

ISO 14001, DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E QUALIDADE AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DE CAUSA E EFEITO NOS PAÍSES QUE MAIS UTILIZAM A CERTIFICAÇÃO

Everton Anger Cavalheiro¹

Professor Doutor na Universidade Federal de Pelotas- Rio Grande do Sul/ Brasil

eacavalheiro@hotmail.com

Larissa Medianeira Bolzan²

Professora Doutora na Universidade Federal de Pelotas- Rio Grande do Sul/ Brasil

larissambolzan@gmail.com

Alejandro Martins Rodriguez³

Professor Doutor na Universidade Federal de Pelotas- Rio Grande do Sul/ Brasil

aljmartins@gmail.com

Andreza Lautenscheleger⁴

Mestranda em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Pelotas- Rio Grande do Sul/ Brasil

andrezalauten@hotmail.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Everton Anger Cavalheiro, Larissa Medianeira Bolzan, Alejandro Martins Rodriguez y Andreza Lautenscheleger (2020): "ISO 14001, desenvolvimento econômico e qualidade ambiental: uma análise de causa e efeito nos países que mais utilizam a certificação", Revista DELOS, Vol 13 Nº 37 (diciembre 2020). En línea:

<https://www.eumed.net/es/revistas/delos/vol-13-no-37-diciembre-2020/desenvolvimento-economico>

Resumo

O objetivo desse artigo é examinar as relações causais entre qualidade ambiental, medido pelas emissões do CO₂, desenvolvimento econômico (medido pelo PIB), e número de empresas certificadas na norma ISO 14001 em 17 países no período de 2004-2015. Para atingir o objetivo da pesquisa, realizou-se os testes de raiz unitária, cointegração e Causalidade Granger; neste último teste, a rejeição da hipótese denota a existência de um fluxo causal entre as variáveis. Observaram-se fluxos causais

¹ Doutor em Administração com ênfase em Economia, Controle e Finanças, pela UFSM. Mestre em Administração com ênfase em Economia, Controle e Finanças, pela UFSM. Especialista, pela FGV. Graduado em Administração, pela UFSM.

² Doutora em Administração com ênfase em Gestão de Pessoas, pela UFRGS. Mestra em Administração com ênfase em Sistemas de Informação e Finanças, pela UFSM. Graduada em Administração, pela UFSM.

³ Doutor em Engenharia de Produção com ênfase em Inteligência Artificial e Finanças, pela UFSC. Mestre em Engenharia de Produção com ênfase em Inteligência Artificial e Finanças, pela UFSC. Engenheiro Industrial Mecânico, pela UDELAR/Uruguai.

⁴ Mestranda em Ciências Ambientais, na UFPel. Especialização em Educação Ambiental, pela UFPel. Licenciada em Ciência Biológica, pela UFPel.

bidirecionais entre qualidade ambiental e número de empresas certificadas, assim como entre o desenvolvimento econômico e número de empresas que adotam SGA. Conclui-se que a qualidade ambiental causa variação no número de empresas certificadas na medida em que as empresas buscam se adaptar à pressões dos mercados consumidores. Por outra via, observam-se melhorias na qualidade ambiental, de curto, médio, e longo prazo, como reflexo dos vários benefícios ambientais decorrentes da adesão a SGA's. Por fim, o desenvolvimento econômico seria impactado positivamente pela melhoria do desempenho das empresas pela redução de custos através melhoria dos processos internos das empresas que adotam este SGA.

Palavras-Chave: ISO 14001; qualidade ambiental; desenvolvimento econômico; causalidade de Granger; dados em painéis.

ISO 14001, ECONOMIC DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL QUALITY: CAUSE AND EFFECT ANALYSIS IN THE COUNTRIES THAT USE CERTIFICATION THE MOST

Abstract

The purpose of this article is to examine the causal relationships between environmental quality - measured by CO₂ emissions-, economic development -measured by GDP-, and the number of companies ISO 14001 certified in 17 countries, during the period 2004-2015. To achieve the research objective, three tests were performed, unit root, cointegration and Granger Causality; the rejection of the hypothesis of the later test denotes the existence of a causal flow between the variables. Two-way causal flows were observed, one between environmental quality and the number of certified companies, and another one between economic development and the number of companies that adopt an EMS. It is concluded that environmental quality causes variation in the number of certified companies as companies seek to adapt to pressures of consumer markets. In another way, there are improvements in environmental quality, in the short, medium, and long term, reflecting the various environmental benefits resulting from joining EMS's. Finally, economic development would be impacted positive by improving

the performance of companies due to reduction in costs by improving internal processes that are adopted when an EMS is introduced.

Keywords: ISO 14001; environmental quality; economic development; Granger's causality; panel data.

ISO 14001, DESARROLLO ECONÓMICO Y CALIDAD AMBIENTAL: UN ANÁLISIS DE CAUSA Y EFECTO EN LOS PAÍSES QUE MÁS UTILIZAN LA CERTIFICACIÓN

Resumen

El propósito de este artículo es examinar las relaciones causales entre la calidad ambiental -medida por las emisiones de CO₂-, el desarrollo económico -medido por el PIB-, y el número de empresas certificadas bajo ISO 14001 en 17 países, en el período 2004-2015. Para lograr el objetivo de la investigación se realizaron pruebas de raíz unitaria, cointegración y Causal de Granger; en esta última prueba, la reyección de la hipótesis denota la existencia de un flujo causal entre las variables. Fueron observados dos flujos causales bidireccionales, uno entre la calidad ambiental y el número de empresas certificadas, y otro entre el desarrollo económico y el número de empresas que adoptan un SGA. Se concluye que la calidad ambiental provoca variación en el número de empresas certificadas a medida que las empresas buscan adaptarse a las presiones de los mercados de consumo. De otra forma, hay mejoras en la calidad ambiental, a corto, mediano y largo plazo, reflejando los diversos beneficios ambientales derivados de la adhesión a SGAs. Finalmente, el desarrollo económico se vería impactado al mejorar el desempeño de las empresas mediante la reducción de costos debida a la mejora en los procesos internos, característica de las empresas que adoptan SGAs.

Palabras clave: ISO 14001; calidad del medio ambiente; desarrollo económico; Causalidad de Granger; datos en paneles.

Introdução

Devido à degradação do meio ambiente em nível global, a gestão ambiental se tornou importante, tanto em nível nacional quanto organizacional, para alcançar a sustentabilidade (Liu et al., 2020). Desta forma, a sustentabilidade ambiental se tornou uma das principais prioridades para acadêmicos, gerentes e formuladores de políticas públicas (Lee & Klassen, 2008; Walker et al. 2014; Sartor et al., 2019).

Neste contexto, diversos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) e certificações ambientais foram criados como forma de controlar o impacto ambiental e incentivar a disseminação de práticas verdes (Sartor et al., 2019). Neste sentido, um crescente número de organizações tem implantado sistemas de gestão para melhorar o desempenho ambiental e atender às pressões das partes interessadas (Heras-Saizarbitoria, 2018; Liu et al., 2020).

O SGA é um processo sistemático usado nas organizações para implementar metas e políticas ambientais. Um SGA inclui a modificação das práticas operacionais, monitoramento do desempenho ambiental, e auditorias de conformidade (Gavronski et al. 2012; Liu et al, 2019).

Já a International Standart Organization (ISO) é uma organização não-governamental, independente, que visa a normatização e certificação de empresas em diversos sistemas de gestão, entre eles a gestão ambiental. A ISO 14001 é uma norma de certificação internacional proposta pela entidade. A normativa ajuda às organizações a melhorar seu desempenho ambiental por meio do uso mais eficiente de recursos e redução de desperdícios, obtendo vantagem competitiva e confiança dos stakeholders (Liu et al., 2019).

A primeira edição da ISO 14001 foi lançada em 1996, baseada em diversos padrões de gestão internacional (Whitelaw, 2012). Depois de 20 anos, a ISO 14001 tornou-se um padrão internacional de Sistema de Gestão Ambiental, com alta difusão, que afeta cadeias de abastecimento globais transnacionais (Heras-Saizarbitoria, Boiral & Allur, 2018, Boiral et al., 2018). No ano de 2018 havia 307.059 empresas certificadas em mais de 190 países. Na sua maioria, essas empresas apresentam importantes reflexos na gestão ambiental, bem como no próprio desempenho, impactando positivamente inclusive a economia dos países em que atuam.

Segundo Liu et al. (2019), as motivações que levam as empresas a adotar um SGA podem ser divididas em econômicas e ambientais. Motivadas por melhorias no desempenho econômico, as empresas podem usar a ISO 14001 para reduzir as assimetrias de informação na cadeia de suprimentos a fim de obter mais e melhores oportunidades de negócios (Johnstone & Labonne, 2009; Delmas & Montiel, 2009; Liu et al., 2019).

Ademais, o comércio internacional e o acesso a novos mercados têm sido grande fonte de inspiração às empresas para estas implementarem a ISO 14001. Além de atender a requisitos dos mercados consumidores, a empresa pode melhorar o seu desempenho econômico por meio de aumento de suas vendas, redução de custos e maior participação nos mercados internacionais, podendo, inclusive, impactar positivamente no desenvolvimento econômico dos países em que atuam (Delmas & Montes-Sancho, 2011; Goedhuys & Sleuwaegen, 2016; Liu et al., 2019).

Por outra via, as motivações ambientais também são relevantes, principalmente pela existência de pressões externas para práticas ambientalistas mais amigáveis, como por exemplo, legislações mais exigentes (Arana-Landín, Molina-Azorín & Heras-Saizarbitoria, 2011; Sartor et al. 2019; Liu et al., 2019). O próprio desejo de melhorar o desempenho ambiental é um fator motivador para a implantação da ISO 14001, embora as compensações econômicas pela proteção ambiental sejam mais evidentes (Montabon, Pagell & Wu 2016; Liu et. al., 2019).

Além disto, Liu et al. (2019) comentam que a adoção da ISO 14001 nas organizações pode ser um sinal para seus parceiros de negócios e stakeholders com vistas a refletir suas intenções de proteção ambiental (Darnall & Carmin, 2005; Montiel, Husted & Christmann, 2012). Liu et al. (2019) destacam que motivadas por melhorias no desempenho econômico, as empresas podem usar a ISO 14001 para reduzir as assimetrias de informação na cadeia de suprimentos a fim de obter mais oportunidades de negócios (Johnstone & Labonne, 2009; Delmas & Montiel, 2009).

Por outra via, Sartor et al. (2019) destacam que outra motivação que leva as empresas a obter a Certificação ISO 14001 corresponde à presença dos requisitos legais ambientais (ambiente externo). As empresas são frequentemente estimuladas por órgãos reguladores ou governos para adotar práticas de gestão que garantam uma sustentabilidade na exploração do meio ambiente (Miles, Munilla & Russell, 1997).

Sob o ponto de vista da Teoria Institucional, as empresas recebem pressão do contexto no qual operam e tendem a se adaptar para sobreviver (Sartor et al., 2019). Estas pressões podem ser divididas em três categorias: pressões coercitivas, normativas e miméticas (Jiang & Bansal, 2003; Delmas & Montes-Sancho, 2011; Heras-Saizarbitoria, Landín & Molina-Arzor, 2011; Zhu, Cordeiro & Sarkis, 2012; Zailani et al., 2012; Hsu et al., 2013; Husted et al., 2016; Baek, 2017).

Do ponto de vista de pressões externas, ter-se-ia a degradação ambiental direta e indiretamente observável pela sociedade, a qual poderia ser medida pelo total de emissões de dióxido de carbono. Liu

et al (2018) destacam que as emissões de CO₂ é o indicador mais utilizado para o grau de degradação ambiental dos países.

Neste sentido, Liu et al (2020) demonstraram a existência de um fluxo causal entre emissão de CO₂ e certificações ISO 14001. Apesar deste trabalho, são raras as pesquisas que buscam realizar uma análise de causa e efeito de pressões ambientalistas externas e o número de novas certificações ISO 14001 nos países. Também, são raros os estudos que versam sobre a relação causal do desenvolvimento econômico e certificações ISO 14001. Assim, emerge do apresentado o seguinte problema de pesquisa: existe relação de causa e efeito entre PIB, emissões de CO₂, e o número de certificações ISO 14001 nos países que mais utilizam este SGA?

Referencial Teórico

Visão Geral da ISO 14001

A certificação ISO 14001 é outorgada pela International Standard Organization (ISO), que é uma organização não governamental independente. A ISO 14001 é um padrão internacionalmente aceito que define os requisitos para um sistema de gestão ambiental (Liu et al., 2020). Auxilia as organizações a melhorar seu desempenho ambiental por meio do uso mais eficiente de recursos e redução de desperdícios.

Ademais, Johnstone e Hallberg (2020) destacam que a ISO 14001 é considerada útil para promover o comércio internacional pois inclui vários aspectos sociais, políticos, econômicos, assim como vários benefícios ambientais (Prajogo et al., 2012). Ela fornece às organizações requisitos para uma abordagem mais estruturada dos processos internos de gestão ambiental (Johnstone & Hallberg, 2020). Nesse sentido, a norma é orientada para processos e não para resultados (Boiral & Henri, 2012), uma vez que fornece às empresas diretrizes e requisitos para implementação, manutenção, e melhoria interna de processos de gestão ambiental (Johnstone & Hallberg, 2020).

Segundo Heras-Saizarbitoria, Boiral e Allur (2018), a certificação ISO 14001 tem apresentado grande crescimento mundial nos últimos anos, sendo que a Europa lidera na adoção da ISO 14001. O crescimento do número de certificados sugere um padrão semelhante de distribuição geográfica para ISO 9001 e ISO 14001 (Marimon et al., 2006). Por outro lado, a difusão internacional da ISO 14001 nos países em desenvolvimento ainda está em fase de crescimento (Johnstone & Hallberg, 2020).

Do ponto de vista regional, a certificação mostra tendências diferentes. Johnstone e Hallberg (2020) destacam que o Leste Asiático e a região do Pacífico respondem pela maior parcela de

certificação, enquanto a parcela da região do Oriente Médio é a menor. As taxas de certificação para o Leste Asiático e Pacífico e as regiões da Europa e Ásia Central cresceram constantemente durante os últimos anos. Por outra via, a África e América Latina e Caribe mostram um declínio distinto ao longo dos últimos anos.

Com relação a um único país, a China sem dúvida possui o maior número de certificações, uma vez que representa mais de 36% das certificações mundiais. A China é seguida pelo Japão, Itália, Reino Unido, Espanha, Romênia, Alemanha, França, Estados Unidos, República da Coreia, Austrália, República Theca, Suécia, Suíça, Brasil, Tailândia e Turquia. Estes 17 países representavam, em 2015, 80% de todas as certificações, perfazendo 255.203 empresas certificadas pela ISO 14001 (ISO, 2020). A seguir, a Tabela 1 apresenta evidências teóricas e empíricas da relação entre Desenvolvimento Econômico, Qualidade Ambiental e Certificações ISO 14001.

Tabela 1

Evidências teóricas e empíricas da relação entre Desenvolvimento Econômico, Qualidade Ambiental e Certificações ISO 14001

Autores	Local e período de análise	Variáveis utilizadas	Resultados observados
Daddi et al. (2015)	73 países no período de 1999 a 2012.	ISO 14001, PIB, Valor Agregado da Indústria, Gastos com Educação e Pesquisa e taxa de Desemprego	Os resultados confirmam uma relação positiva entre o número de certificações ISO14001 e PIB e valor agregado da indústria
Fura e Wang (2017)	28 países da União Européia no período de 2011 e 2012	PIB, Inflação, Taxa de Desemprego, Produção Industrial, Uso Intensivo de Energia e Taxa de Pobreza	Os resultados mostraram uma correlação entre o nível de desenvolvimento socioeconômico e a adoção/difusão do sistema de gestão ambiental ISO 14001 nos países da União Européia.
Liu et al. (2018)	60 países em desenvolvimento no período de 1999 a 2016.	Taxa de certificação ISO 14001; PIB per capita; emissão de CO ₂ ; abertura comercial; taxa de energia; e a qualidade regulatória do governo.	Os resultados revelam impactos positivos da abertura comercial e das pressões ambientais (medidas pelo CO ₂) na adoção da ISO 14001. Além disso, eles não mostram relação causal entre a ISO 14001, abertura comercial, e pressões ambientais em todo o painel; em vez disso, o relacionamento varia para diferentes regiões dos países em desenvolvimento.
Neves, Salgado e Beijo (2017)	13 países do continente americano no período de 1999 à 2013	Taxa de certificação ISO 14001; Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e consumo de energia.	Todos os países apresentaram fatores ambientais como fatores de influência, apenas dois deles não tiveram os fatores econômicos como fator de influência. Somente no Brasil o IDH apresentou-se como fator cultural importante. Os fatores econômicos e ambientais foram os mais influentes na certificação ISO 14001.
Toporowicz (2018)	Analisaram 127 países no período de 2007 à 2016	PIB, Força de Trabalho, Exportações, Rendimento Nacional Bruto e População Total, Emissões Atmosféricas	Observou uma forte correlação entre ISO 14001 e Força de Trabalho, PIB, Rendimento Nacional Bruto, População e Área Total do País. Também observaram forte correlação com emissões atmosféricas com a implantação de ISO 9001 e ISO 14001.
Garrido, González e Orcos (2018)	53 países da África, Ásia, América e Europa no período de 2007-2017	ISO 14001; emissão de CO ₂ ; Índice de Competitividade Global; intensidade da competição local; Ética corporativa.	Os resultados mostram que a conexão entre a adoção da ISO 14001 e os níveis mais baixos de emissões de CO ₂ é mais forte nos países onde as empresas tendem a se comportar de forma ética, sendo mais fraca nos países onde há intensa concorrência.
Ikram et al. (2020)	Bangladesh, Índia, Nepal, Paquistão, Afeganistão, Butão, Maldivas e Sri Lanka, no período de 2004 a 2014	Emissão de carbono per capita; consumo de energia renovável, número de certificações da ISO 14001, acesso a eletricidade, valor agrícola adicionado	Os resultados revelam que entre todos os países da SAARC, a Índia apresenta problemas substanciais de emissão de CO ₂ . Também encontraram relação entre a diminuição de emissões de CO ₂ e o consumo de energia renovável bem como a adoção da certificação ISO 14001 nesses países.

Fonte: Elaboração Própria

As pesquisas de Daddi et al. (2015) apontam que certificações ISO 14001 apresentam correlação positiva com o crescimento do PIB e com o aumento do valor agregado da indústria. He e Shen (2019) explicam que tal relação ocorre devido impacto das ações ambientais na inovação tecnológica corporativa e, por consequência, na competitividade entre as empresas (Shu et al., 2016; Porter & Van Der Inde, 1995); o que implica no crescimento econômico (Aghion et al., 2013; Solow, 1957). A esse respeito, Johnstone (2020) apresenta resultados no sentido de que a ISO 14001 geraria economia de recursos e, com isso, melhora no desempenho financeiro das empresas.

Soma-se a isso, a ênfase dada pelo estudo de Liu et al. (2019), quanto as motivações das empresas em adotar a certificação ISO 14001. Para o autor, as empresas adotam a referida certificação devido efeitos econômicos e ambientais. Tal ênfase é ratificada pelo estudo de Sartor et al. (2019), que apresenta como resultados da adoção melhorias de fatores ambientais, econômicos e sociais. Cabe destacar o estudo de Neves, Salgado e Beijo (2017), o qual mostrou que no Brasil o IDH apresentou melhora quando houve adoção de certificação ambiental. Acerca de fatores econômicos, os resultados dos estudos de Johnstone (2020), de Fura e Wang (2017) e de Baird et al. (2012) mostraram correlação positiva entre a implementação do sistema de gestão ambiental ISO 14001 e o nível de desenvolvimento socioeconômico.

Especificamente acerca da relação entre a eficácia da certificação ambiental ISO 14001 e o desempenho financeiro das empresas, Wang e Zhao (2020) explicam que considerando um curto prazo, a adoção afeta negativamente uma empresa. No entanto, os efeitos negativos diminuem ao longo do tempo. Sobretudo, variáveis como imagem organizacional (marketing) (Johnstone, 2020; Wang & Zhao, 2020) e competitividade internacional influenciam no desempenho financeiro. Por outra via, Tracey et al., (2019) observaram redução nos custos de produção no curto prazo, assim observaram que nos anos subseqüentes à certificação houve redução nos custos em razão do aumento da eficiência de fabricação, aprimorada ao longo dos anos, levando, em última análise, a uma queda nos custos de fabricação em médio e longo prazo e maior desempenho destas empresas.

Por fim, a respeito da relação entre questões ambientais e adoção da ISO 14001, o estudo de Garrido, González e Orcos (2018) corroboram tais resultados, pois mostram relação

positiva entre a adoção da ISO 14001 e os níveis mais baixos de emissões de CO₂. Já o estudo de Ikram et al. (2020) revelou a existência de relação entre a diminuição de emissões de CO₂, o consumo de energia renovável e a adoção da certificação ISO 14001 nesses países.

Metodologia

Dados

A revisão da literatura mostra que a seleção dos países a serem analisados é uma importante questão na análise de um painel de dados (Jin & Kim, 2018). Isso pode não afetar apenas os resultados da análise, mas também levar à possibilidade de viés de seleção da amostra. Portanto, faz-se necessário cuidado ao selecionar os países para a análise. Considerando-se a alta difusão da ISO 14001 em nível internacional, uma vez que ela está presente em mais de 190 países com características distintas, optou-se pelo Princípio de Pareto, em que se selecionou os países que mantinham 80% das certificações mundiais no ano de 2015.

Os 17 países selecionados foram: China, Japão, Itália, Reino Unido, Espanha, Romênia, Alemanha, França, Estados Unidos da América, República da Coreia, Austrália, República Theca, Suécia, Suíça, Brasil, Tailândia e Turquia, os quais apresentavam 255.203 (80% empresas certificadas naquele ano). As informações sobre o número de certificações foram extraídas de ISO (2020). As informações sobre PIB foram extraídas no formato de dólares americanos e emissões atmosféricas de CO₂ foram extraídas no formato de toneladas métricas per capita, ambos disponíveis, respectivamente em: Banco Mundial (World Bank, 2020a; World Bank, 2020b).

O período de análise (2004 a 2015) foi determinado pela limitação dos dados de emissões atmosféricas de alguns países, em que no ano de 2015 havia informação disponível para todos os países da amostra. Por outro lado, a escolha do início da série deu-se mediante o teste de quebras estruturais. O teste de quebras estruturais tem como objetivo identificar e estimar os momentos de ruptura estrutural de uma série de dados, o que pode indicar diferentes momentos de uma série temporal.

Dentre os primeiros trabalhos publicados sobre quebras estruturais, encontram-se os testes de Chow (1960) e o de CUSUM, de Brown et al. (1975), em que o primeiro teste tinha o

inconveniente de obrigar o conhecimento a priori sobre a localização da quebra estrutural. O segundo teste insere-se numa outra classe de testes, que permitem detectar quebras de vários tipos para os parâmetros de interesse e para o qual não temos a necessidade de especificar o número de quebras existentes na série. A hipótese nula é de que não há quebra estrutural na série; isto é, que o coeficiente de um vetor β , é o mesmo para todo o período, conforme demonstrado na Equação (1), e a hipótese alternativa é que o coeficiente β varia ao longo do tempo.

$$H_0 : \beta_i = \beta_0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

em que: β_i é o coeficiente da regressão no momento i e β_0 é o coeficiente de todo o período.

Teste de raiz unitária

Gujarati e Porter (2011) destacam que os testes de causalidade pressupõem que as séries temporais envolvidas na análise sejam estacionárias, logo os testes de estacionariedade devem preceder os testes de causalidade. Em linhas gerais, um processo estocástico será chamado de estacionário se sua média e variância forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da distância do intervalo de tempo entre os dois períodos, isto é:

$$\begin{aligned} \text{Média: } E(y_{i,t}) &= \mu_i & (2) \\ \text{Variância: } \text{var}(y_{i,t}) &= E(y_{i,t} - \mu_i)^2 = \sigma_i^2 \\ \text{Covariância: } \gamma_{i,k} &= E(y_{i,t} - \mu_i)(y_{i,t+k} - \mu_i) \end{aligned}$$

Os processos estocásticos estacionários a serem testados pelo teste de raiz unitária são descritos na Equação (3, 4 e 5):

$$y_{i,t} = y_{i,t-1} + \mu_{i,t} \quad (3)$$

$$y_{i,t} = \delta_i + y_{i,t-1} + \mu_{i,t} \quad (4)$$

$$y_{i,t} = \delta_i + T + y_{i,t-1} + \mu_{i,t} \quad (5)$$

Na Equação (3) têm-se o passeio aleatório, na Equação (4) têm-se o passeio aleatório com deslocamento e na Equação (5) têm-se o passeio aleatório com deslocamento e tendência. A literatura recente sugere que os testes de raiz unitária baseados em dados em painel têm maior poder do que os testes de raiz unitária baseados em séries temporais

individuais (Eviews, 2017). Nesta pesquisa utilizou-se o teste de raiz unitária de Levin, Lin e (2002), conforme descrito na Equação (6).

$$\Delta y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{\rho_i} \beta_{i,t-j} + X'_{i,t} \delta + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

em que Δy denota o operador em primeira diferença da variável endógena e ρ_i é o lag máximo. Assume-se um comum $\alpha = \rho - 1$, mas permite-se que a ordem de atraso para os termos de diferença, ρ_i , varie entre as seções transversais, X' é a varável exógena do modelo e ε é o erro do modelo. As hipóteses nulas, e alternativa para os testes são descritas na Equação (7e 8):

$$H_0 : \alpha = 0 \quad (7)$$

$$H_1 : \alpha < 0 \quad (8)$$

Na Equação (7) têm-se a hipótese nula, em que existe uma raiz unitária, enquanto na hipótese alternativa, descrita na Equação (8), não existe uma raiz unitária.

Cointegração em Painel

Depois de confirmar o componente de tendência de cada variável, faz-se necessário a análise de cointegração para as variáveis, seguindo o processo I (1). A análise de cointegração é essencial para investigar a relação entre variáveis não estacionárias. Um conjunto de séries são definidas como cointegradas quando ocorre uma combinação linear destas séries estacionárias (Alexander, 2001). Duas variáveis são definidas como cointegradas quando ocorre um equilíbrio de longo prazo entre elas (Gujarati & Porter, 2011). Adotou-se a metodologia de cointegração de Pedroni (1999; 2004), para reconhecer relacionamentos de longo prazo entre variáveis. O teste de cointegração de Pedroni é baseado na Equação (9).

$$y_{i,t} = \alpha_i + \delta_i t + \sum_{m=1}^M \beta_{m,i} X_{m,i,t} + e_{i,t} \quad (9)$$

onde α_i , $\delta_i t$ e m denotam a interceptação específica do país, o componente de tendência determinística e o número de regressores, respectivamente.

Causalidade de Granger com Dados em Painel

O conceito de causalidade no sentido de Granger refere-se à precedência temporal entre variáveis, em que pontos de reversão de uma série precedem pontos de reversão de outra série. Alexander (2001) comenta que após o seminal trabalho de Granger (1988), o termo “Causalidade de Granger” significa que a relação de antecedência-defasagem é evidente entre as variáveis. Nas equações (10) e (11) têm-se a forma genérica do teste de Causalidade de Granger usando-se dados em painéis.

$$y_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i}y_{i,t-1} + \dots + \alpha_{i,i}y_{i,t-1} + \beta_{1,i}x_{i,t-1} + \dots + \beta_{i,i}x_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

$$x_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i}x_{i,t-1} + \dots + \alpha_{i,i}x_{i,t-1} + \beta_{1,i}y_{i,t-1} + \dots + \beta_{i,i}y_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

em que t denota a dimensão do período de tempo do painel e i denota a dimensão da seção transversal. Nesta pesquisa assumiu-se que todos os coeficientes são iguais em todas as seções transversais, ou seja:

$$\alpha_{0,i} = \alpha_{0,j}, \alpha_{1,j} = \alpha_{1,j}, \dots, \alpha_{i,i} = \alpha_{i,j}, \forall i, j \quad (12)$$

$$\beta_{1,i} = \beta_{1,j}, \dots, \beta_{i,i} = \beta_{i,j}, \forall i, j \quad (13)$$

Ao se observar as Equações (10) e (11), e considerando-se um sistema bivariado das séries de tempo, conjuntamente estacionárias $\{x_i, t\}$ e $\{y_i, t\}$, diz-se que a variável x_i causa y_i no sentido Granger se a variável x_i defasada melhora a previsão de y_i , mesmo após a variável y_i defasada ter sido incluída entre as variáveis explicativas.

Resultados

Nesta pesquisa, inicialmente, realizou-se o teste de quebras estruturais usando o algoritmo CUSUM, de Brown et al. (1975), em que se utilizou o pacote strucchange, em que os breakpoints foram calculados como proposto por Zeileis et al. (2003). O teste de quebras estruturais tem como objetivo identificar e estimar os momentos de ruptura estrutural de uma série de dados, o que poderia indicar diferentes momentos da série. Utilizou-se a primeira diferença do número total de empresas que mantinham a certificação ISO 14001, no período de 2000 a 2015, conforme observado na Figura 1.

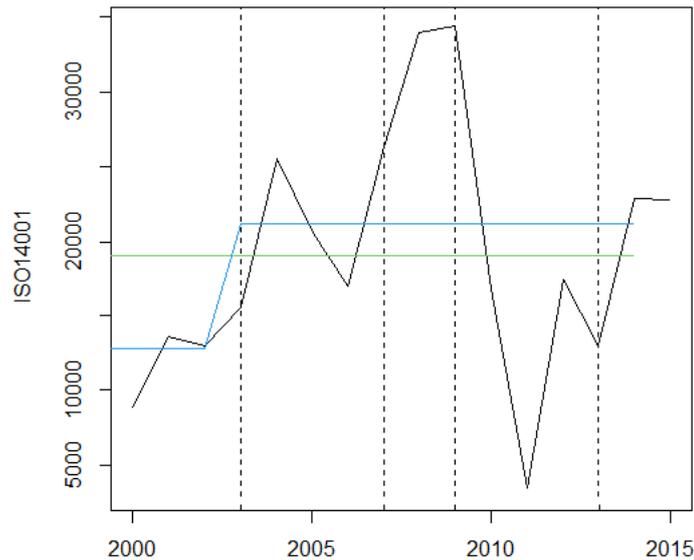


Figura 1: Pontos de quebras estruturais na primeira diferença (variação) no número de empresas que mantinham a certificação ISO 14001 no período de 2000 a 2015. Fonte: Elaboração Própria (2020).

Observa-se na Figura 1 que houve 4 pontos de quebra estrutural, perfazendo 5 regimes diferentes, em que a principal quebra estrutural ocorreu no ano de 2004, havendo mudança significativa no número de novas empresas certificadas naquele ano (vide linha azul). A linha azul indica um número de incremento de novas empresas era, em média, inferior a 15.000, enquanto após esta quebra houve um incremento de novas empresas, em média, superior a 20.000 a cada ano, denotando uma expansão do número de certificações, em nível global naquele ano.

Este fato é parcialmente explicado pela mudança da versão da ISO 14001 naquele ano, uma vez que norma ficou mais dinâmica, favorecendo o desenvolvimento do sistema de gestão, bem como seu alinhamento com outras normas de gestão. Destaca-se também a queda brusca de novas empresas certificadas no ano de 2008, denotando influência de fatores macroeconômicos, como a crise de 2008.

Após a realização do teste de quebras estruturais, buscou-se avaliar a distribuição geográfica das certificações ISO 14001 ao redor do mundo. Na Tabela 2 apresenta-se o número de empresas certificadas pela norma, segmentado por regiões, no período de 2005 a 2015.

Tabela 2

Número de empresas certificadas pela norma ISO 14001, segmentado por regiões, no período de 2005 a 2015

Ano	2005	2007	2009	2011	2013	2015
África	1.130	1.096	1.531	1.740	2.519	3.024
América do Sul e Central	3.411	4.260	3.748	7.074	9.890	10.097
América do Norte	7.119	7.267	7.316	7.450	8.917	8.712
Europa	47.837	65.097	89.237	101.177	115.764	119.754
Leste Asiático e Pacífico	48.800	72.350	113.850	118.802	126.760	165.616
Ásia Central e do Sul	1.829	2.926	4.517	4.725	6.577	7.708
Oriente Médio	1.037	1.576	2.775	2.425	3.434	4.585
Total	111.163	154.572	222.974	243.393	273.861	319.496

Fonte: Adaptado de ISO (2020)

Observa-se na Tabela 2 a evolução significativa no número de empresas certificadas pela norma ISO 14001, uma vez que havia 111.163 empresas certificadas no ano 2005, enquanto no ano de 2015 havia 319.496, um incremento de 208.333 de novas empresas (aumento de 187,41%). Observa-se também que o continente Europeu, o Leste Asiático e Pacífico são as regiões que apresentam maior número de empresas certificadas, representando 89,31% do total de empresas certificadas em 2015. Por outro lado, o continente Africano e o Oriente Médio são as regiões que menos apresentam empresas certificadas na ISO 14001.

Tabela 3

Número de empresas certificadas na ISSO 14001, nos anos de 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 e 2015 segmentado pelos principais países

País	2005	2007	2009	2011	2013	2015
China	12.683	30.489	55.316	63.460	80.292	114.303
Japão	23.466	27.955	39.556	30.397	23.723	26.069
Itália	7.080	12.057	14.542	17.340	21.300	22.350
Reino Unido	6.055	7.323	10.912	15.231	16.879	17.824
Espanha	8.620	13.852	16.527	16.341	16.051	13.310
Romênia	752	2.269	6.863	7.394	8.744	10.581
Alemanha	4.440	4.877	5.865	6.254	7.983	8.224
França	3.289	3.476	4.678	7.771	7.940	6.847
Estados Unidos da America	5.061	5.462	5.225	4.957	6.071	6.067
República da Coréia	4.955	6.392	7.843	11.124	4.747	5.436
Austrália	1.778	749	1.432	1.882	3.339	4.400
República Checa	2.122	2.731	4.684	4.451	4.792	3.832
Suécia	3.682	3.800	4.193	4.049	3.690	3.689
Suíça	1.561	1.875	2.324	2.421	2.993	3.239
Brasil	2.061	1.872	1.186	3.517	3.695	3.113
Tailândia	1.120	1.020	1.864	2.624	3.150	3.051
Turquia	918	1.402	2.337	1.297	1.733	2.868
Sub-Total	89.643	127.601	185.347	200.510	217.122	255.203
Total	111.086	154.572	222.974	243.315	273.861	319.324
Participação (%)	81%	83%	83%	82%	79%	80%

Fonte: Adaptado de ISO (2020)

Observa-se na Tabela 3 que os 17 países representavam cerca de 80% das certificações ISO 14001 de todo o mundo nos anos de 2005, 2007, 2009, 2011, 2013 e 2015, denotando que estes países concentram a maior parte das certificações neste período. Destaca-se também ampla hegemonia da China no número de empresas certificadas, o que pode ser explicado pelas pressões mercadológicas dos mercados consumidores perante as empresas chinesas, uma vez que a poluição ambiental se tornou um dos problemas mais sérios e urgentes na China (Zhou, Zhang & Shen, 2015).

Após esta apresentação buscou-se identificar as relações de causa e efeito entre qualidade do ar (medido pelo CO₂) e desenvolvimento econômico (medido pelo PIB) e número de certificações ISO 14001 dos países que mais utilizam este sistema de gestão ambiental. Para verificar o comportamento das séries temporais, realizou-se os testes de raiz unitária, a partir dos quais verificou-se a estacionariedade dos dados entre as variáveis analisadas, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4

Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag 0) e em primeira diferença (Lag 1) das variáveis: Variação Percentual do PIB, Variação (primeira diferença) do Dióxido de Carbono (CO₂) e Variação (primeira diferença) do número de empresas certificadas na ISO 14001 no período de 2004 a 2015 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência

Variável	Lag	Com intercepto e tendência	Com intercepto	Sem intercepto e sem tendência
Δ% do PIB	0	-8,629 ***	-3,997 ***	-6,188 ***
	1	-14,486 ***	-15,467 ***	-18,161 ***
Δ do CO₂	0	-7,633 ***	-7,737 ***	-7,391 ***
	1	-13,556 ***	-13,732 ***	-19,396 ***
Δ do ISO 14001	0	-2,078 **	-3,353 ***	-5,941 ***
	1	-4,482 ***	6,825 ***	-14,470 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ% variação; PIB Produto Interno Bruto; CO₂ Dióxido de Carbono. Fonte: Elaboração Própria (2020).

Aiube (2013) explica que a principal característica de uma série estacionária é sua distribuição invariante com o passar do tempo. Dessa forma, ele aponta que a estacionariedade pode ser estrita, quando a distribuição conjunta de y_t é idêntica à de y_{t+1} , para todo t . Ou seja, é uma definição rigorosa, pois representa o que seria ideal para a modelagem.

A partir dos resultados obtidos nos testes de raiz unitária, demonstrados na Tabela 4, observa-se rejeição da hipótese nula de não estacionariedade em nível (lag 0 e lag 1), aplicado a todas as variáveis. Ou seja, não foi observado a presença de raiz unitária, em nenhuma das modelagens utilizadas, com intercepto, tendência e intercepto ou sem tendência e sem intercepto.

Após confirmado que todas as séries temporais analisadas são estacionárias, procedeu-se a realizar o teste de cointegração de Pedroni para verificar se há relação de longo prazo entre o grupo de dados. Além de ser uma alternativa para determinar as relações de cointegração, quando há dois ou mais vetores cointegrados este método assume que todas as variáveis são endógenas, ou seja, explicadas através do modelo. Dessa forma, são observados os resultados através da Tabela 5, a seguir.

Tabela 5

Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis Variação Percentual do PIB e Variação do dióxido de carbono cointegradas à variação da ISO 14001 para o período de 2004 a 2015 (em bases anuais).

H0	$\Delta\%$ do PIB cointegrada à Δ da ISO 14001			Δ do CO ₂ cointegrada à Δ da ISO 14001		
	Trend	Const	None	Trend	Const	None
$r \leq 4$	-2,697 ***	-1,305 ***	-3,202 ***	1,597 ***	-3,996 ***	-7,823 ***
$r \leq 3$	-0,420	-0,150	-4,539 ***	-4,191 ***	-5,357 ***	-2,788 ***
$r \leq 2$	1,314	2,698	-0,913	-0,484 ***	-0,165 ***	-1,508 ***
$r \leq 1$	-6,820 ***	-1,723 ***	-3,432 ***	-3,589 ***	-3,623 ***	-3,21 ***
$r \leq 0$	-5,246 ***	-3,468 ***	-5,528 ***	-9,236 ***	-9,094 ***	-8,172 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ variação; PIB Produto Interno Bruto; CO₂ Dióxido de Carbono; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência. Fonte: Elaboração Própria (2020).

Confirma-se, a partir da Tabela 5, a rejeição da hipótese nula de não cointegração nos modelos determinísticos para as variáveis: Variação Percentual PIB e Variação do Dióxido de Carbono (CO₂), quando cointegrada à Variação do Número de empresas certificadas na norma ISO 14001, nos postos 1, 3 e 4.

Estes resultados demonstram, portanto, uma interdependência, de curto e longo (postos 1 e 4), entre a qualidade do ar (medido pelo CO₂) e número de empresas certificadas na norma ISO 14001, assim como uma interdependência de curto e longo prazo (postos 1, 3 e 4) entre desenvolvimento econômico (medido pelo PIB) e número de empresas certificadas na norma ISO 14001. Alexander (2001) destaca que as variáveis, ao apresentarem uma relação

de interdependência temporal, sugerem a existência de causalidade entre elas. Desta forma, foi realizado o teste de Causalidade de Granger, utilizando dados em painéis, para verificar esta hipótese de antecedência-defasagem entre as variáveis. Os resultados são observados através da Tabela 6.

Tabela 6

Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis: Variação do Dióxido de Carbono (CO₂), Variação Percentual do Produto Interno Bruto (PIB) associadas à Variação do número de empresas certificadas na norma ISO 14001 para o período de 2004 a 2015 (em bases anuais).

Lag	Δ CO₂ não causa Δ ISO 14001	Δ ISO 14001 não causa Δ CO₂	Δ% do PIB não causa Δ ISO 14001	Δ ISO 14001 não causa Δ% do PIB
1	5,188**	0,603	2,762 *	3,773 **
2	3,012 **	1,801	1,229	2,600 *
3	2,797 **	2,575*	0,696	1,290
4	2,668 **	1,753	1,336	1,963
5	2,276 **	1,476	1,474	2,564**
6	1,400	1,853*	1,010	1,077
7	1,487	1,655	1,175	2,012*
8	2,511 **	0,916	1,137	2,528**
9	2,970 ***	0,783	2,762 **	2,224 **
10	3,876 ***	1,394**	2,738 **	0,614

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ variação; Δ% variação percentual; PIB Produto Interno Bruto; CO₂ Dióxido de Carbono. Fonte: Elaboração Própria (2020).

Observa-se na Tabela 6 os resultados do teste de causalidade de Granger, utilizando dados em painéis. A hipótese nula de que variação do Dióxido de Carbono (CO₂) não causa a variação do número de empresas certificadas na norma ISO 14001 foi rejeitada para os lags 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9 e 10. Isto denota que uma variação na tendência da qualidade do ar de um ano implica na variação do número de empresas certificadas pela norma ISO 14001 nos anos subsequentes. O resultado é alinhado ao observado em Liu et al. (2019), os quais também demonstraram a existência de um fluxo causal entre emissão de CO₂ e certificações ISO 14001.

Este resultado pode ser explicado pela ótica da Teoria Institucional, na medida em que as empresas e países tidos como poluidores recebem pressão externa, especialmente dos mercados consumidores e tendem a se adaptar para sobreviver (Sartor et al., 2019). Do ponto de vista de pressões externas, ter-se-ia a observação dos mercados consumidores, da degradação ambiental dos países e das empresas produtoras, o que levaria a postura mais rígida perante a gestão ambiental. As empresas produtoras, por outro lado procurariam se

adaptar às estas novas exigências, buscando a redução das assimetrias informacionais na cadeia de suprimentos a fim de obter mais e melhores oportunidades de negócios (Johnstone & Labonne 2009; Delmas & Montiel 2009; Liu et al., 2019).

Por outra via, verificou-se uma relação de causa e efeito entre o número de empresas certificadas na norma ISO 14001 e a qualidade ambiental dos países analisados em médio e longo prazo (lags 3, 6 e 10), como reflexo dos vários benefícios ambientais decorrentes da adesão ao sistema de gestão ambiental (Prajogo et al., 2012). Estes efeitos de médio e longo prazo na qualidade ambiental dos países analisados são parcialmente explicados pelo enfoque na mudança de cultura empresarial da empresa que adota este SGA, bem como de seus fornecedores e melhoria interna nos processos de gestão ambiental de toda a cadeia de suprimentos. A ISO 14001 fornece, às empresas, diretrizes e requisitos para implementação, manutenção e melhoria de processos (Johnstone & Hallberg, 2020).

Também se observou relações de causalidade do tipo Granger da variação percentual do PIB e o número de empresas certificadas na norma ISO 14001 em curto e longo prazo (lags 1, 9 e 10), denotando que o desenvolvimento econômico influencia à adesão no sistema de gestão ambiental. Por outro lado, observou-se também relação de causalidade, do tipo Granger, entre o número de empresas certificadas e o PIB (lags 1, 2, 5, 7, 8 e 9), denotando impactos de curto, médio e longo prazo no desenvolvimento econômico dos países analisados, após a implantação do SGA.

Os impactos de curto prazo poderiam ser entendidos pela ampliação de mercados consumidores, assim como redução de gastos em razão da melhoria dos processos, uma vez que a ISO 14001 levaria a uma maior eficiência operacional e controle dos custos de fabricação, levando a um declínio nos custos de fabricação (Tracey et al., 2019). Neste sentido, os autores observaram redução dos custos de produção no curto prazo (segundo ano anterior à implantação da norma, comparada ao ano de implantação).

Os autores também observaram que nos anos subseqüentes à certificação houve redução nos custos em razão do aumento da eficiência de fabricação aprimorada ao longo dos anos. Isto último leva em última análise, a uma queda nos custos de fabricação em médio e longo prazo e maior desempenho destas empresas, assim como as economias em que elas atuam. Este resultado também foi observado por De Jong, Paulraj e Blome (2014), os quais

observaram melhoria significativa no desempenho financeiro em longo prazo. Estes impactos poderiam afetar o desempenho econômico dos países em que atuam, o que explicaria este impacto de médio e longo prazo da variação do número de empresas certificadas na ISO 14001 e a variação do PIB dos países analisados.

Considerações Finais

Este artigo discute possíveis relações entre o Produto Interno Bruto (PIB), a emissão de Dióxido de Carbono (CO₂) e o número de certificações ISO 14001 nos países que mais utilizam este SGA. Para efeito de análise, foram selecionados 17 países. Foram eles: China, Japão, Itália, Reino Unido, Espanha, Romênia, Alemanha, França, Estados Unidos da América, República da Coreia, Austrália, República Theca, Suécia, Suíça, Brasil, Tailândia e Turquia.

A análise foi realizada no período de 2004 a 2015. O início do período foi determinado pela realização do teste de quebras estruturais e o fim, pela limitação dos dados de emissões atmosféricas. Quanto aos testes que compuseram a presente pesquisa, foram: quebras estruturais, teste de raiz unitária, teste de cointegração, e teste de causalidade de Granger.

Quanto aos resultados, foi observado que após o ano de 2004 houve um aumento expressivo no número de empresas que adotaram o certificado ambiental ISO 14001, havendo uma queda no número de novas empresas certificadas em 2008 devido à crise econômica ocorrida naquele ano. Tal aumento no número de empresas foi identificado, principalmente, no continente Europeu, Leste Asiático e Pacífico. Dos respectivos países, cabe destacar a hegemonia da China, explicada pelas pressões do mercado global às empresas chinesas acerca da poluição ambiental.

Concluiu-se nesta pesquisa que existe relação bidirecional de causa-efeito entre qualidade e o número de empresas certificadas na norma ISO 14001, ratificando os resultados do estudo de Liu et al (2019). Isto último denota que uma variação na tendência da qualidade do ar de um ano implica na variação do número de empresas certificadas pela norma ISO 14001 nos anos subsequentes. Do ponto de vista teórico, ter-se-ia que na medida em que as empresas e países tidos como poluidores são observados pelos mercados consumidores, aqueles recebem pressão externa, e tendem a se adaptar especialmente para sobreviver.

Por outra via, também se observou um fluxo causal entre o número de empresas certificadas na norma ISO 14001 e a qualidade ambiental em médio e longo prazo. Este resultado é reflexo dos vários benefícios ambientais decorrentes da adesão ao sistema de gestão ambiental. Tais efeitos de médio e longo prazo são parcialmente explicados pelo enfoque na mudança de cultura empresarial da empresa que adota este SGA, bem como de seus fornecedores, e pela melhoria interna nos processos de gestão ambiental de toda a cadeia de suprimentos. A ISO 14001 fornece às empresas diretrizes e requisitos para implementação, manutenção e melhoria de processos.

Por fim também se observou um fluxo causal bidirecional entre o desenvolvimento econômico (medido pelo PIB) e o número de empresas certificadas na norma ISO 14001, denotando que o desenvolvimento econômico influencia à adesão no sistema de gestão ambiental. De maneira análoga, o número de empresas certificadas influencia no desenvolvimento econômico dos países analisados, (lags 1, 2, 5, 7, 8 e 9), denotando impactos de curto, médio e longo prazo no desenvolvimento econômico após a implantação do SGA. Tais impactos podem ser explicados pela melhoria dos processos, bem como pelo aumento da eficiência organizacional. Esses fatores promovem o acesso a novos mercados (aumentando-se as receitas), e a redução sistemática dos custos de produção em curto, médio, e longo prazo, que resultará em melhores resultados econômicos. Para pesquisas futuras, sugere-se ampliar o banco de dados, assim como estabelecer novas hipóteses considerando implicações de variáveis macroeconômicas.

Bibliografia

- Aiube, F. A. L. (2013). *Modelos quantitativos em finanças com enfoque em commodities*. Porto Alegre: Editora Bookman.
- Aghion, P.; Van Reenen, J.; Zingales, L. (2013). Innovation and institutional ownership. *American Economic Review*, 103(1), pp.277–304.
- Alexander, C. (2001). *Market Models: A Guide to Financial Data Analysis*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Arana-Landín, G.; Molina-Azorín, J. F.; Heras-Saizarbitoria, I. (2011). Do Drivers Matter for the Benefits of ISO 14001? International. *Journal of Operations and Production Management*, 31(2), pp.192–216.

- Baird, P. L.; Geylani, P. C.; Roberts, J. A. (2012). Corporate social and financial performance re-examined: industry effects in a linear mixed model analysis. *Journal Business Ethics*, 3(109), pp.367-388.
- Baek, K. (2017). The diffusion of voluntary environmental programs: the case of ISO 14001 in Korea, 1996–2011. *Journal of Business Ethics*. 145(2), pp.325–36.
- Boiral, O. (2012). ISO 9000 and organizational effectiveness: a systematic review. *Quality Management Journal*, 19(3), pp.16–37.
- Boiral, O.; Henri, J.F. (2012). Modelling the impact of ISO 14001 on environmental performance: a comparative approach. *J. Environ. Manag*, 99, pp. 84–97.
- Brown, R. L.; Durbin, J.; Evans, J. M. (1975). Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, pp.149-192.
- Chow, G. C. (1960). Tests of equality between sets of coefficients in two linear regressions. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, pp.591-605.
- Daddi, T.; Frey, M.; Giacomo, M. R.; Testa, F.; Iraldo, F. (2015). MACRO-economic and development indexes and ISO14001 certificates: a cross national analysis. *Journal of Cleaner Production*, 108, pp. 239-1248.
- Darnall, N.; Carmin, J. (2005). Greener and Cleaner? The Signaling Accuracy of US Voluntary Environmental Programs. *Policy Sciences*, 38(2), pp.71–90.
- De Jong, P.; Paulraj, A.; Blome, C. (2014). The financial impact of ISO 14001 certification: top-line, bottom-line, or both?. *Journal of Business Ethics*, 119(1), pp.131-149.
- Delmas, M. A.; Montiel, I. (2009). Greening the Supply Chain: When Is Customer Pressure Effective? *Journal of Economics and Management Strategy*, 18(1), pp.171–201.
- Delmas, M. A.; Montes-Sancho, M. J. (2011). An Institutional Perspective on the Diffusion of International Management System Standards: The Case of the Environmental Management Standard ISO 14001. *Business Ethics Quarterly*, 21(1), pp.103–132.
- Eviews (2017). *EViews 10 User's Guide, Advanced Single Equation Analysis*, Version 10, HIS Global, Inc., Irvine, CA, USA.

- Goedhuys, M.; Sleuwaegen, L. (2016). International Standards Certification, Institutional Voids and Exports from Developing Country Firms. *International Business Review*, 25(6), pp.1344–1355.
- Granger, C. W. J. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of econometrics*, 39(1-2), pp.199-211.
- Fura, B.; Wang, Q. (2017). The level of socioeconomic development of EU countries and the state of ISO 14001 certification. *Qual Quant.*, 51, pp.103–119.
- Garrido, E.; González, C.; Orcos, R. (2018) ISO 14001 and CO2 emissions: An analysis of the contingent role of country features. *Bus Strat Env.*, 29, pp.698– 710.
- Gavrónski, I. et al. (2012). A learning and knowledge approach to sustainable operations. *International Journal of Production Economics*, 140(1), pp.183-192.
- Gujarati, D. N.; Porter, D. C. (2011). *Econometria Básica*. Porto Alegre: AMGH, 5 ed.
- Heras-Saizarbitoria, I.; Landín, G. A.; Molina-Arzorín, J. F. (2011). Do drivers matter for the benefits of ISO 14001? *International Journal of Operations & Production Management*, 31(2), pp.192–215.
- Heras-Saizarbitoria, I. (2018). *ISO 9001, ISO 14001, and New Management Standards*. Cham: Springer International Publishing.
- Heras-Saizarbitoria, I.; Boiral, O. Allur, E. (2018). Three Decades of Dissemination of ISO 9001 and Two of ISO 14001: Looking Back and Ahead” In: *ISO 9001, ISO 14001, and new management standards*, edited by HERAS-SAIZARBITORIA, I. 1–15. Cham: Springer International Publishing.
- He, W.; Shen, R. (2019). ISO 14001 Certification and Corporate Technological Innovation: Evidence from Chinese Firms. *Journal Business Ethics*, 158, 97-117.
- Hsu, C.C.; Tan, K. C.; Zailani, S. H. M.; Jayaraman, V. (2013). Supply chain drivers that Foster the development of Green initiatives in an emerging economy. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(6), 656–88.
- Husted, B. W.; Montiel, I. Christmann, P. (2016). Effects of local legitimacy on certification decisions to global and national CSR standards by multinational subsidiaries and domestic firms. *Journal of International Business Studies*, 47(3), 82–97.

- International Standards Organization (ISO), 2020. (2020). "The ISO Survey of Management System Standard Certifications: 2017." *Disponível em:* <https://isotc.iso.org/livelink/livelink?func=ll&objId=20719433&objAction=browse&viewType=1>. Acessado em: 17 de agosto de 2020.
- Ikram, M.; Zhang, Q.; Sroufe, R.; Shah, S. Z. A. (2020). Towards a sustainable environment: The nexus between ISO 14001, renewable energy consumption, Access to electricity, agriculture and CO₂ emissions in SAARC countries. *Sustainable Production and Consumption*, 22, 218-230.
- Jiang, R. J.; Bansal, P. (2003). Seeing the need for ISO 14001. *Journal of Management Studies*, 40(4), 1047–67.
- Jin, T.; Kim, J. (2018). What is better for mitigating carbon emissions—Renewable energy or nuclear energy? A panel data analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 464-471.
- Johnstone, N.; Labonne, J. (2009). Why Do Manufacturing Facilities Introduce Environmental Management Systems? Improving and/or Signaling Performance. *Ecological Economics*, v. 68, n. 3, p. 719–730, 2009.
- Johnstone, N.; Hallberg, P. (2020). ISO 14001 adoption and environmental performance in small to medium sized enterprises. *Journal of Environmental Management*, 266.
- Johnstone, L. (2020). The construction of environmental performance in ISO 14001-certified SME. *Journal of Cleaner Production*, 263, 1-16.
- Lee, S. Y.; Klassen, R. D. (2008). Drivers and enablers that foster environmental management capabilities in small-and medium-sized suppliers in supply chains. *Production and Operations management*, 17(6), 573-586.
- Levin, A.; Lin, C. F.; Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of econometrics*, 108, 1, 1-24.
- Liu, J.; Yuan, C.; Hafeez, M.; Li, X. (2020). ISO 14001 certification in developing countries: motivations from trade and environment. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(7), 1241-12658.

- Liu, J.; Yuan, C.; Hafeez, M.; Yuan, Q. (2018). The Relationship Between Environment and Logistics Performance: Evidence from Asian Countries. *Journal of Cleaner Production*, 204, 282–291.
- Marimon, V.; Casadesús-Fa, F. M. Heras-Saizarbitoria, I. (2006). ISO 9000 and ISO 14000 Standards: An International Diffusion Model. *International Journal of Operations and Production Management*. 26(2), 141–165.
- Miles, M. P., Munilla, L. S. Russell, G. R. (1997). Marketing and environmental registration/certification, what industrial marketers should understand about ISO 14000. *Industrial Marketing Management*, 26(4), 363–70.
- Montabon, F.; Pagell, M.; Wu, Z. (2016). Making Sustainability Sustainable. *Journal of Supply Chain Management*, 52(2), 11–27.
- Montiel, Ivan, Husted, B. W.; Christmann, P. (2012). USING Private Management Standard Certification to Reduce Information Asymmetries in Corrupt Environments. *Strategic Management Journal*, 33(9), 1103–1113.
- Neves, F. O.; Salgado, E. G; Beijo, L. (2017). A. Analysis of the Environmental Management System based on ISO 14001 on the American continent, *Journal of Environmental Management*, 199, 251-262.
- Pedroni P. (1999). Critical values for cointegration tests in heterogeneous panels with multiple regressors. *Oxf Bull EconStat*, 61, 653–70.
- Pedroni P. (2004). Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with application to the PPP hypothesis. *Econom Theory*, 20, 597–625.
- Porter, M. E.; Van Der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of economic perspectives*, 9(4), 97-118.
- Prajogo, D.; Tang, A. K.; Lai, K. H. (2012). Do firms get what they want from ISO 14001 adoption? Na Australian perspective. *Journal of Cleaner Production*, 33, 117–126.
- Sartor, M.; Orzes, M.; Touboulic, A.; Culot, G.; Nassimbeni, G. (2019). ISO 14001 standard: Literature review and theory-based research agenda. *Quality Management Journal*, 26(1), 32-64.

- Shu, C.; Zhou, K. Z.; Xiao, Y.; Gao, S. (2016). How green management influences product innovation in china: The role of institutional benefits. *Journal of Business Ethics*, 3(133), 471–485.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, p. 312-320.
- Toporowicz, F. Z. (2018). *Correlação entre indicadores de desenvolvimento mundial e o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001*. Trabalho de conclusão de curso. Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa.
- Walker, H.; Seuring, S.; Sarkis, J.; Klassen, R. (2014). Sustainable operations management: recent trends and future directions. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(5).
- Wang, J. X.; Zhao, M. Z. (2020). Economic impacts of ISO 14001 certification in China and the moderating role of firm size and age. *Journal of Cleaner Production*, 274, 1-12.
- Whitelaw, K. (2012). *Conceptsandthe 'Spirit' of ISO 14001*. In *ISO 14001 Environmental Systems Handbook (Second Edition)*, edited by Ken WHITELAW, K., 1–21. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- World Bank. (2020a). GDP (current US\$). Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicador/NY.GDP.MKTP.CD>, Acessado em: 17 de agosto de 2020.
- World Bank (2020b). CO2 emissions (metric tons per capita). Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>, Acessado em: 17 de agosto de 2020.
- Treacy, R.; Humphreys, P.; Mcivor, R.; Lo, C. (2019). ISSO 14001 certification and operating performance: A practice-based view. *International Journal of Production Economics*, 208, 319-328.
- Zailani, S. H. M.; Eltayeb, T. K.; Hsu, C. C.; Tan, K. C. (2012). The impact of external institutional drivers and internal strategy on environmental performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(6), 721–45.

- Zeileis, A.; Kleiber, C.; Krämer, W.; Hornik, K. (2003). Testing and Dating of Structural Changes in Practice. *Computational Statistics & Data Analysis*, 44, 109–123.
- Zhou, J.; Zhang, X.; Shen, L. (2015). Urbanization bubble: Four quadrants measurement model. *Cities*, 46, 8-15.
- Zhu, Q.; Cordeiro, J.; Sarkis, J. (2012). International and domestic pressures and responses of Chinese firms to greening. *Ecological Economics*, 83, 144–53.