usinas termoelétricas	Iran	Capacidade efetiva, consumo de combustível	Emissões de SO ₂ , NO _x , CO _x e energia gerada	Usinas termoelétricas iranianas	48
Emrouznejad et al. (2016)	Indústria de Manufatura	China	Ativo, trabalho, consumo de energia	Valor bruto da produção industrial, emissões de CO ₂	Indústrias de manufatura	29
Continua...						

Autor Ano	Campo de Pesquisa	País	Entradas	Saídas	DMUs	Quantidade
Emrouznejad et al. (2016)	Indústria de Manufatura	China	Ativo, trabalho, consumo de energia	Valor bruto da produção industrial, emissões de CO ₂	Indústrias de manufatura	29
Kang et al. (2016)	Indústria (Geral)	Coréia do Sul	Consumo de energia, proporção de concentração das s principais fontes de energia, entrada não energética	Soma das saídas intermediárias das indústrias, emissões de CO ₂	Indústrias Coreanas	154
Liu et al. (2016)	Indústria Carvoeira	China	Trabalho, capital, energia	Carvão, água residual, gás residual, resíduos sólidos	Indústrias de mineração de carvão	Não especificado
Shao et al. (2016)	Indústria de Metais não Ferrosos	China	Consumo energético da indústria, total de ativos	Valor de saída, receita de vendas, emissões de CO ₂	Regiões de indústrias de metais não ferrosos	27
You et al. (2016)	Indústria de Papel e Celulose	China	Consumo de água	Emissões de efluentes, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), valor total de produção industrial	Indústrias de papel e celulose de cada província	16
Manello (2017)	Indústria Química	Alemanha e Itália	Ativos, bens intermediários, custos de mão de obra	Faturamento, índice de impacto ambiental	Empresas químicas	Não especificado
Yang et al. (2017)	Indústria de Cimento	China	Número de empregados, valor líquido dos ativos fixados na moeda RMB, consumo de calcário, total de vendas na moeda RMB	Emissões de SO ₂ em toneladas, emissões de poeira em toneladas, emissões de CO ₂ do processo de produção de cimento, produção de clínquer em toneladas, eletricidade comprada	Indústrias de cimento na província de Sichuan	54

Fonte: Os autores.

4 DISCUSSÃO

Esta RSL buscou o entendimento da organização dos estudos sobre eficiência ambiental nas indústrias e a influência nos resultados de

produtividade. Verificou-se que a eficiência e produtividade ambiental constituem um amplo campo de estudos, uma vez que cada pesquisa possuiu como temática distintos setores industriais, em especial os de intensivo consumo e geração de energia.

A maior parte dos artigos foram publicados entre os anos de 2013 e 2017, em especial na China e Europa, o que indica que as *strings* escolhidas são parte de um problema global atual e que envolve economias em diferentes estágios de desenvolvimento. Além disso, todos os artigos foram publicados em periódicos com alta relevância para a comunidade científica em seus campo de pesquisa. Os resultados desta RSL ainda revelam que a relação entre eficiência ambiental e produtividade pode fornecer resultados positivos em ambas as esferas além de subsidiar à tomada de decisão e a adoção de políticas ambientais mais realistas.

As abordagens metodológicas identificadas nesta pesquisa, revelam que a DEA é a principal abordagem aplicada nos artigos selecionados, o que reforça que a sua flexibilidade permite uma ampla gama de aplicações envolvendo o uso de diversas variáveis em segmentos industriais distintos. Nesta RSL, dos treze artigos, onze utilizaram a abordagem da DEA, o que mostra a sua utilização bem-sucedida em fornecer uma medida relativa de eficiência.

Contudo, a utilização de variáveis ambientais frequentemente revela a existência de saída desejáveis e indesejáveis, fator que requer uma seleção criteriosa do modelo de variação da DEA mais apropriado para que não sejam obtidas distorções nos resultados encontrados.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e ao CNPQ por subsidiarem a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, M.; FLEURY, A.; LOPES, A. An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): contributions and trends. **Technological Forecasting & Social Change**, v.80, n.7, p.1418-1437, 2013.

CHANG, Y.; ZHANG, N.; DANAIO, D.; ZANG, N. Environmental efficiency analysis of transportation system in China: A non-radial DEA approach. **Energy Policy**, v. 58, p.277-283, 2013.

EMROUZNEJAD, A.; YANG, G. A framework for measuring global Malmquist–Luenberger productivity index with CO₂ emissions on Chinese manufacturing industries. **Energy**, v. 115, p.840-856, 2016.

FALAVIGNA, G.; MANELLO, A.; PAVONE, S. Environmental efficiency, productivity and public funds: The case of the Italian agricultural industry **Agricultural Systems**, v. 121, p.73-80, 2013.

KANG, D.; LEE, D. Energy and environment efficiency of industry and its productivity effect. **Journal Of Cleaner Production**, v. 135, p.184-193, 2016.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Joint Technical Report**, Keele University, Stafforshire, UK, 2004.

LIU, J.; LIU, H.; YAO, X.; LIU, Y. Evaluating the sustainability impact of consolidation policy in China's coal mining industry: a data envelopment analysis, **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 2969-2976, 2016.

MANELLO, A. Productivity growth, environmental regulation and win–win opportunities: The case of chemical industry in Italy and Germany. **European Journal Of Operational Research**, v. 262, n.2, p. 733-743, 2017.

MAZZANRI, M.; ZOBOLI, R. Environmental efficiency and labour productivity: Trade-off or joint dynamics? A theoretical investigation and empirical evidence from Italy using NAMEA. **Ecological Economics**, v.68, n.4, p.1182-1194, 2009.

MOHER, D.; LIBERATI, A. TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4, p.264-270, 2009.

MOLINOS, M.; SALA, R. The impact of privatization approaches on the productivity growth of the water industry: A case study of Chile. **Environmental**

Science & Policy, v.50, p.166-179, 2015.

MUNISAMY, S.; ARABI, B. Eco-efficiency change in power plants: using a slacks-based measure for the meta-frontier Malmquist–Luenberger productivity index. **Journal Of Cleaner Production**, v.105, p.218-232, 2015.

SCIMAGO JOURNAL & COUNTRY RANK. **Scimago Lab**. Disponível em: <<https://www.scimagojr.com/>>. Acesso em: 21/09/2018.

SHAO, Y.; WANG, S. Productivity growth and environmental efficiency of the nonferrous metals industry: an empirical study of China. **Journal Of Cleaner Production**, v.137, p.1663-1671, 2016.

XIE, B.; SHANG, L.; YANG, S.; YI, B. Dynamic environmental efficiency evaluation of electric power industries: Evidence from OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) and BRIC (Brazil, Russia, India and China) countries. **Energy**, v.74, p.147-157, 2014.

YANG, Q. KANEKO, K.; FUJII, H.; YOSHIBA, Y. Do exogenous shocks better leverage the benefits of technological change in the staged elimination of differential environmental regulations? Evidence from China's cement industry before and after the 2008 Great Sichuan Earthquake. **Journal Of Cleaner Production**, v.164, p.1167-1179, 2017.

YU, C.; SHI, L.; WANG, Y.; CHANG, Y.; CHENG, B. The eco-efficiency of pulp and paper industry in China: an assessment based on slacks-based measure and Malmquist–Luenberger index. **Journal Of Cleaner Production**, v.127, p. 511-521, 2016.