

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS - UNIFAL-MG

SUZANA EDA HIKICHI

**ANÁLISE DA DIFUSÃO DA EMISSÃO DE CERTIFICAÇÕES ISO 14001
NOS PAÍSES DO CONTINENTE AMERICANO**

**Alfenas/MG
2016**

SUZANA EDA HIKICHI

**ANÁLISE DA DIFUSÃO DA EMISSÃO DE CERTIFICAÇÕES ISO 14001
NOS PAÍSES DO CONTINENTE AMERICANO**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Concentração: Ciências Ambientais.
Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Salgado
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Alberto Beijo

**Alfenas/MG
2016**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Alfenas

Hikichi, Suzana Eda.

Análise da difusão da emissão de certificações ISO 14001 nos países do continente americano / Suzana Eda Hikichi. -- Alfenas - MG, 2016.
119 f.

Orientador: Eduardo Gomes Salgado.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, 2016.

Bibliografia.

1. Etiqueta Ecológica. 2. Américas. 3. Indústrias. 4. Previsão com Metodologia de Box-Jenkins. 5. Previsão estatística. I. Salgado, Eduardo Gomes. II. Título.

CDD-363.7



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG
Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000
Fone: (35) 3299-1379(Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



SUZANA EDA HIKICHI

“Análise da difusão da emissão de certificações ISO 14001 nos países do continente americano”

A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Pesquisa: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 25 de fevereiro de 2016.

Prof. Dr. Eduardo Gomes Salgado

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Prof. Dr. Cláudio Antônio de Andrade Lima

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Prof. Dr. Fabrício Goecking Avelar

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Dedico este trabalho aos meus pais, professores, amigos e a todos que apoiaram e contribuíram na minha formação acadêmica e na elaboração desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus por tornar tudo possível.

À Universidade Federal de Alfenas, pela oportunidade oferecida.

À minha família e amigos pela dedicação e força em todos os momentos.

Ao meu orientador, professor Eduardo Gomes Salgado, pela oportunidade, dedicação, suporte na realização desse trabalho e pelo grande empenho.

Ao meu outro orientador, professor Luiz Alberto Beijo, pela confiança, pelo apoio durante toda a minha formação acadêmica e por todos os conhecimentos transmitidos.

À todos os professores e funcionários da Universidade Federal de Alfenas, pela sabedoria, prestação e apoio.

À Universidade Federal de Alfenas e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais - PPGCA.

À Universidade Federal de Alfenas e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes, pela concessão de bolsa de Mestrado.

À todos os meus colegas da Universidade Federal de Alfenas.

Aos Professores Claudio Antônio de Andrade Lima e Fabrício Goecking Avelar, por aceitarem o convite para participarem da banca de qualificação e defesa deste trabalho.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente me auxiliaram na realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O padrão ISO 14001 vem apresentando crescente importância para a gestão ambiental nas organizações em todo o mundo. Estudar e prever o comportamento do número de certificações nos próximos anos é uma estratégia para o planejamento e gestão organizacional. O continente americano é uma importante região com relação à expansão da ISO 14001. Entretanto poucos estudos relacionados à difusão da norma foram realizados com o foco nos países do continente. Pelo exposto, o trabalho teve o objetivo de caracterizar a difusão da norma ISO 14001 nos países e setores do continente americano e ajustar modelos de previsão para o número de certificações. Em nível de países, o estudo foi realizado com os dados do número de certificados ISO 14001 nos 13 países com o maior número de certificações entre os anos de 1996 a 2014. A análise da ISO 14001 nos países foi realizada por meio das curvas de evolução da ISO 14001. O comportamento da norma em nível de setores foi analisado utilizando dados dos anos de 1999-2014. A relação entre o número de certificações ISO 14001 e ISO 9001 para países e setores foi avaliada por análise gráfica. No ajuste dos modelos de previsão foi aplicada a metodologia de Box & Jenkins para as séries anuais de dados dos 13 países. Os resultados da caracterização mostraram que a difusão vem ocorrendo de forma heterogênea no continente. O interesse das organizações em certificar varia entre países, dependendo de fatores internos. Em nível de setor, as certificações parecem estar distribuídas entre diversos setores nos países. A disparidade do número de certificações ISO 14001 em relação à ISO 9001 está se reduzindo ao longo do tempo em países e nos setores. Os modelos ARIMA ajustados para as séries ISO 14001 indicaram tendência de crescimento no número de certificações no continente americano e no Brasil, Colômbia, Estados Unidos e México. Chile e Argentina teriam tendência de redução no número de novos certificados. Esses resultados propõem que os países que possuem condições de implantar a ISO 14001 devem permanecer interessados nos próximos anos. As informações obtidas nesse trabalho podem ser úteis para orientar as estratégias de planejamento de organismos certificadores e a gestão de negócios.

Palavras-chave: Etiqueta ecológica. Américas. Indústrias. Previsão com Metodologia de Box-Jenkins. Previsão estatística.

ABSTRACT

The ISO 14001 standard has been showing increasing importance for environmental management in organizations worldwide. To study and predict the behavior of the number of certifications in coming years is a strategy for planning and organizational management. The Americas is an important region in relation to the expansion of ISO 14001. However few studies related to the dissemination of the standard were carried out with the focus on the continent. Accordingly, this work aimed to characterize the diffusion of ISO 14001 standard in the countries and sectors in the Americas and adjust predictive models for the number of certifications. At the country level, the study was conducted with the number data of the ISO 14001 certificate in the 13 countries with the largest number of certifications between the years of 1996 to 2014. The ISO 14001 analysis was carried out in the countries through the evolution curves of the ISO 14001. The behavior of the standard at level of sectors was analyzed using data from the years of 1999 to 2014. The relationship between the number of ISO 14001 and ISO 9001 certifications for countries and sectors was evaluated by graphical analysis. In adjusting of the forecast models were applied the Box & Jenkins methodology for the annual series data from 13 countries. The results of the characterization showed that the diffusion is heterogeneously on the continent. The interest of organizations to certify varies between countries depending on internal factors. At the sector level, the certifications appear to be distributed among various sectors in the countries. The disparity between the number of ISO 14001 certifications in relation to ISO 9001 is being reduced over time in countries and sectors. The ARIMA models adjusted to the ISO 14001 series showed a growth trend in the number of certifications in the Americas and in Brazil, Colombia, United States and Mexico. Chile and Argentina have downward trend in the number of new certificates. These results suggest that countries that have conditions to implement the ISO 14001 should remain interested in coming years. The information obtained in this work can be useful to guide the planning strategies of certification bodies and business management.

Keywords: Eco-label. Americas. Industries. Forecast with Box-Jenkins methodology. Statistical forecast.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Os 10 países com maior número de certificações ISO 14001 no mundo em 2014.	49
Tabela 2 -	Os 10 países com maior número de certificações ISO 14001 no continente americano 2014.....	51
Tabela 3 -	ISO 14001/PIBpc para os países do continente Americano (2010-2014) ..	56
Tabela 4 -	Setores com maior número de certificados ISO 14001 no continente americano no ano de 2014.....	64
Tabela 5 -	Setores com número de certificados ISO 14001 maior que 50 em 2014 no país do continente americano	66
Tabela 6 -	Variação aproximada da razão entre ISO 90001/ISO 14001 entre os países analisados no setores de atividade econômica.....	76
Tabela 7 -	Resultados do teste de Dickey-Fuller	79
Tabela 8 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série América	80
Tabela 9 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Argentina	81
Tabela 10 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Bolívia	83
Tabela 11 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Brasil	84
Tabela 12 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Canadá	86
Tabela 13 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Chile	87
Tabela 14 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Colômbia	88
Tabela 15 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Costa Rica.....	90
Tabela 16 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Equador	91
Tabela 17 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Estados Unidos	93
Tabela 18 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série México.....	94
Tabela 19 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Peru.....	96
Tabela 20 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Uruguai	97
Tabela 21 -	Parâmetros estimados para modelos ARIMA da série Venezuela	98
Tabela 22 -	Previsão do número de certificações ISO 14001 nos anos de 2015 e 2016 .	99
Tabela 23 -	Estatística de Ljung-Box e Shapiro-Wilk dos modelos ajustados.....	102
Tabela 24 -	Avaliação da qualidade da previsão dos modelos ARIMA ajustados.....	103
Tabela 25 -	Tendências de evolução no número de certificações ISO 14001 nos anos de 2015 e 2016.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	O ciclo PDCA.....	22
Figura 2 -	Crescimento anual mundial (%) no número de certificados ISO 14001	30
Figura 3 -	Processo linear geral.....	37
Figura 4 -	Distribuição do número de certificados ISO 14001 no Continente americano em 2014 e países com mais de 50 certificados nos anos de 2013-2014.....	45
Figura 5 -	Evolução no número de certificações ISO 14001 emitida no mundo entre os anos de 1996 e 2014.....	48
Figura 6 -	Evolução no número de certificações ISO 14001 emitida no continente americano entre os anos de 1996 e 2014.....	50
Figura 7 -	Crescimento anual em números absolutos no número de novas certificações ISO 14001 nos países do continente americano (1997-2014).....	51
Figura 8 -	Evolução ao longo do tempo na participação regional na porcentagem de certificados no mundo (1999-2014)	52
Figura 9 -	Evolução no número de certificações ISO 14001 emitida nos países selecionados do continente Americano entre os anos de 1996 e 2014.....	54
Figura 10 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 nos países da América (1999-2014).....	62
Figura 11 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no mundo e nas suas regiões (1999-2014).....	63
Figura 12 -	Evolução das primeiras colocações do continente americano no ranking da ISO 14001 por setor de atividade econômica	65
Figura 13 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Metais básicos e produtos metálicos (1999-2014).....	69
Figura 14 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Transportes, armazenagem e comunicações (1999-2014)	69
Figura 15 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Fornecimento de eletricidade (1999-2014). ...	70
Figura 16 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor Químico, produtos químicos e fibras (1999-2014).....	70
Figura 17 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Construção (1999-2014).....	71
Figura 18 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Outros serviços (1999-2014).....	71
Figura 19 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO	72

	9001/ISO 14001 no setor de Alimentos, bebidas e tabaco (1999-2014).....	
Figura 20 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Borracha e materiais plásticos (1999-2014)...	72
Figura 21 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Equipamentos elétricos e ópticos (1999-2014).....	73
Figura 22 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Equipamentos elétricos e ópticos (1999-2014).....	73
Figura 23 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Maquinaria e Equipamentos (1999-2014).....	74
Figura 24 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Serviços de Engenharia (1999-2014).	74
Figura 25 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos (1999-2014).....	75
Figura 26 -	Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Mineração e extração (1999-2014).....	75
Figura 27 -	Série do número de certificações ISO 14001 emitidos nos países da América e Continente americano (1996-2014)	78
Figura 28 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série América	80
Figura 29 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Argentina	81
Figura 30 -	Autocorrelação da série Bolívia com uma e duas diferenças	82
Figura 31 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Bolívia	82
Figura 32 -	Autocorrelação da série Brasil com uma diferença	83
Figura 33 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Brasil.....	84
Figura 34 -	Autocorrelação da série Canadá com uma diferença	85
Figura 35 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Canadá	85
Figura 36 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Chile	87
Figura 37 -	Autocorrelação da série Colômbia com uma diferença.....	88
Figura 38 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Colômbia	88
Figura 39 -	Autocorrelação da série Costa Rica com uma e duas diferenças.	89
Figura 40 -	Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Costa Rica.....	90

Figura 41 - Autocorrelação da série Equador com uma diferença.	91
Figura 42 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Equador.....	91
Figura 43 - Autocorrelação da série Estados Unidos com uma e duas diferenças.	92
Figura 44 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Estados Unidos	92
Figura 45 - Autocorrelação da série México com uma e duas diferenças.....	93
Figura 46 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Equador.....	94
Figura 47 - Autocorrelação da série Peru com uma diferença.	95
Figura 48 - Autocorrelação da série Uruguai com uma diferença.	95
Figura 49 - Autocorrelação da série Uruguai com uma diferença.	96
Figura 50 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Uruguai.	96
Figura 51 - Autocorrelação da série Venezuela com uma diferença.....	98
Figura 52 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Venezuela.	98
Figura 53 - Previsão do número de certificações ISO 14001 nos países da América nos anos de 2014 e 2015.....	101

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	A SÉRIE DE PADRÕES 14000	15
2.1.1	O padrão ISO 14001	18
2.2	A DIFUSÃO DA ISO 14001.....	23
2.2.1	Fatores que motivam a difusão da ISO 14001	23
2.2.1.1	<i>A difusão da ISO 14001 na escala espaço temporal</i>	25
2.2.1.2	<i>A difusão da ISO 14001 em nível geográfico, setorial e organizacional</i>	26
2.2.2	Modelos de difusão da ISO 14001	28
2.3	MODELOS APLICADOS PARA A PREVISÃO	32
2.4	SÉRIES TEMPORAIS	34
2.4.1	Modelos de Box & Jenkins	34
2.4.2	Processos lineares estacionários	36
2.4.2.1	<i>Modelos autorregressivos AR(p)</i>	37
2.4.2.2	<i>Modelos média-móveis MA(q)</i>	38
2.4.2.3	<i>Modelos autorregressivos média-móveis ARMA(p,q)</i>	38
2.4.3	Processos lineares não estacionários	38
2.4.4	Teste de Dickey-Fuller para estacionariedade	39
2.4.5	Estimação dos modelos	40
2.4.6	Critério de Akaike para a seleção dos modelos	40
2.4.7	Testes para verificação dos modelos	40
2.4.7.1	<i>Teste de Shapiro-Wilk</i>	41
2.4.7.2	<i>Teste de Ljung-Box</i>	41
3	OBJETIVOS	43
3.1	OBJETIVOS GERAIS	43
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	43
4	METODOLOGIA	44
4.1	MATERIAIS E MÉTODOS	44
4.1.1	Dados	44
4.1.2	Análise da evolução e difusão da ISO 14001 na América	45
4.1.3	Modelos de previsão	46

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
5.1	EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES ISO 14001	48
5.1.1	Evolução no número de certificações ISO 14001 do continente americano...	49
5.1.2	Evolução em nível de países do continente americano	53
5.1.3	Intensidade de Certificação ISO 14001	55
5.1.4	A ISO 14001 e a ISO 9001	61
5.1.4	Análise da difusão dos setores econômicos	63
5.1.4.1	<i>Difusão entre os setores econômicos nos países</i>	65
5.1.4.2	<i>A relação entre ISO 9001/ISO14001 nos setores econômicos</i>	68
5.2	MODELOS DE PREVISÃO	77
5.2.1	Modelos de Box & Jenkins para os países do continente americano	79
5.2.1.1	<i>Continente americano</i>	79
5.2.1.2	<i>Argentina</i>	81
5.2.1.3	<i>Bolívia</i>	82
5.2.1.4	<i>Brasil</i>	83
5.2.1.5	<i>Canadá</i>	85
5.2.1.6	<i>Chile</i>	86
5.2.1.7	<i>Colômbia</i>	88
5.2.1.8	<i>Costa Rica</i>	89
5.2.1.9	<i>Equador</i>	90
5.2.1.10	<i>Estados Unidos</i>	92
5.2.1.11	<i>México</i>	93
5.2.1.12	<i>Peru</i>	94
5.2.1.13	<i>Uruguai</i>	96
5.2.1.14	<i>Venezuela</i>	95
5.2.2	Previsão do número de certificações	102
5.2.3	Avaliação da qualidade dos modelos e da previsão	103
5.2.4	Perspectivas futuras para a ISO 14001 no continente americano	104
6	CONCLUSÕES	107
	REFERÊNCIAS	110
	ANEXOS	118

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os crescentes impactos dos processos produtivos, relacionados ao consumo massivo de energia e exploração intensiva de recursos naturais, com consequente extensa degradação ambiental, vêm causando preocupação em todo o mundo, atraindo a atenção de governos, organizações e sociedade em geral.

Nesse cenário, a pressão de investidores e do mercado consumidor e a regulação ambiental sobre o setor empresarial tem se intensificado, tornando a preocupação com os impactos ambientais das companhias uma prioridade. Isso tem estimulado gestores a desenvolverem políticas e medidas sócio econômicas visando a adoção de práticas mais sustentáveis em organizações dos mais diversos setores da sociedade.

Dentre essas ações, a relevância das certificações ambientais está em proporcionar uma estrutura que melhore a ecoeficiência nas organizações e também a imagem corporativa em relação aos consumidores e demais interessados. Dessa forma, a adoção de padrões de gestão ambiental como a ISO 14001 tem se tornado um atrativo para muitas empresas no mundo.

Introduzido em 1996, o sistema ISO 14001 é atualmente uma referência internacional, utilizada pelas organizações para nortear a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), estrutura utilizada para direcionar a conduta entre a companhia e o meio ambiente (BOIRAL, 2007; GONZÁLEZ-BENITO; LANNELONGUE; QUEIRUGA, 2011). Seguindo o sucesso da norma ISO 9001, o número de companhias que tem adotado o padrão e sendo certificadas vem crescendo a cada ano, com um total de 324148 certificações emitidas em 170 países ao longo de 2014 (ISO, 2015).

Nos últimos anos, um grande número de estudos vem sendo realizado com o objetivo de compreender e projetar o processo de crescimento das certificações ao redor do mundo. Porém, a maioria da literatura na área incide sobre o comportamento das adoções da norma em países desenvolvidos, principalmente do continente europeu, com raras abordagens sobre a disseminação em países do continente americano.

Entretanto, é perceptível que a ISO 14001 vem adquirindo relevância tanto entre as instituições certificadoras como entre as organizações certificáveis da região, sendo interessante avaliar as perspectivas atuais e futuras da evolução na América. Com isso, verifica-se a importância do desenvolvimento de novos trabalhos relacionados ao tema na região, que apresenta importância econômica e ambiental estratégica no cenário mundial.

A compreensão sobre a forma como vem ocorrendo o processo de difusão da norma ISO 14001 entre os países e setores econômicos da região e o conhecimento sobre as perspectivas de evolução no número de novos certificados são informações importantes para todas as partes interessadas na norma. Elas podem auxiliar especialistas no planejamento do desenvolvimento de práticas relacionadas à gestão ambiental e sustentabilidade, orientar as estratégias de marketing de órgãos de certificação e comitês técnicos e auxiliar gestores empresariais na decisão de certificar ou não suas companhias.

Desta forma, algumas questões podem ser levantadas: como está ocorrendo a evolução e difusão da emissão de certificações ISO 14001 no continente americano em geral e nos países individualmente? Há diferenças na evolução do número de certificados entre os setores econômicos nos países do continente? Quais fatores estão motivando ou dificultando essa difusão? Como será a evolução das certificações no continente nos próximos anos? Modelos de previsão aplicados nos países europeus podem ser adequadamente aplicados na região?

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a forma com que a evolução e difusão da emissão dos certificados ISO 14001 vem ocorrendo nos países das Américas e também entre os seus setores econômicos, e propôs modelos de previsão para explicar a evolução nos países e por fim, verificar as perspectivas futuras para esse padrão no continente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção será apresentada a revisão de literatura, estruturada em uma descrição da família de padrões ISO 14000, seguida pela apresentação da norma ISO 14001, uma abordagem da literatura da difusão da ISO 14001 e de quais os modelos mais aplicados para estudar essa difusão e por fim, uma revisão sobre as séries temporais, cujos modelos de previsão foram utilizados no presente trabalho.

2.1 A SÉRIE DE PADRÕES ISO 14000

O crescente interesse público sobre a questão ambiental, a necessidade de demonstrar desempenho ambiental em conformidade com os requisitos regulamentares e a busca por maior eficiência na utilização dos recursos têm levado organizações de todos os tipos e tamanhos, sejam privadas, sem fins lucrativos ou governamentais, a perceberem que a sua sobrevivência pode depender da inclusão da questão ambiental na sua gestão (ISO, 2015e; NISHITANI, 2010).

A gestão ambiental empresarial, definida por Barbieri (2007) como “as diferentes atividades administrativas e operacionais realizadas pela empresa para abordar problemas ambientais decorrentes de sua atuação ou para evitar que elas ocorram no futuro”, é uma ferramenta que tem instigado grande interesse na área de negócios, atraindo gestores cada vez mais empenhados no tema meio ambiente (GONZÁLEZ-BENITO; GONZÁLEZ-BENITO, 2005).

Os primeiros movimentos sociais organizados para tentar controlar as mudanças provocadas pela Revolução Industrial sobre o meio ambiente ocorreram na segunda metade do século 19, nos Estados Unidos (OLIVEIRA, 2008). A partir da década de 1960, movimentos ambientalistas começaram a se intensificar, por meio de protestos, mobilizações e relatórios sobre os problemas ambientais, motivando a busca por formas de gerir esses problemas e incentivando o surgimento da ideia de gestão ambiental na década de 1970 (OLIVEIRA, 2008; QUAZI et al., 2001).

A primeira conferência global das Nações Unidas para o Meio Ambiente, a Conferência sobre o Meio Ambiente Humano, foi realizada em Estocolmo em 1972, com o objetivo de abordar a discussão mundial a respeito das questões ambientais, de forma institucionalizada. Nessa conferência, foi reconhecida pela primeira vez a necessidade da

preservação do meio ambiente humano e da utilização sustentável dos recursos naturais (BRUNDTLAND et al., 1987; GOMEZ; RODRIGUEZ, 2011; QUAZI et al., 2001).

Os questionamentos sobre as conclusões vindas da Conferência de Estocolmo levaram a Organização das Nações Unidas (ONU) a criar uma Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, um grupo de especialistas com o objetivo de analisar mais detalhadamente os problemas ambientais e pesquisar soluções (OLIVEIRA, 2008). Essa comissão publicou, em 1987, o relatório *Nosso Futuro Comum – Our Common Future* - uma abordagem interdisciplinar sobre as preocupações ambientais globais e um alerta para a necessidade urgente de mudanças sociais. No relatório, Brundtland et al. (1987) definiram o desenvolvimento sustentável como aquele que “atenda as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades”, ou seja, balanceando crescimento econômico, questões sociais e proteção ambiental. Entre outras iniciativas, esse documento também destacou que crescimento econômico e preservação ambiental podem ser compatíveis e que práticas de gestão ambiental que envolvesse ações proativas aos impactos ambientais deveriam ser aplicadas.

A publicação do relatório foi seguida pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento - *United Nations Conference on Environment and Development* - (UNCED), realizada no ano de 1992, no Rio de Janeiro, na qual foram definidos os princípios para a elaboração de uma resposta às dificuldades impostas ao desenvolvimento sustentável (ISO, 2009).

O retorno veio no desenvolvimento da série de padrões ISO 14000 pelo comitê técnico ISO/TC207, formado pela ISO - *International Organization for Standardization*, em colaboração com a IEC - *International Electrotechnical Commission* (BANSAL; BOGNER, 2002; TO; LEE, 2014). Esse comitê, segundo ISO (2009), foi estabelecido em 1993, e é composto por especialistas ambientais de mais de 100 países, dentre eles 27 países em desenvolvimento. Ele é o responsável por desenvolver e realizar a manutenção da série 14000 de padrões voluntários e unificados de gestão ambiental.

Criada em 1946 e localizada em Genebra, na Suíça, a ISO se descreve como “uma organização independente, com composição não governamental e a maior no desenvolvimento de normas internacionais voluntárias” (ISO, 2015a). Ela é composta pela adesão de 160 institutos nacionais de padronização presentes em países de todas as regiões do mundo, desenvolvendo ferramentas práticas para as três áreas do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e econômico, trazendo contribuições positivas para governos, empresas e sociedade (ISO, 2009).

A família de padrões 14000 foi publicada pela ISO no ano de 1996, com o objetivo de fornecer ferramentas que possibilitem a adoção desse novo conceito de responsabilidade ambiental. Eles podem ser aceitos e implantados em organizações de todos os tipos e portes ao redor do mundo, no suporte ao desenvolvimento sustentável e cordialidade com o meio ambiente (ISO, 2009; ISO, 2004a; QUAZI et al., 2001). De acordo com Casadesús, Marimon e Heras-Saizarbitoria (2008), essa série de padrões estabelece um modelo para a implantação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) na companhia, os quais são definidos como:

Partes de sistemas de gestão globais que descrevem a estrutura organizacional, planejamento de atividades, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para a preparação, aplicação, revisão e manutenção das políticas ambientais da empresa (CASADESÚS; MARIMON; HERAS-SAIZARBITORIA, 2008).

Em geral, o SGA visa assegurar a conformidade da empresa com as leis em diversos níveis e estabelecer políticas internas e ações para que a organização administre os problemas atuais e alcance os objetivos ambientais. A partir desses requerimentos, espera-se que a gestão ambiental responsável seja institucionalizada na organização (BANSAL; BOGNER, 2002). Os padrões da família ISO 14001 também apresentam, além desses critérios, orientações e sugestões relacionadas à gestão ambiental e processos de auditoria e avaliação do ciclo de vida dos produtos (GONZÁLEZ-BENITO; GONZÁLEZ-BENITO, 2005).

De acordo com a ISO (2015b), a série de padrões 14000 é formada por um conjunto de normas sobre a gestão ambiental relativas as seguintes áreas: sistemas de gestão ambiental, auditoria ambiental e estudos ambientais relacionadas, avaliação do desempenho ambiental, rotulagem ambiental, avaliação do ciclo de vida e gestão de gases de efeito estufa e atividades relacionadas. No Quadro 1 estão listadas as normas relativas à área de Sistemas de Gestão Ambiental (ISO, 2015c).

Quadro 1- Normas da série ISO 14001 relativas a área de Sistema de Gestão Ambiental (continua)

Área	Número: Ano da publicação ou da última revisão	Norma e descrição
Sistemas de gestão ambiental (SGA)	ISO 14001:2015	SGA - REQUISITOS COM ORIENTAÇÕES PARA USO: apresenta as especificações para a implantação de Sistemas de Gestão Ambiental (SGA) (ISO, 2004b), que auxilia organizações a gerir o impacto de suas atividades produtivas no meio ambiente e divulgar suas ações de sustentabilidade. A última versão destaca o foco no ciclo de vida e proteção ambiental (ISO, 2015);

Quadro 1- Normas da série ISO 14001 relativas a área de Sistema de Gestão Ambiental

(conclusão)

Área	Número: Ano da publicação ou da última revisão	Norma e descrição
Sistemas de gestão ambiental (SGA)	ISO 14004:2004	SGA - DIRETRIZES GERAIS SOBRE PRINCÍPIOS, SISTEMAS E TÉCNICAS DE APOIO: padrão que complementa as orientações da ISO 14001, fornecendo úteis informações e explicações adicionais;
	ISO 14005:2010	SGA - ORIENTAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO EM FASES DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL, INCLUINDO A UTILIZAÇÃO DA AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL: fornece as diretrizes para a implantação em fases de um SGA, em especial para pequenas e médias empresas (PME).
	ISO 14006:2011	SGA - ORIENTAÇÕES PARA A INCORPORAÇÃO DE <i>ECODESIGN</i> : direciona as diretrizes para a incorporação de <i>ecodesign</i> .

Fonte: Adaptado de ISO (2015c)

2.1.1 O padrão ISO 14001

A certificação ISO 14001 é o mais reconhecido padrão internacional para o estabelecimento, implantação, manutenção ou melhoria de Sistemas de Gestão Ambiental. Ele especifica os requisitos para que qualquer empresa ou organização possa configurar um SGA eficaz para desenvolver e implantar, conforme afirma ISO (2004b), “política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e outros requisitos que a organização subscreva, e informações sobre aspectos ambientais significativos”.

O padrão ISO 14001 foi lançado em setembro de 1996, apresentando estrutura semelhante à norma de Sistemas de Gestão da Qualidade ISO 9001 e sua última revisão foi realizada em 2015. Em relação às versões anteriores, a ISO 14001:2015 busca fortalecer o vínculo entre as estratégias internas da empresa e a proteção ao meio ambiente, além de integrar o conceito de ciclo de vida do produto ou serviço (ISO, 2015d).

O primeiro padrão criado para certificação de SGA no mundo foi a norma BS 7750, publicada pelo Instituto Britânico de Padronização - *British Standards Institution* - em 1992, e cancelada em 1997 após a publicação da família de normas ISO 14000 (BARBIERI, 2007).

Além do BS 7750, outra proposta de SGA certificado foi o Sistema Comunitário de Ecogestão e Auditoria Europeia (EMAS), lançado pelo Conselho da Comunidade Econômica Europeia em 1993; entretanto a ISO 14001 permanece como o padrão mais popular e frequentemente utilizado no mundo para implantação do SGA (BANSAL; BOGNER, 2002; BARBIERI, 2007; COULSON; DIXON, 1995; HERAS-SAIZARBITORIA; ARANA; BOIRAL, 2015).

O principal objetivo da ISO 14001 é fornecer os requisitos para o estabelecimento de um SGA visando melhorar o seu desempenho ambiental e o cumprimento das políticas de conformidade e dos objetivos ambientais (ISO, 2015c). Ainda segundo ISO (2015c), a norma é aplicável em quaisquer organizações ao redor do mundo, de todos os tipos, tamanhos, localização e graus de maturidade, e nos mais variados aspectos, produtos ou serviços, considerados como ambientais pela empresa, baseando-se na perspectiva de ciclo de vida. Em nível sócio econômico, a norma visa promover o desenvolvimento sustentável e fomentar o comércio internacional, através de um legítimo sistema internacional de normalização que reduza o impacto da diversidade de práticas nacionais, facilitando as trocas comerciais entre países (BANSAL; HUNTER, 2003; CASADESÚS; MARIMON; HERAS-SAIZARBITORIA, 2008).

Uma importante característica da norma ISO 14001 é que ela não visa estabelecer metas ou resultados de desempenho, ou determinar como os seus requisitos devem ser executados. A ISO 14001 prioriza sistematizar e formalizar os procedimentos relacionados aos impactos ambientais da organização, por meio de um processo de melhoria contínua, visando mudanças em curso no gerenciamento das ferramentas de medição e controles de gestão (BANSAL; BOGNER, 2002; BANSAL; HUNTER, 2003; CASADESÚS; MARIMON; HERAS-SAIZARBITORIA, 2008; MARIMON; CASADESÚS; HERAS-SAIZARBITORIA, 2009).

Casadesús, Marimon e Heras-Saizarbitoria (2008) lembram ainda que, diferentemente da ISO 9001, com que possui grande similaridade em relação à estrutura e formulação, a ISO 14001 de fato:

Estabelece de forma, tendenciosa ou ambígua, uma referência para o cumprimento de determinados objetivos ambientais, uma vez que considera que as empresas devem se comprometer com a conformidade com as normas ambientais elementares e regulamentos em vigor para cada configuração (CASADESÚS; MARIMON; HERAS-SAIZARBITORIA, 2008).

Entretanto, como reforçam Albuquerque, Bronnenberg e Corbett (2007), a certificação ISO 14001 mostra apenas que a organização possui um Sistema de Gestão Ambiental

consistente e bem documentado, mas, novamente, não especifica o grau de controle sobre os impactos ambientais da companhia.

A implantação do padrão ISO 14001 assegura que o impacto ambiental das atividades, produtos e serviços dentro da empresa ou organização está sendo mensurado e sistematizado, o que é importante para os gestores e sinaliza compromisso ambiental para com os *stakeholders* (que são as partes interessadas na companhia, e incluem funcionários, acionistas, clientes, fornecedores, organizações não governamentais (ONG), agências governamentais e comunidade local) (BANSAL; HUNTER, 2003; ISO, 2009; ISO, 2015a). A dimensão da aplicação da ISO 14001 está relacionada com fatores ligados à natureza da organização como a política ambiental, tipo de atividade, produtos e serviços desenvolvidos, localização e condições de funcionamento (ISO, 2004b).

Na série ISO 14000, a norma ISO 14001 é o único padrão passível de auditoria para certificação e também o único que fornece uma lista de especificações e requisitos que um SGA precisa cumprir, para que a empresa possa ser avaliada e certificada (GONZÁLEZ-BENITO; GONZÁLEZ-BENITO, 2005; NEUMAYER; PERKINS, 2004). Assim como outras certificações ISO (como a ISO 9001), a adesão à ISO 14001 é voluntária, ou seja, não há requisitos legais para a certificação, porém ela geralmente traz inúmeros benefícios tangíveis e intangíveis para as empresas certificadas (BANSAL; BOGNER, 2002; POTOSKI; PRAKASH, 2005).

Entre os principais benefícios tangíveis que podem ser proporcionados pela ISO 14001 estão a redução no consumo de recursos e a melhoria na gestão dos resíduos (BANSAL; BOGNER, 2002), o maior potencial para manter e conseguir novos negócios (CURKOVIC; SROUFE, 2011) e o aumento na produtividade (BARLA, 2007), ou seja, benefícios diretamente relacionados a ganhos econômicos. Os possíveis benefícios intangíveis da adoção da certificação ambiental estariam relacionados a melhoria na reputação ambiental da empresa (POTOSKI; PRAKASH, 2005), ganhos na relação com os *stakeholders* e aperfeiçoamento do controle organizacional (POKSINSKA; DAHLGAARD; EKLUND, 2003). A ISO 14001 ainda contribui para organizações por ser compatível com os seus princípios de responsabilidade social, qualidade de produtos e processos e com a internacionalização dessas instituições (BANSAL; HUNTER, 2003).

Potoski e Prakash (2005) lembram, no entanto, que o SGA a ser adotado pelas organizações é extenso, oneroso e exige manutenção regularmente. Todo o processo para a implantação da ISO 14001 envolve custos monetários (tempo, treinamento para operações diárias, manutenção, documentação e preparação para futuras auditorias) e não monetários

(descoberta de violações regulatórias das empresas nas auditorias externas e exposição pública dessas violações) substanciais para a obtenção da certificação pelas organizações (DELMAS, 2002; KOLLMAN; PRAKASH, 2002).

Na literatura da ISO 14001 não há consenso sobre quais as situações em que os benefícios da certificação voluntária para as organizações compensam o seu alto custo, principalmente financeiro. Para Nishitani (2010), as firmas adotam a ISO 14001 quando avaliam que os benefícios ultrapassam o alto custo. Segundo Bansal e Bogner (2002), as empresas investem na implantação da regulação ambiental apenas em circunstâncias específicas como, por exemplo, quando o seu impacto ambiental é grande e também por exigência do mercado internacional. Khan (2008) afirma que os custos são menos restritivos quando os gestores conhecem as vantagens da certificação e o retorno positivo é rápido. Por sua vez, de acordo com Bansal e Hunter, embora gestores não questionem a importância da implantação de um SGA, eles acreditam que a ISO 14001 traz poucos benefícios a um alto custo.

Para receber a certificação do SGA é exigido que as instalações das organizações sejam submetidas a auditoria independente de terceira parte, com auditores externos associados a órgãos de registro credenciados da ISO, para verificar se estão em conformidade com a norma. Após a primeira auditoria de certificação, outras visitas são realizadas, geralmente a cada seis meses ou um ano, para verificar se a empresa está seguindo os requisitos legais do SGA, com a possibilidade da certificação ser cancelada caso o registrador entenda que eles não estão sendo cumpridos (GHISELLINI; THURSTON, 2005). Segundo Barbieri (2007) no Brasil, um Organismo de Certificação Credenciado (OCC) é uma organização de terceira parte credenciada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), órgão credenciado pela ISO. Blackman (2012) afirma que a certificação é válida por um período de três anos, sendo necessário então que a empresa passe por uma nova auditoria de certificação.

O sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14001 opera de acordo com o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, e Act*) (Figura 1), focado nos princípios da melhoria contínua. Um SGA em conformidade com a norma ISO 14001 precisa seguir cinco requisitos principais (BANSAL; BOGNER, 2002; BANSAL; HUNTER, 2003; GONZÁLEZ-BENITO; GONZÁLEZ-BENITO, 2005):

a) Políticas ambientais: a primeira etapa para o desenvolvimento do SGA é dedicada ao desenvolvimento de uma declaração de princípios e intenções ambientais,

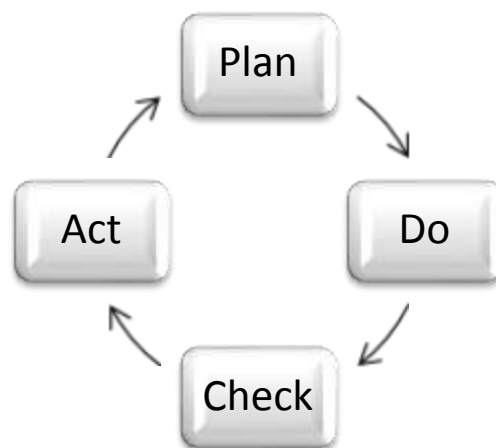
b) Planejamento (*Plan*): identificação dos aspectos ambientais da companhia através da realização de um inventário de todos os seus processos, produtos e serviços relacionados ao meio ambiente. O processo utilizado para identificar as exigências legislativas, regulatórias e voluntárias deve ser especificado (BARLA, 2007). Além disso, deve ser desenvolvido um plano para mitigar os impactos ambientais da empresa: estabelecimento da política ambiental, dos objetivos e metas específicos e dos responsáveis pelo gerenciamento do SGA, criação de processos para documentação e ajustes na estrutura e sistema organizacional;

c) Implantação e operação (*Do*): a terceira seção envolve a aplicação da política ambiental e o estabelecimento dos elementos do Sistema de Gestão Ambiental: comunicação eficaz, programas de treinamento para formação e conscientização dos funcionários, estabelecimento da documentação, procedimentos de controle das operações e plano de resposta para emergências;

d) Verificação e ação corretiva (*Check*): envolve a aplicação de procedimentos para monitoramento das operações e identificação de não conformidades, para prevenção e redução do descumprimento dos objetivos e metas;

e) Revisão da gestão (*Act*): por fim, a organização deve avaliar de forma crítica o seu SGA, realizando as correções necessárias nas suas estruturas e sistemas, assim como a sua política, objetivos e metas determinados, visando a melhoria contínua.

Figura 1- O ciclo PDCA



Fonte: Do autor

Assim como muitos projetos relacionados ao meio ambiente, o SGA pode não trazer o retorno planejado, e os possíveis benefícios institucionais e econômicos podem ser imperceptíveis. Todavia, como argumentam Bansal e Bogner (2002), um sistema de gestão eficaz gera projetos que podem proporcionar forte ganho financeiro em longo prazo e, além

disso, permite que a organização não só atinja seus objetivos e metas ambientais, mas também alcance a melhoria contínua do seu sistema de gestão global. E a certificação deste SGA, por meio da implantação da norma ISO 14001 nesse sistema, traz a vantagem de sinalizar um compromisso da empresa com o meio ambiente para reconhecimento por seus *stakeholders* externos.

2.2 A DIFUSÃO DA ISO 14001

O entendimento do processo de evolução ao longo dos anos no número de certificações de normas de gestão ambiental como ISO 14001 em níveis geográfico, setorial e organizacional e a realização de previsões sobre o comportamento das adoções da ISO 14001 são imprescindíveis para todas as partes interessadas na norma. Essas informações orientam os pesquisadores e gestores a planejar estratégias para a adoção da ISO 14001, visando solucionar problemas futuros baseados nas dificuldades atuais, estimulando assim o desenvolvimento mundial de sustentabilidade (ROBERT, 2000). O conhecimento também é interessante para órgãos de certificação, comitês técnicos e agências governamentais de acreditação poderem melhorar suas estratégias de mercado, assim como para consultores de empresas e organizações interessadas em certificar e também para aqueles já certificados, que enfrentam altos custos de implantação e manutenção (TO; LEE, 2014; FRANCESCHINI et al., 2010).

2.2.1 Fatores que motivam a difusão da ISO 14001

Heras-Saizarbitoria, Landín e Molina-Azorín (2011) afirmam que os fatores que levam as organizações a adotarem a ISO 14001, assim como as inovações em geral, poderiam ser classificados de acordo com a sua origem em pressões externas ou internas. No entanto, na literatura sobre a ISO 14001, ainda não há consenso entre especialistas a respeito de quais seriam as principais motivações para adotar a norma.

Entre as pressões externas para a adoção da ISO 14001 mais observadas na literatura estão a necessidade de demonstrar compromisso ambiental para com *stakeholders*, pressões da cadeia de suprimentos mundial, redução de barreiras comerciais, competitividade com empresas do mesmo setor, pressões de agências governamentais e Organizações Não Governamentais (ONGs) ligadas ao meio ambiente, distância física dos consumidores e melhoria na imagem corporativa e nas relações com autoridades (BANSAL; HUNTER, 2003;

CORBETT; KIRSCH, 2001; GHISELLINI; THURSTON, 2005; MASSOUD et al., 2010a; NISHITANI, 2010)

Por sua vez, as motivações internas para uma empresa adotar a ISO 14001 estão geralmente relacionadas à implantação do SGA para a melhoria do desempenho ambiental e os efeitos dessa mudança na gestão ambiental sobre a estrutura interna da organização. Entre os fatores citados na literatura estão a busca por melhoria na eficiência e eficácia nas operações internas da companhia, redução dos impactos ambientais dos processos de produção, com simultânea queda na geração de resíduos e economia nos custos, além de questões éticas (BANSAL; BOGNER, 2002; KOLA-LAWAL et al., 2014; MASSOUD et al., 2010a).

A norma ISO 9001, que estabelece os requisitos para o estabelecimento de um Sistema de Gestão da Qualidade, é reconhecida como uma grande influência na decisão de adotar a ISO 14001, com organizações mais propensas a adotar a ISO 14001 em países em que a certificação da qualidade é mais presente (VASTAG, 2004). Em um estudo com 56 países, Albuquerque, Bronnenberg e Corbett (2007) verificaram que, em razão das semelhanças na concepção, linguagem, estrutura e metodologia entre os padrões, a adoção prévia da norma ISO 9001 facilitaria a implantação e contribuiria para uma difusão mais rápida da ISO 14001. Os autores afirmam que esse fenômeno ocorreria pelo fato da disseminação da ISO 9001 “reduzir as incertezas relacionadas ao valor comercial e a relevância dos padrões de normalização”. As semelhanças entre as motivações para adotar a certificações ISO 14001 e ISO 9001 também foram destacadas por Corbett e Kirsch (2001), Corbett e Kirsch (2004), Vastag (2004) e Viadiu, Fa e Saizarbitoria (2006).

Também segundo Albuquerque, Bronnenberg e Corbett (2007), entretanto, há diferenças nos fatores que direcionam a difusão das duas normas entre os países do mundo: embora a difusão de ambos, ISO 9001 e ISO 14001, seja guiada pela proximidade geográfica entre os países, a ISO 9001 seria influenciada principalmente por fatores econômicos, enquanto as razões para adotar a ISO 14001 estariam mais relacionadas à similaridade cultural entre os países.

Corbett e Kirsch (2001), em um estudo com 63 países, observaram que além da influência ambiental, a força de exportação e o Produto Interno Bruto do país seriam motivações significativas para a difusão da ISO 14001. Utilizando o mesmo grupo de dados, Vastag (2004) também verificaram que os fatores econômicos seriam importantes para a difusão da ISO 14001, pois o foco do país em exportações, dado pela porcentagem de exportações no total do Produto Interno Bruto nacional, pode forçar empresas a adotar a ISO

14001 se o padrão for exigido no mercado de destino. Da mesma forma, em uma análise mundial, To e Lee (2014) constataram que há uma correlação positiva entre a adoção da ISO 14001 e o comércio internacional, principalmente nos primeiros estágios da difusão mundial da norma.

2.2.1.1 A difusão da ISO 14001 na escala espaço temporal

Analisando a difusão do número de adoções da certificação ISO 14001 no tempo e espaço, é esperado que a taxa de adoções da ISO 14001 entre empresas em países em que as adoções da certificação que iniciaram mais tarde seja mais rápida do que entre as empresas dos primeiros países a adotar a certificação (ALBUQUERQUE; BRONNENBERG; CORBETT, 2007).

Em relação às motivações para buscar a certificação, companhias de países com adoções tardias da ISO 14001, usualmente países mais pobres e em desenvolvimento, são motivadas a certificar suas plantas comumente por pressões externas relacionadas ao efeito de imitação. Essas empresas certificam como uma forma de reduzir a desvantagem competitiva em relação às companhias que certificaram anteriormente e são consideradas bem sucedidas ou com legitimidade ambiental e, além disso, também são induzidas a adotar pela redução das incertezas ligadas à utilidade e relevância da certificação (ALBUQUERQUE; BRONNENBERG; CORBETT, 2007; WELCH; MORI; AOYAGI-USUI, 2002).

Em um estudo empírico com uma amostra de 90 companhias norte-americanas que estavam entre as primeiras a adotarem o padrão ISO 14001, Bansal e Hunter (2003) verificaram que as primeiras organizações a adotarem a ISO 14001 se caracterizavam pela relativa legitimidade ambiental e internacionalização, grande tamanho, complexidade organizacional, disponibilidade de estrutura e recursos e facilidade em serem reconhecidas pelos seus *stakeholders* de acordo com a forma com que gerenciavam os resíduos da sua produção. Segundo os autores, elas tinham como objetivo reforçar suas estratégias, visando aumentar suas vantagens competitivas. Apesar das companhias provavelmente conseguirem atingir o seu objetivo, a eficiência da ISO 14001 não estava sendo comprovada, pois melhorias aparentes no desempenho ambiental e nas relações internacionais não foram facilmente observadas, visto que as empresas já eram ambientalmente adequadas.

Entretanto, de forma contrária, Heras-Saizarbitoria, Arana e Boiral (2015) afirmaram recentemente, baseados em estudos realizados em firmas operando em países como México e Japão, que as primeiras empresas a adotarem SGAs como a ISO 14001 eram organizações

com alto impacto ambiental ou indústrias poluidoras, interessadas em melhorar as práticas e desempenho ambiental, ou seja, incentivadas por motivações internas.

Independentemente das características das companhias que primeiramente se interessaram pela ISO 14001, com o crescente número de certificações emitidas, essa prática ambiental passou a se difundir, embora com distribuição desigual em quantidade de certificados, entre organizações da maioria dos países do mundo (ISO, 2014), e nos mais diversos setores da economia (ISO, 2014) e tamanhos de companhias (BAUMBACH; PRADO FILHO; FONSCCECA, 2013).

2.2.1.2 A difusão da ISO 14001 em nível geográfico, setorial e organizacional

Em nível mundial, embora a ISO 14001 tenha sido criada para atrair organizações em diferentes condições nacionais e corporativas, estudos sobre a difusão da ISO 14001 entre os países têm mostrado que a distribuição internacional das certificações é desigual. As organizações da América do Norte, especificamente Estados Unidos e Canadá e do Oeste Europeu foram as primeiras a adotar a ISO 14001, em meados da década de 2000 e, conforme as relações comerciais se expandiam, as adoções da ISO 14001 por parceiros comerciais do Leste Asiático se intensificaram, com a recente disseminação entre companhias da América do Sul e Euro-Ásia (TO; LEE, 2014).

A velocidade com que a difusão tem ocorrido também apresenta variações entre as regiões do mundo: enquanto na Ásia e Leste Europeu o crescimento tem sido rápido e na África e América Latina o número de certificados era baixo, mas também vem se expandindo, no Oeste Europeu, onde a ISO 14001 foi originalmente introduzida, a taxa de crescimento e participação no total mundial vêm sendo reduzida (ISO, 2014). O crescimento mundial na emissão de certificações está sendo impulsionado por diversos fatores, com destaque para a globalização e a integração das economias mundiais, ocorridos nas últimas décadas (VIADIU, FA, HERAS-SAZARBITORIA; 2006).

A literatura da ISO 14001 (ALBUQUERQUE; BRONNENBERG; CORBETT, 2007; BLACKMAN, 2008; TO; LEE, 2014) mostra que a difusão global de padrões de gestão como a ISO 14001 está ligada diretamente ao grau de desenvolvimento econômico dos países, o que explicaria as diferenças entre os processos de difusão ao redor do mundo. A ISO 14001 foi inicialmente adotada por organizações em países desenvolvidos, que dispõem de mais recursos, difundindo em seguida para países exportadores do Extremo Oriente e posteriormente, avançando em países emergentes como Brasil, Rússia e Índia, cujas empresas

buscaram a ISO 14001 visando aumentar a competitividade no mercado internacional (TO; LEE, 2014).

Fikru (2014) e Massoud et al., (2010a) verificaram que as motivações, benefícios, incentivos e desafios para adoção de norma ISO 14001 variam com a localização da organização. Também de acordo com os autores, especialmente em países em desenvolvimento, as organizações estão sendo cada vez mais pressionadas a implantar um SGA em conformidade com a ISO 14001 para satisfazer seus parceiros comerciais localizados em países desenvolvidos, que estão se recusando a manter negócios com empresas não certificadas, embora as pressões nacionais também sejam importantes. Khan (2008) destaca que o número de adoções de ferramentas de gestão ambiental em países em desenvolvimento ainda é baixo devido às suas limitações econômicas, sociais e culturais desses países. Vastag (2004) afirma que companhias em países mais desenvolvidos possuem mais recursos para pagar os custos da certificação, contribuindo para um número maior de certificados ISO 14001.

Além das relações econômicas, as diferenças culturais entre países também teriam influência na difusão global da ISO 14001. Segundo Nishitani (2010), em mercados ambientalmente conscientes como Finlândia, Dinamarca, Alemanha e Japão, as preferências e pressões dos consumidores afetam a difusão, ou seja, os clientes são mais propensos a incentivar a adoção da ISO 1400, e as empresas, já certificadas, a exigirem o padrão de seus fornecedores nacionais e internacionais. Albuquerque, Bronnenberg e Corbett (2007) e Fikru (2014) também enfatizam o papel da cultura e de características específicas de cada país na decisão de adotar ferramentas de gestão ambiental em indústrias. Segundo Kola-Lawal et al. (2014), as motivações e benefícios da adoção da ISO 14001 observados em estudos em países desenvolvidos não devem ser generalizados para nações em desenvolvimento sem que o contexto cultural e sócio político sejam investigados.

A compreensão a respeito da forma como vem ocorrendo a difusão das certificações ISO 14001 entre os setores industriais ainda é incipiente. Segundo Freitas (2009) ela aparenta ser desigual entre os setores de atividade econômica, com alguns setores, como a indústria, apresentando uma maior preocupação em certificar suas plantas. Outros autores como Marimon, Llach e Bernardo (2011) afirmam, entretanto, que a difusão da ISO 14001 entre setores é bastante homogênea, ou seja, os setores de atividade econômica têm apresentado um crescimento semelhante. Jiang e Bansal (2003) por sua vez, observam que a difusão da ISO 14001 variava até mesmo dentro do mesmo setor industrial: organizações norte-americanas

que operavam em indústrias semelhantes reagiram de forma diferente ao dilema de certificar ou não a organização.

Em nível de organização, o tamanho da companhia também estaria relacionado a decisão de adotar a ISO 14001. Empresas de grande porte geralmente são as primeiras a certificarem por enfrentarem maiores pressões de *stakeholders* sobre o seu desempenho ambiental, estarem mais susceptíveis à ação de agências regulatórias e possuírem mais recursos para adotar a ISO 14001 (NISHITANI, 2009). Pequenas e médias empresas, definidas pela ISO como aquelas que possuem menos de 500 funcionários, representam maioria no total de companhias no mundo e suas atividades tem um significativo impacto ambiental. Entretanto, as certificações ISO 14001 não se difundiram entre essas organizações devido a várias razões como a falta de incentivos para procurar a certificação e as dificuldades para implantar e manter um SGA devido à falta de tempo, recursos financeiros e de funcionários para desenvolver as ações de melhoria na empresa (MARIMON et al., 2012; MASSOUD et al., 2010b; NEWBOLD, 2006).

Entre os fatores que vêm dificultando, de forma geral, o processo de difusão da ISO 14001, destacam-se o alto custo financeiro da implantação e do registro e custos não tangíveis como a grande quantidade de documentação, que muitos argumentam ser desnecessária (BANSAL; BOGNER, 2002; CURKOVIC; SROUFE, 2011). Outro ponto desfavorável é a ausência de evidências conclusivas a respeito dos impactos diretos e indiretos da implantação do SGA no desempenho ambiental e operacional da organização, visto que a ISO 14001 não estabelece metas ou realiza o monitoramento do impacto ambiental (BARLA, 2007; COMOGLIO; BOTTA, 2012).

De Jong, Paulraj e Blome (2014) afirmam que uma disseminação plena da ISO 14001 só ocorrerá quando as organizações tiverem razões críveis para se certificarem, como evidências de melhorias no desempenho financeiro, o que justificaria os custos e os esforços para implantação do SGA. Conforme o processo de difusão da ISO 14001 apresentar avanço, é esperado também uma redução nos custos para adoção (BARLA, 2007). Entretanto, Barla também afirma ser esperada simultaneamente uma diminuição na vantagem competitiva sobre outras empresas, uma das principais motivações citada pelos primeiros adotantes.

2.2.2 Modelos de difusão da ISO 14001

A análise da difusão da norma ISO 14001 tem atraído recente atenção na sua literatura. Diversos pesquisadores vêm estudando como tem ocorrido a difusão da norma ISO

14001 em nível global (ALBUQUERQUE; BRONNENBERG; CORBETT, 2007; CORBETT; KIRSCH, 2001; CASADESÚS; MARIMON; HERAS-SAIZARBITORIA, 2008; TO; LEE, 2014), regional (DELMAS, 2002; FIKRU, 2014; TO; LEE, 2014), nacional (DELMAS, 2002; MOURA; SILVA, 2013; NEWBOLD, 2006; TO; LEE, 2014) e também por setores de atividade econômica (FREITAS, 2009; MARIMON; LLACH; BERNARDO, 2011). Entretanto, em relação à outras inovações, o número de estudos envolvendo especificamente o ajuste de modelos para o padrão ISO 14001 ainda é baixo e geralmente apresentam uma abordagem restrita aos países desenvolvidos, por serem as nações que possuem os maiores números de adoções da ISO 14001 no mundo.

Em particular, o ajuste de modelos de difusão de uma inovação como o padrão ISO 14001 em vários países oferece uma ampla gama de vantagens, como fornecer uma maior quantidade de dados e informações. Além disso, visto que geralmente a inovação apresenta diferentes taxas de adoção nos países, é possível utilizar as informações de países que adotaram anteriormente na previsão do número futuro de adoções nos países que adotaram mais tarde e, além disso, essa diferença nas taxas de adoções também permite analisar o efeito da heterogeneidade dos países no processo de difusão global. (MEADE; ISLAM, 2006).

Os primeiros autores a observar a similaridade do processo de difusão de um padrão de gestão com a difusão de novas tecnologias foram Franceschini, Galetto e Giannì (2004). Analisando a difusão do padrão ISO 9001, eles observaram que o processo de difusão se iniciou com algumas companhias, que adotaram a certificação ISO 9001 visando distinguir-se no mercado, mostrando a excelência na prática da qualidade. Com resultados positivos, o número de empresas certificadas apresentou um crescimento quase exponencial, que foi limitado, no entanto, por fatores como a redução da vantagem competitiva e a limitação no número de potenciais adotantes, levando a uma gradual saturação.

De acordo com Franceschini, Galetto e Giannì (2004), uma curva (1), baseada no comportamento de sistemas logísticos, poderia ser adaptada para expressar e realizar previsões sobre o crescimento no número de adoções da ISO 9001.

$$N = \frac{N_0 K}{N_0 + (K - N_0)e^{-r_0 t}} - N_0 \quad (1)$$

em que: N = número de certificações (além do tempo);

N_0 = número de certificações no ponto de início;

K = nível de saturação;

r_0 = taxa de crescimento inicial;

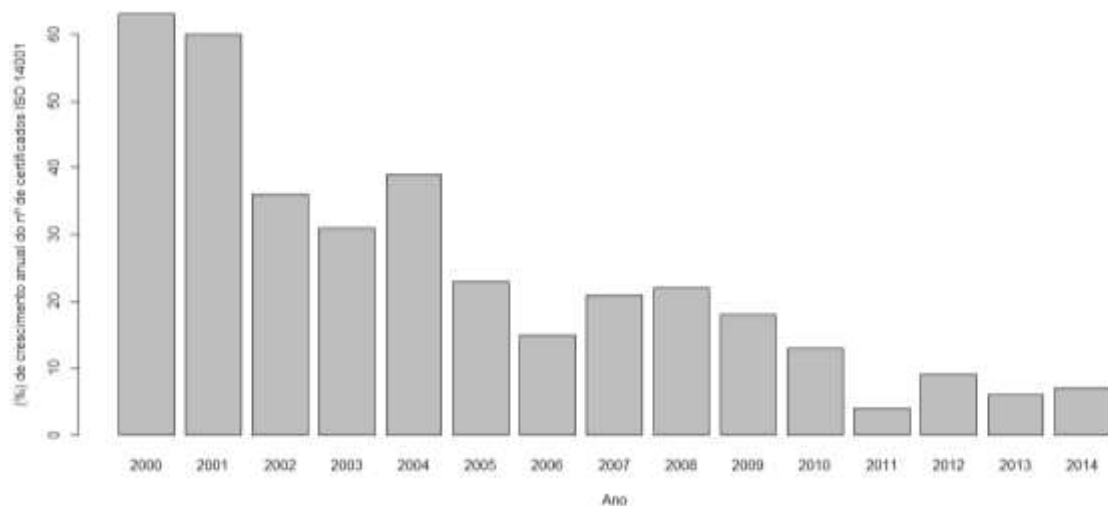
t = variável independente (tempo);

e = número neperiano ($e \approx 2,718281828459\dots$)

Devido à grande similaridade entre os padrões ISO 9001 e ISO 14001, segundo Viadiu, Fa e Saizarbitoria (2006), uma adaptação do modelo logístico de Franceschini et al. (2004) poderia ser também aplicado para a ISO 14001. Eles analisaram difusão da ISO 9001 e ISO 14001 em quatro países (Espanha, Estados Unidos, Reino Unido e Japão), realizando previsões sobre o crescimento e a saturação no número das duas certificações. Segundo os autores, ambos apresentavam padrões de difusão semelhantes, certo grau de maturidade (com exceção dos Estados Unidos) e a ISO 14001 apresentava uma maior velocidade de difusão.

Estudos mais recentes sobre a difusão da ISO 14001 preveem, assim como Viadiu, Fa e Saizarbitoria (2006), a ocorrência, em algumas regiões, de saturação no número de certificações ISO 14001. Segundo dados apresentados por ISO (2015), uma tendência de queda ao longo do tempo no percentual crescimento das certificações ISO 14001 vem ocorrendo desde o ano de 1999, quando ela passou a disponibilizar essas informações, as quais estão representadas na Figura 2.

Figura 2 – Crescimento anual mundial (%) no número de certificados ISO 14001.



Fonte: ISO (2015)

Casadesús; Marimon e Heras-Saizarbitoria (2008) utilizaram modelos logísticos modificados para estudar a difusão da ISO 14001 nos 13 países com mais certificações, e relataram que o nível de saturação global da ISO 14001 era de 64,6% em 2005, com tendência

a saturação em 160000 certificações. Eles previam também que em 2008 esse nível atingiria 95% na maioria desses 13 países, o que não foi confirmado (ISO, 2015).

Marimon, Heras-Saizarbitoria e Casadesús (2009) aplicaram o modelo logístico proposto por Franceschini et al. (2004) em dados do número de certificações ISO 9001 e ISO 14001 nos 13 países com maior número de certificados ISO 14001 emitidos na época. Pela primeira vez eles realizaram previsões para países que apresentavam uma redução no número de certificados emitidos. Os autores também utilizaram as estimativas dos modelos para cada país para, em conjunto com um índice que media a relação entre os processos de difusão da ISO 9001 e da ISO 14001, classificar os países de acordo com o comportamento da difusão em três categorias: expansionistas, maduros e retrocessivos.

Marimon, Llach e Bernardo (2011) realizaram uma análise comparativa dos processos de difusão das certificações ISO 14001 entre os setores de atividade econômica no mundo. Para isso, eles ajustaram curvas logísticas baseadas no modelo de Franceschini et al. (2004) para os principais setores de atividades, realizaram medidas do grau de instabilidade e concentração dos setores no mercado e compararam a evolução dos setores em relação à evolução global da ISO 14001 usando distâncias euclidianas.

Albuquerque, Bronnenberg e Corbett (2007) estudaram a difusão espaço-temporal da ISO 14001 e da ISO 9001 ajustando um modelo de difusão que incluiu os possíveis efeitos de contágio entre países (geografia, comércio, cultura e suas combinações), usando métodos Bayesianos para estimar os parâmetros e selecionar os modelos.

Recentemente, To e Lee (2014), com base em Fisher e Pry (1971) também observaram que essa curva logística poderia ser aplicada para descrever a difusão da ISO 14001. Aplicando modelos logísticos para estudar a difusão da ISO 14001 em níveis global, regional e por país, apresentaram a previsão de que o número de certificações teria tendência à saturação em torno de 379900 no ano de 2015, no mundo, mas ainda representando um crescimento de 51,5% dos 250972 apresentados ao fim de 2010.

Além dos modelos de difusão em forma sigmoidal, outros modelos vêm se destacando na literatura da difusão da ISO 14001. Corbett e Kirsch (2001) propuseram um modelo de regressão para explicar o número de certificações ISO 14001 no país em função da capacidade de exportações, o comprometimento ambiental e o número de certificados ISO 9001. Com o objetivo de aperfeiçoar as ideias do estudo de Corbett e Kirsch (2001), Neumayer e Perkins (2004) ajustaram um modelo de regressão para avaliar a influência de diferentes variáveis de oferta e demanda na decisão de implantar e certificar o SGA com a ISO 14001. Blackman (2012) utilizou o modelo de riscos proporcionais de Cox (1975) para

calcular a probabilidade condicional de que uma companhia consiga a certificação ISO 14001 em um tempo t dado que ela não tenha sido ainda certificada e dada uma série de variáveis relacionadas a características da companhia no tempo t .

2.3 MODELOS APLICADOS PARA A PREVISÃO

A modelagem e previsão da difusão de inovações como a certificação ISO 14001 constituem um dos temas de grande interesse prático e acadêmico nas últimas décadas. A escolha do melhor método para previsões não é uma escolha fácil, visto que há uma variedade de modelos disponíveis na literatura (MEADE; ISLAM, 1998).

Os modelos de difusão são amplamente abordados na literatura e atualmente representam uma das técnicas mais utilizadas para a realização de estimativas e predições sobre a difusão de novas tecnologias (CHRISTODOULOS; MICHALAKELIS; VAROUTAS, 2010; MEADE; ISLAM, 2006). A difusão de uma inovação foi definida por Rogers (1983) como “o processo pelo qual uma inovação é comunicada através de certos canais ao longo do tempo entre os membros de um sistema social”.

Os primeiros trabalhos a abordar a modelagem da difusão de inovações foram focados na difusão de novos produtos. Teece (1980) aplicou um modelo de difusão logístico para estudar a disseminação de uma inovação administrativa, mostrando que os modelos de difusão não são limitados a produtos tangíveis. Isso possibilitou a aplicação de diversos modelos de difusão para ideias, serviços e também para padrões de gestão, como as normas internacionais ISO 9001 e a ISO 14001.

A previsão constitui a maior forma de aplicação dos modelos de difusão, principalmente na área de negócios (GOTTARDI; SCARSO, 1994). Para gerentes de vendas de empresas, é interessante prever as vendas de sua inovação no mercado, baseado no seu conhecimento profissional e/ou ferramentas de análise. Além disso, é importante buscar precisão nessas previsões, visto que mais lucros serão obtidos uma vez que previsões de altas vendas mais precisas são feitas. Isso motiva grandes esforços no desenvolvimento dos melhores métodos de previsão (CHENG; CHEN; WU, 2009).

Segundo Christodoulos, Michalakelis e Varoutas (2010), abordagens alternativas como a metodologia de Box & Jenkins (1970), apesar de estarem se popularizando, principalmente com a evolução dos computadores, ainda são escolhas preteridas. Esse fato se deve principalmente a falta de precisão para previsões em longo prazo e a impossibilidade de aplicação, por motivos teóricos, em série de dados curtas. Box, Jenkins e Reinsel (2008)

afirmam ser necessárias séries com no mínimo 30 observações, no entanto, segundo Christodoulos, Michalakelis e Varoutas (2010), resultados aceitáveis para essa metodologia podem ser obtidos com séries entre 16 e 20 pontos.

Apesar de ser um importante método para a realização de previsões, os modelos de difusão podem não ser a melhor forma de prever valores futuros em todas as situações (GOTTARDI; SCARSO, 1994). Meade (1984) destacou vários critérios necessários para adequada aplicação de curvas de crescimento para o desenvolvimento de previsões de mercado:

- a) Validade do modelo: nos modelos de crescimento, o produto em estudo deveria adotado, ao invés de consumido (ou seja, deveria haver limite superior para o nível de saturação da curva);
- b) Validade estatística: testes de significância deveriam ser utilizados para a validação estatísticas das estimativas dos parâmetros do modelo;
- c) Demonstrável capacidade de previsão e de validade: a previsão deveria ser contextualmente plausível e ser acompanhada por um grau de incerteza, geralmente um intervalo de previsão.

Os modelos de difusão exigem ainda que os erros associados à variável aleatória analisada sejam não correlacionados, variem em torno da média zero e tenham variância constante, ou seja, se comportem como ruído branco (isto é, que o resíduo seja uma variável aleatória independente e identicamente distribuída). A hipótese de erros não correlacionados impõe limitações na validade dos modelos, em que os erros são autocorrelacionados e influenciam na evolução do processo (MORETTIN; TOLOI, 1985).

Analisando a literatura, é relativamente fácil encontrar trabalhos em que a aplicação dos critérios para modelos de crescimento é duvidosa (DEKIMPE; PARKER; SARVARY, 1998; MEADE; ISLAM, 2006). Além disso, há uma escassez de estudos focados na validação das previsões realizadas por esses modelos, e de comparações com outros métodos de predição (GOTTARDI; SCARSO, 1994).

Os modelos de difusão e os modelos de Box & Jenkins, particularmente os modelos autorregressivos integrados de médias móveis (ARIMA), são duas técnicas que podem ser aplicadas na realização de previsões. As perspectivas com que elas foram desenvolvidas influenciam nos campos de aplicação: enquanto os modelos de difusão, inicialmente utilizados para descrever fenômenos biológicos, são amplamente utilizados na área de negócios e economia, os modelos ARIMA estão mais relacionados à Matemática e Estatística, apresentando uma ampla gama de aplicações, principalmente de fenômenos relativamente

estabilizados, com razoável quantidade de observações disponíveis (CHRISTODOULOS; MICHALAKELIS; VAROUTAS, 2010; GOTTARDI; SCARSO, 1994).

2.4 SÉRIES TEMPORAIS

Segundo Ehlers (2007) e Box, Jenkins e Reinsel (2008), uma série temporal pode ser definida como um conjunto de observações geradas sequencialmente ao longo do tempo, que podem ser classificadas em discretas (quando as observações são feitas em intervalos de tempo específicos, normalmente equiespaçados) ou contínuas (quando as observações são realizadas continuamente ao longo do tempo). Uma característica intrínseca de uma série temporal é a dependência entre os valores observados no processo.

Em dados observados em sequência, espera-se que ocorra uma correlação entre a observação gerada no instante t e a gerada no instante $t + h$, ocasionando a dependência entre os dados que leva a problemas na aplicação de metodologias estatísticas clássicas, baseadas na hipótese de erros não correlacionados. Assim, técnicas de análise de séries temporais podem ser alternativas para estudar esse tipo de dados.

Morettin e Toloi (1985) afirmam que o objetivo principal das análises de séries temporais é construir modelos, tanto no domínio temporal (modelos paramétricos) como no domínio de frequências (modelos não paramétricos), visando descrever o comportamento da série, investigar o mecanismo gerador ou realizar previsões para valores futuros. Ambos os modelos são denominados processos estocásticos, isto é, são processos controlados por leis probabilísticas.

Dentre os modelos paramétricos está a classe geral de modelos autorregressivos integrados de médias móveis ou modelos de Box & Jenkins, que foram considerados neste trabalho. Duas classes de processos que podem ser descritos pelos modelos ARIMA são os processos lineares estacionários e processos lineares não estacionários homogêneos.

2.4.1. Modelos de Box & Jenkins

Na análise de modelos paramétricos, uma metodologia bastante aplicada é o método de Box & Jenkins. Ele se baseia no ajuste de modelos ARIMA, de ordem p, d, q , ao conjunto de dados ordenados no tempo (MORETTIN; TOLOI, 1985). Esses modelos visam captar o comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre os valores da série temporal, e com base nesse comportamento realizar previsões futuras (WERNER; RIBEIRO, 2003).

Segundo Martins e Werner (2014), a metodologia de Box & Jenkins possibilita identificar diferentes modelos ARIMA, e entre os principais estão: autorregressivos de ordem p (AR), médias móveis de ordem q (MA), autorregressivo de médias móveis de ordem p, q (ARMA) e o próprio ARIMA, o caso mais geral dos modelos de Box & Jenkins.

A construção de modelos Box & Jenkins é baseada em um ciclo iterativo, no qual a seleção da estrutura do modelo é baseada no próprio conjunto de dados. As etapas do ciclo iterativo são:

- a) Especificação: escolha de uma classe geral de modelos a serem analisados;
- b) Identificação do modelo: baseada na análise de autocorrelações, autocorrelações parciais é realizada a determinação dos valores de p, d e q ;
- c) Estimação: os parâmetros do modelo identificado são estimados. Um dos métodos mais utilizados é o Método da Máxima Verossimilhança;
- d) Verificação: aplicação de testes estatísticos para verificar se as pressuposições da Análise de Variância para os modelos estão sendo atendidas.

Posteriormente à etapa de verificação do modelo, caso este não seja adequado, o ciclo iterativo é repetido, voltando-se a etapa de identificação. Geralmente são estimados e verificados não somente um, mas vários modelos.

Se o modelo selecionado é satisfatório, passa-se à última etapa da metodologia de Box & Jenkins e que constitui um dos seus principais objetivos: a previsão. Para isso, uma função de previsão pode ser construída, possibilitando obter os valores de interesse e o erro da previsão.

Alguns operadores são frequentemente aplicados nos modelos de Box & Jenkins (MORETTIN; TOLOI, 1985):

- a) operador translação para o passado, denotado por B e definido por:

$$BZ_t = Z_{t-1}, B^m Z_t = Z_{t-m}; \quad (2)$$

- b) operador translação para o futuro, denotado por F e definido por:

$$FZ_t = Z_{t+1}, F^m Z_t = Z_{t+m}; \quad (3)$$

- c) operador diferença:

$$\Delta Z_t = Z_t - Z_{t-1} = (1 - B)Z_t; \quad (4)$$

$$\Delta = 1 - B; \quad (5)$$

d) operador soma, inverso do operador diferença, denotado por S e definido por:

$$SZ_t = \sum_{j=0}^{\infty} Z_{t-j} = Z_t + Z_{t-1} + \dots + (1 + B + B^2 + \dots)Z_t; \quad (6)$$

$$SZ_t = (1 - B)^{-1}Z_t = \Delta^{-1}Z_t; \quad (7)$$

$$S = \Delta^{-1} \quad (8)$$

Um modelo ARIMA (p,d,q) , considerando que a série passou diferenciação para se tornar estacionária, geralmente é dado pela seguinte forma (9):

$$W_t = \phi_1 w_{t-1} + \dots + \phi_p w_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (9)$$

em que $t =$ índice do tempo e $W_t = \Delta^d Z_t = Z_t - Z_{t-1} = d$ -ésima diferença da série de interesse Z_t .

2.4.2. Processos lineares estacionários

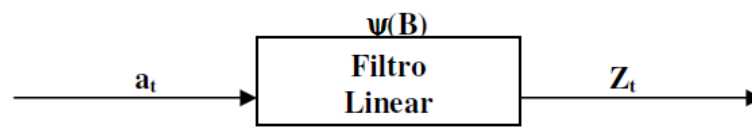
Uma das condições para a aplicação da metodologia de Box & Jenkins é o requisito de estacionariedade da série temporal Z_t (WERNER; RIBEIRO, 2003). Processos estacionários são baseados na suposição de que o processo linear estacionário se desenvolve no tempo de modo que suas propriedades probabilísticas não mudem ao longo do tempo, em especial, variando em torno de média e variância constantes (BOX; JENKINS; REINSEL, 2008).

Segundo Box, Jenkins e Reinsel (2008), os modelos ARIMA são baseados na ideia de que uma série temporal Z_t em que valores sucessivos altamente dependentes são observados pode ser gerada a partir de um filtro linear (FIGURA 3), cuja entrada é constituída por uma série de ruídos brancos a_t . O processo é representado por:

$$Z_t = \mu + a_t + \psi_1 a_{t-2} + \dots = \mu + \psi(B)a_t, \quad (10)$$

em que μ é o parâmetro que determina o nível do processo e $\psi(B) = 1 + \psi_1 B + \psi_2 B^2 + \dots$ é a função de transferência do filtro. Se a sequência $\psi_1 + \psi_2 + \dots$ é finita ou infinita e somável, o filtro é estável e o processo Z_t é estacionário. O parâmetro μ é a média em torno da qual o processo varia, caso contrário Z_t é não estacionário.

Figura 3 - Processo linear geral



Fonte: Adaptado de Box, Jenkins e Reinsel (2008)

Três modelos são casos específicos do processo linear geral:

2.4.1.1. Modelos autorregressivos $AR(p)$:

O processo autorregressivo $AR(p)$ é definido como aquele em que os valores atuais são descritos pelos valores passados e pelo ruído branco a_t :

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + a_t, \quad (11)$$

no qual $\tilde{Z}_t = Z_t - \mu$, $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ são parâmetros autorregressivos.

Se o operador autorregressivo estacionário de ordem p for definido, (11) pode ser reescrito por:

$$\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p, \quad (12)$$

logo,

$$\phi(B)\tilde{Z}_t = a_t \quad (13)$$

em que $\phi(B)$ é o operador autorregressivo, $\phi(B) = (1 - \phi_1 B^1 - \dots - \phi_p B^p)$.

2.4.1.2. Modelos média-móveis MA(q):

No processo de médias-móveis de ordem q , os valores atuais dependem da combinação entre os ruídos brancos a_t do período atual com aqueles prévios. Ele pode ser representado por:

$$\tilde{Z}_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}, \quad (14)$$

e reescrito usando o operador de média-móvel de ordem q :

$$\tilde{Z}_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q) a_t, = \theta(B) a_t \quad (15)$$

em que $\theta(B)$ = operador de médias móveis, $\theta(B) = (1 - \theta_1 B^1 - \dots - \theta_q B^q)$.

2.4.1.3. Modelos autorregressivos média-móveis ARMA(p, q):

A combinação dos modelos AR (p) e MA (q) gera os modelos ARMA (p, q), dados pela seguinte forma:

$$\tilde{Z}_t = \phi_1 \tilde{Z}_{t-1} + \phi_2 \tilde{Z}_{t-2} + \dots + \phi_p \tilde{Z}_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (16)$$

ou então:

$$\phi(B) \tilde{Z}_t = \theta(B) a_t \quad (17)$$

2.4.3 Processos lineares não estacionários

Segundo Morettin e Toloi (1985), modelos lineares não estacionários são baseados em processos lineares não estacionários homogêneos, ou seja, aqueles que não apresentam comportamento explosivo e que, ao passarem por um processo finito de diferenciações d

(geralmente uma ou duas), tornam-se estacionários. Esses processos são bem descritos pelos modelos ARIMA de ordem (p, d, q) .

Os modelos ARIMA são modelos apropriados para descrever séries não estacionárias. A série pode oscilar ao redor de um nível médio por um tempo e depois saltar para outro nível temporário, ou seja, ser não estacionária quanto ao nível, e/ou oscilar em uma direção por um tempo e depois mudar para outra direção, sendo não estacionária quanto a inclinação (WERNER; RIBEIRO, 2003). Entretanto, para aplicar o método de Box & Jenkins, há a exigência que a série seja estacionária, sendo necessária a transformação dos dados originais, o que geralmente consiste na realização de d diferenciações na série, e na maioria dos casos $d=1$ ou $d=2$ são suficientes para tornar as séries estacionárias homogêneas.

2.4.4 Teste de Dickey-Fuller para estacionariedade

Para verificar a não estacionariedade de uma série, o comportamento dos dados ao longo do tempo pode ser analisado graficamente ou então por meio da aplicação de testes estatísticos de raiz unitária, sendo mais comumente utilizados o teste de Dickey-Fuller (DICKEY; FULLER, 1979) e o subsequente teste de Dickey-Fuller aumentado (ADF) (DICKEY; FULLER, 1981). O teste ADF é um teste para a raiz unitária em uma série temporal em que o modelo é dado pela equação (18):

$$\partial Y_t = \alpha + \beta t + \rho Y_{t-1} + \partial_1 Y_{t-1} + \partial_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (18)$$

em que α é a constante, β representa a tendência, ρ é a ordem do processo autorregressivo e ε_t é a sequência de variáveis aleatórias independentes com distribuição Normal.

O teste de Dickey-Fuller aumentado aplica (18) para construir uma estatística semelhante a estatística t para testar a hipótese de que a série possui raiz unitária. Se há uma raiz unitária na série, a série temporal é não é estacionária; de outra forma, deve ser estacionária.

$$\begin{cases} H_0 : \rho = 1, \text{ a série é não estacionária;} \\ H_1 : \rho < 1, \text{ a série é estacionária.} \end{cases}$$

2.4.5 Estimação dos modelos

Com a identificação de um modelo para a série temporal estacionária, através da análise das autocorrelações e autocorrelações parciais estimadas, e obtenção dos valores de p , d e q e das estimativas preliminares dos parâmetros, a etapa seguinte consiste na estimação do valor do vetor dos parâmetros $\xi = (\phi, \theta, \sigma_a^2)$.

De acordo com Morettin e Toloi (1985), um procedimento iterativo de estimação de métodos quadrados não linear será necessário, utilizando-se as estimativas encontradas na fase de identificação como os valores iniciais para a obtenção das estimativas preliminares dos parâmetros do modelo identificado, a serem utilizadas no processo iterativo de estimação de máxima verossimilhança.

O método da máxima verossimilhança é um dos métodos utilizados para a estimação dos parâmetros $p + q + 1$ dos modelos ARIMA para uma série temporal. Dada uma série Z_t , os estimadores da máxima verossimilhança de ξ são os valores que maximizam a função de verossimilhança $L(\xi | Z_t)$ ou $l = \log L$.

Para que os estimadores de Máxima Verossimilhança possam ser estimados, deve-se supor que o processo a_t seja normal, ou seja, para cada t , $[a_t \sim N(0, \sigma_a^2)]$.

Informações mais detalhadas podem ser encontradas em Morettin e Toloi (1985).

2.4.6 Critério de Akaike para a seleção dos modelos

Durante a aplicação da metodologia de Box & Jenkins, vários modelos podem ser identificados e estimados, e um dos métodos utilizados para a seleção dos modelos é o Critério de Akaike (AIC). Akaike (1973) sugere que o melhor modelo é aquele cujas ordens de p e q minimizem o valor de AIC, que pode ser calculado por:

$$N \log \hat{\sigma}_a^2 + 2(k + l + 2) \quad (19)$$

em que $\hat{\sigma}_a^2$ é o estimador de máxima verossimilhança de σ_a^2 , $0 \leq k \leq p$ e $0 \leq l \leq q$.

2.4.7 Testes para verificação dos modelos

Após a seleção do melhor modelo, é necessário verificar se ele representa ou não, de forma adequada, os dados em análise. Para a verificação da ausência de correlação serial, ou seja, para averiguar se os resíduos se comportam como ruído branco, pode ser realizada a análise do gráfico da função de autocorrelação dos resíduos e aplicado o teste de Ljung-Box (LJUNG; BOX, 1978).

A Normalidade dos resíduos, necessária para a estimação do intervalo de confiança e para a realização dos testes de significância, pode ser analisada no histograma com a normal superposta e no gráfico de probabilidades normais (*qq plot*) e testada através do teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965).

2.4.7.1 Teste de Shapiro-Wilk

O teste de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) testa a hipótese de que uma amostra de dados (y_1, y_2, \dots, y_n) vem de uma população que segue distribuição Normal. A estatística do teste é definida por:

$$W = \frac{\left(\sum_{i=1}^n a_i y_i\right)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (20)$$

em que y_i é a i -ésima observação do conjunto de dados, \bar{y} é a média da amostra e um a_i é dado por:

$$(a_1, \dots, a_n) = \frac{m^T V^{-1}}{\left(m^T V^{-1} V^{-1} m\right)^{1/2}} \quad (21)$$

em que $m = (m_1, \dots, m_n)^T$ são os valores das ordens estatísticas esperadas das variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas amostradas de uma distribuição Normal padrão e V é a matriz de covariância dessas ordens estatísticas.

Os valores de W situam-se entre 0 e 1, valores pequenos de W levam a rejeição da hipótese de normalidade, em que valores próximos de 1 indicam a normalidade dos dados (RAZALI; WAH, 2011).

2.4.7.2 Teste de Ljung-Box

O teste de Ljung-Box (LJUNG; BOX, 1978) é baseado na estatística Qui-Quadrado e testa a hipótese que os desvios de uma série de dados são independentes e identicamente distribuídos, ou seja, que não há correlação serial. Esse teste foi introduzido por Box e Pierce (BOX; PIERCE, 1970), na seguinte forma:

$$Q_m = T \sum_{k=1}^m \rho^2(k) \quad (22)$$

em que T é o tamanho amostral, m é o número de autocorrelações das defasagens incluídas na estatística e $\rho^2(k)$ é a autocorrelação quadrada amostral na defasagem k . Ljung e Box (1978) modificaram (22) para:

$$Q_m = T(T-2) \sum_{k=1}^m \frac{\rho^2(k)}{T-k} \quad (23)$$

que proporciona um melhor ajuste para amostras pequenas.

3 OBJETIVOS

Nesta seção, serão apresentados os objetivos gerais e específicos do presente trabalho.

3.1 OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral do trabalho foi analisar e modelar a difusão do número de certificações ISO 14001 emitidas para organizações nos países do continente americano entre os anos de 1996 a 2014.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos do trabalho foram:

- a) Analisar a evolução e difusão das emissões de certificações ISO 14001 no continente;
- b) Verificar se há diferenças nos padrões de evolução no número de certificados entre os países e entre os setores econômicos do continente;
- c) Avaliar a relação entre a importância da Gestão da Qualidade e da Gestão Ambiental nos países e setores econômicos no continente, por meio da comparação entre o número de certificados ISO 9001 e ISO 14001 emitidos;
- d) Propor modelos de previsão para o número de certificações ISO 14001 emitidas nos países do continente por meio da análise de séries temporais.

4 METODOLOGIA

Este trabalho utilizou as seguintes metodologias: retrospectivo, observacional e modelagem estatística via modelos de previsão.

4.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica sobre a evolução e difusão das certificações ISO 14001 nos países e setores econômicos dos países do continente americano, com análise e modelagem dos dados ISO 14001 dos anos de 1996 a 2014. A descrição dos materiais e métodos utilizados está apresentada a seguir.

4.1.1 Dados

Os dados de ISO 14001 utilizados na execução do trabalho foram obtidos em ISO (2000) e ISO (2015). Foi avaliado o número de certificações emitidas para países do continente americano entre os anos de 1996 a 2014, apresentados no Anexo A.

Para analisar a evolução da certificação ISO 14001 nas Américas, foram selecionados os 13 países do continente, que apresentaram número de certificações ISO 14001 superiores a 50 nos anos de 2013 e 2014 (Figura 4), representativos de quase 99% do total de certificados emitidos no continente a cada ano. Esta escolha se justificou pelo fato de que países que apresentaram desempenho abaixo do mínimo estabelecido foram considerados não representativos para a análise da difusão dessa certificação na região. Além disso, a natureza da análise qualitativa e quantitativa, assim como o ajuste dos modelos de previsão torna difícil trabalhar com uma grande quantidade de países, sendo selecionados apenas aqueles com considerável relevância para a região.

Figura 4 – Distribuição do número de certificados ISO 14001 no Continente americano em 2014 e países com mais de 50 certificados nos anos de 2013-2014.



Fonte: Adaptado de ISO (2015)

4.1.2 Análise da evolução e difusão da ISO 14001 na América

A análise quantitativa e qualitativa da evolução do número de certificações ISO 14001 no continente americano foi realizada através de revisão bibliográfica e avaliação dos dados do número de certificados emitidos, obtidos em ISO (2000) e ISO (2015).

Inicialmente, foi realizada a análise gráfica do número de certificados emitidos e do crescimento anual absoluto de novas certificações no continente. Também em relação à América, foi realizada a avaliação da participação do continente no total de certificados em relação às outras regiões do mundo.

A avaliação em nível de país foi realizada através da análise visual das curvas de evolução no número de certificados dos países selecionados no continente. Um Índice de Intensidade de Certificação (*iI4*), baseado em Marimon, Casadesús e Heras-Saizarbitoria (2010) foi calculado para os países selecionados do continente visando comparar o esforço que cada país vem demonstrando para difundir a norma ISO 14001 (24). Baseado no *iI4* foi realizada uma análise dos fatores que vêm motivando ou dificultando a difusão da ISO 14001 entre os países.

$$iI4 = \frac{\text{Número de certificados ISO 14001 emitidos no país}}{\text{PIB per capita do país}} \quad (24)$$

No diagnóstico da evolução entre os setores econômicos no continente, foi realizada uma análise descritiva dos setores com os maiores números de certificações no ano de 2014, baseados nos dados obtidos em ISO (2015). Com base nestes dados, foi realizada também uma análise da difusão da ISO 14001 entre os setores econômicos dos países, visando avaliar se a difusão entre os setores ocorria de forma homogênea ou heterogênea nos países do continente.

Por fim, na avaliação da relação entre o número de certificados ISO 9001 e ISO 14001 entre os países e setores econômicos mais relevantes, foi calculada a razão entre o número de certificados ISO 9001 e ISO 14001 por ano, entre os anos de 1999 e 2014 para os países e de 2009 a 2014 para os setores, realizando-se a análise gráfica da evolução do comportamento dessa relação no continente americano.

4.1.3 Modelos de previsão

Diversos trabalhos relacionados à modelagem dos dados do número de certificações para a norma ISO 14001 (assim como para a ISO 9001) têm utilizado funções logísticas para descrever e prever a evolução dessas certificações. No entanto, para os dados da ISO 14001 dos países do continente americano analisados, esses modelos não se mostraram adequados por não satisfazerem às pressuposições da Análise de Resíduos, devido a presença de autocorrelações entre os resíduos das observações. Visto que a série das certificações ISO 14001 representa um conjunto de observações observadas no tempo, optou-se por aplicar técnicas de séries temporais.

Na análise temporal, primeiramente, realizou-se a análise visual dos gráficos das séries originais do número de certificações ISO 14001 nos 13 países selecionados (Argentina, Bolívia, Brasil, Canadá, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, Estados Unidos, México, Peru, Uruguai e Venezuela) anos de 1996 a 2014, totalizando 19 observações em cada série.

A metodologia utilizada para o ajuste dos modelos de previsão de Box & Jenkins seguiu os seguintes passos:

- a) Análise do gráfico original da série para detecção de tendência (estacionariedade ou não estacionariedade), sazonalidade e da necessidade retirada de observações (quando julgou-se necessário) e/ou de estabilização da variância da série por meio de transformações;
- b) Aplicação do teste aumentado de Dickey-Fuller (ADF) para raiz unitária ao nível de significância de 5% (DICKEY; FULLER, 1981), implantado no pacote “*tseries*” do software *R* (TRAPLETTI; HORNIK, 2015);
- c) Realização da diferenciação para retirar a tendência e estabilizar as séries;
- d) Análise das funções de autocorrelação (FAC) e autocorrelação parcial (FACp) da série para a identificação dos modelos;
- e) Estimação dos parâmetros dos modelos e diagnóstico dos resíduos por meio da análise dos gráficos da FAC e FACp dos resíduos para verificar se os resíduos se comportavam como ruído branco. Aplicação dos testes de Shapiro-Wilk e Ljung-Box ($\alpha \geq 0,05$), para testar, respectivamente, as hipóteses de normalidade e independência dos resíduos do modelo;
- f) Aplicação do Critério de Informação de Akaike (AIC) para a seleção do melhor modelo;
- g) Realização das previsões para o número de certificados emitidos nos anos 2015 e 2016 e verificação da qualidade do modelo ajustado através da retirada do dado do número de certificações ISO 14001 correspondente ao último ano disponível (2014). Para essas previsões foi utilizado o pacote “*forecast*” do software *R* (HYNDMAN, 2015);
- h) Para verificar a qualidade da previsão, foi realizada a previsão com o modelo selecionado retirando-se o dado correspondente ao último ano (2014) e verificando se o valor estimado para a série estava contido no Intervalo de Confiança 95% desse ajuste, ou seja, se aproximava do valor real.

As análises e ajustes dos modelos foram realizados utilizando-se o Sistema Computacional Estatístico R, conforme *R Development Core Team* (2015).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

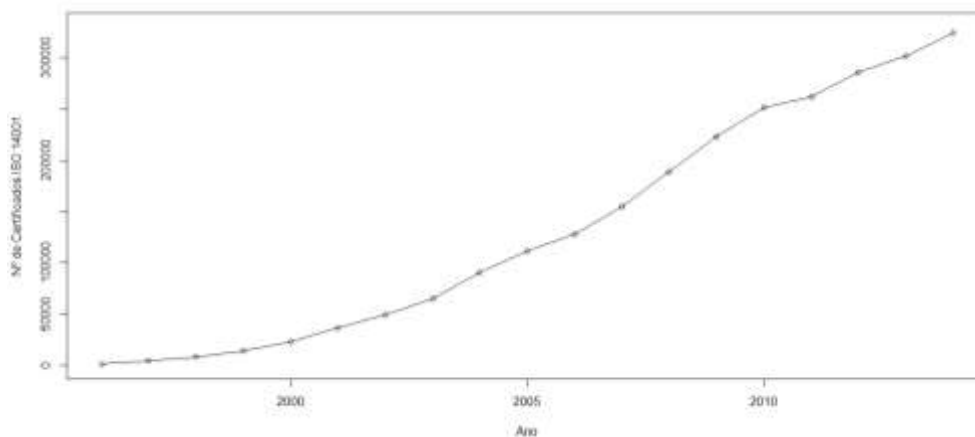
Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos nas análises e no ajuste dos modelos de previsão.

5.1 EVOLUÇÃO NO NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES ISO 14001

A norma ISO 14001 é um dos padrões mais utilizados atualmente pelas organizações para a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), aplicado para mediar a conduta entre empresa e meio ambiente (GONZÁLEZ-BENITO; LANNELONGUE; QUEIRUGA, 2011). O número de companhias que têm tido suas estruturas certificadas, a exemplo do padrão ISO 9001, vem crescendo mundialmente de forma constante, mostrando a consolidação da ISO 14001 entre gestores organizacionais.

Na Figura 5, que apresenta o comportamento da evolução no número mundial de certificações, pode-se observar que o número de certificações se mantém ascendente, apesar do período de instabilidade econômica ocorrido em algumas regiões no final da década de 2000. Os últimos dados disponíveis indicam que ao longo do ano de 2014, foram emitidas 324148 certificações em um total de 170 países, o que representa um número superior a três vezes a quantidade de certificações emitidas em 2004, em que foram contabilizados 90554 certificados (ISO, 2015).

Figura 5 - Evolução no número de certificações ISO 14001 emitida no mundo entre os anos de 1996 e 2014



Fonte: ISO (2000) e ISO (2015)

A distribuição das certificações ISO 14001 ao redor do mundo é, no entanto, bastante desigual. Os dez países com maior número de certificações (Tabela 1) concentravam mais de 70% do total mundial de certificados ISO 14001 em 2014. Analisando o *ranking*, é possível observar também que esses países eram majoritariamente asiáticos (China, Japão e Índia) e europeus (Itália, Reino Unido, Espanha, Romênia, Alemanha e França), pertencentes às duas regiões que concentravam os maiores volumes de certificados emitidos no mundo, com apenas um país pertencente ao continente americano, os Estados Unidos (EUA), na 9ª posição.

Tabela 1 - Os 10 países com maior número de certificações ISO 14001 no mundo em 2014

Posição	País	Número de certificados
1	China	117758
2	Itália	27178
3	Japão	23753
4	Reino Unido	16685
5	Espanha	13869
6	Romênia	9302
7	França	8306
8	Alemanha	7708
9	<i>Estados Unidos</i>	6586
10	Índia	6446
-	Outros	86557

Fonte: ISO (2015)

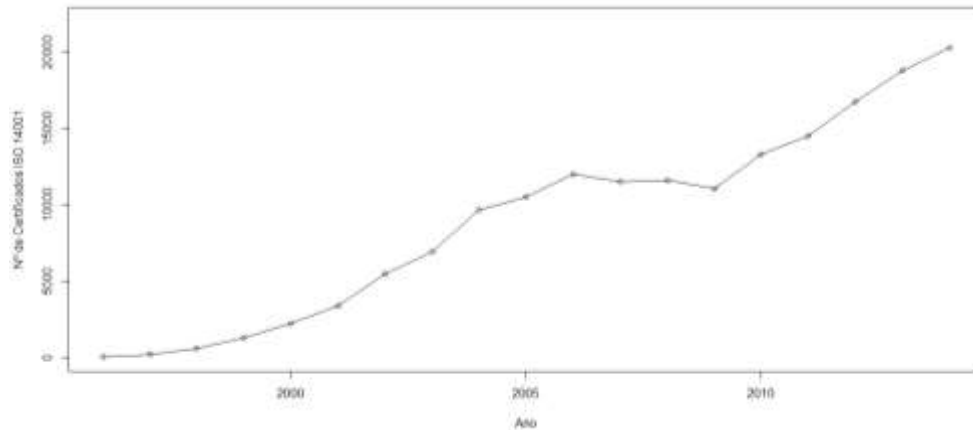
Observando-se a Tabela 1, nota-se o destaque de países emergentes como China, Romênia e Índia, com a China sendo o país com maior número de certificados ISO 14001 emitidos no mundo. Este elevado volume de certificados emitidos para companhias chinesas pode ser explicado por diferentes fatores, relacionados principalmente a pressões externas, como a ideia de melhorar a imagem internacional de um país com sérios problemas ambientais (BOIRAL, 2010).

5.1.1 Evolução no número de certificações ISO 14001 do continente americano

Especificamente em relação ao continente americano, o número de certificações ISO 14001 ainda está em crescimento, apesar da queda no volume de certificados emitidos nos anos de 2007 e 2009 (FIGURA 6). No final de 1996, ano em que a ISO 14001 foi lançada, o total de certificados na região era de apenas 54 (ISO, 2000). No ano de 2006, dez anos após a

divulgação da norma, o número de certificados emitidos foi de 12028 e em 2014 esse número quase dobrou, sendo concedidas 20282 certificações no total (ISO, 2015). O comportamento da evolução da ISO 14001 nos países americanos está apresentado na Figura 6.

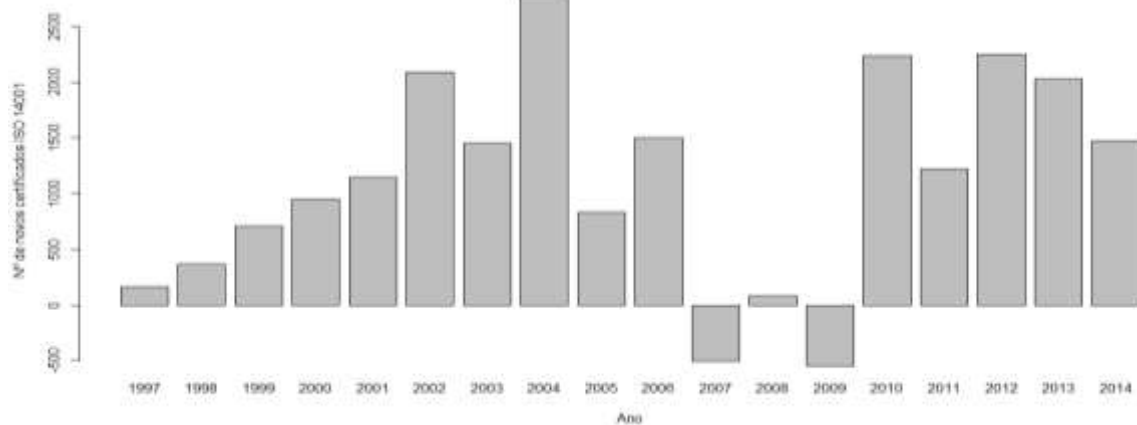
Figura 6- Evolução no número de certificações ISO 14001 emitida no continente americano entre os anos de 1996 e 2014.



Fonte: ISO (2000) e ISO (2015)

A oscilação no número de certificações nos países da América pode ser também observada na Figura 7, que mostra o número de novas certificações ISO 14001 por ano no continente. No ano de 2005, o número de novas certificações apresentou um baixo crescimento em relação ao ano anterior, e uma das hipóteses é que esse fenômeno estaria relacionado ao processo de revisão da norma ISO 14001 em 2004, que gerou um período de transição para a adoção da nova versão, e teria afetado negativamente o número de adoções, a exemplo da queda ocorrida durante a transição da ISO 9001:1994 para a ISO 9001:2000 (FRANCESCHINI et al., 2010; JØRGENSEN; REMMEN; MELLADO, 2006). Na Figura 7 observa-se também que o primeiro decréscimo no número de certificações em relação ao ano anterior, no continente americano, ocorreu em 2007, sendo observado um crescimento mínimo no ano seguinte (2008), seguido novamente por um comportamento negativo no número de novas certificações em 2009.

Figura 7- Crescimento anual em números absolutos no número de novas certificações ISO 14001 nos países do continente americano (1997-2014)



Fonte: ISO (2000) e ISO (2015)

Uma das possíveis causas desse decréscimo foi a crise econômica mundial ocorrida no período, que provocou sérios impactos nas economias internas e afetando o comércio internacional e como consequência, levou a diminuição do PIB mundial, refletindo a redução na produção econômica mundial (THE WORLD BANK, 2015). Essa queda na produção estava relacionada à forte diminuição nos investimentos no processo de produção, devido à falta de crédito dos bancos privados e à falta de confiança dos empresários na economia. Isso também possivelmente levou gestores a adiarem a decisão de implantar SGAs, uma exigência para a obtenção da certificação ISO 14001, visto que a certificação é voluntária e o processo de implantação envolve grandes custos monetários e exige esforço entre os membros da organização. Entretanto, após o pico da crise, o crescimento no número de certificados foi retomado, com muitas organizações realizando a certificação de suas plantas, como também pode ser observado na Figura 7.

A ISO 14001 foi implantada por organizações na maior parte dos países do continente americano, estando presente nos três subcontinentes, América do Norte, América Central e América do Sul. Na região, Estados Unidos, Colômbia e Brasil se sobressaem como as nações onde as organizações obtiveram o maior número de certificações nos últimos anos (Tabela 2), representando em conjunto mais de 60% do total emitido em todo o continente no ano de 2014 (ISO, 2015).

Tabela 2 - Os 10 países com maior número de certificações ISO 14001 na América 2014 (continua)

Posição	País	Número de certificados
1	Estados Unidos	6586
2	Colômbia	3453
3	Brasil	3222

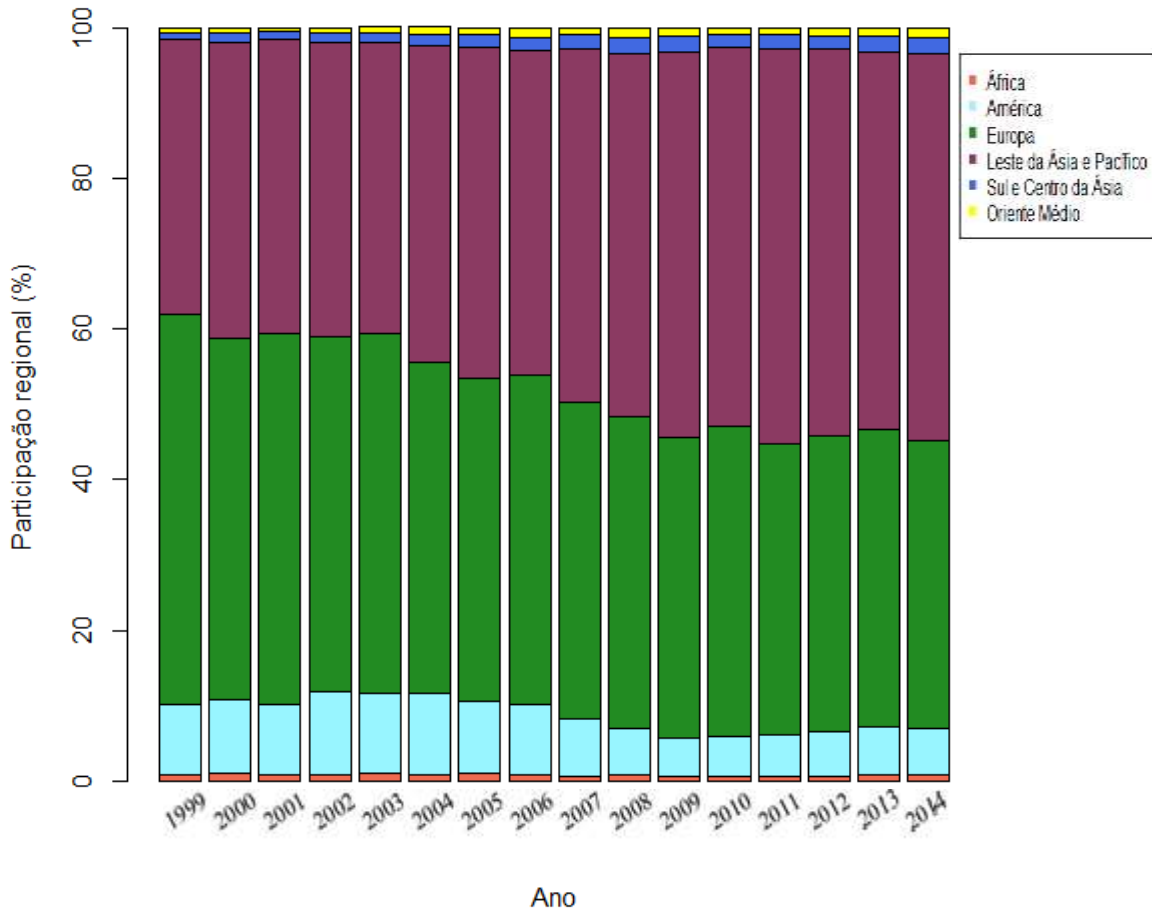
Tabela 3 - Os 10 países com maior número de certificações ISO 14001 na América em 2014 (conclusão)

Posição	País	Número de certificados
4	Canadá	2101
5	México	1452
6	Argentina	1341
7	Chile	967
8	Peru	353
9	Equador	189
10	Uruguai	147
-	Outros	471

Fonte: ISO (2015)

Embora o número de certificações ISO 14001 no continente americano esteja relativamente em constante crescimento, a participação dos países da América no total mundial de certificados, que em 2014 correspondia a 6,2% do total, parece estar se reduzindo nos últimos anos (Figura 8).

Figura 8- Evolução ao longo do tempo na participação regional na porcentagem de certificados no mundo (1999-2014)



Fonte: ISO (2015)

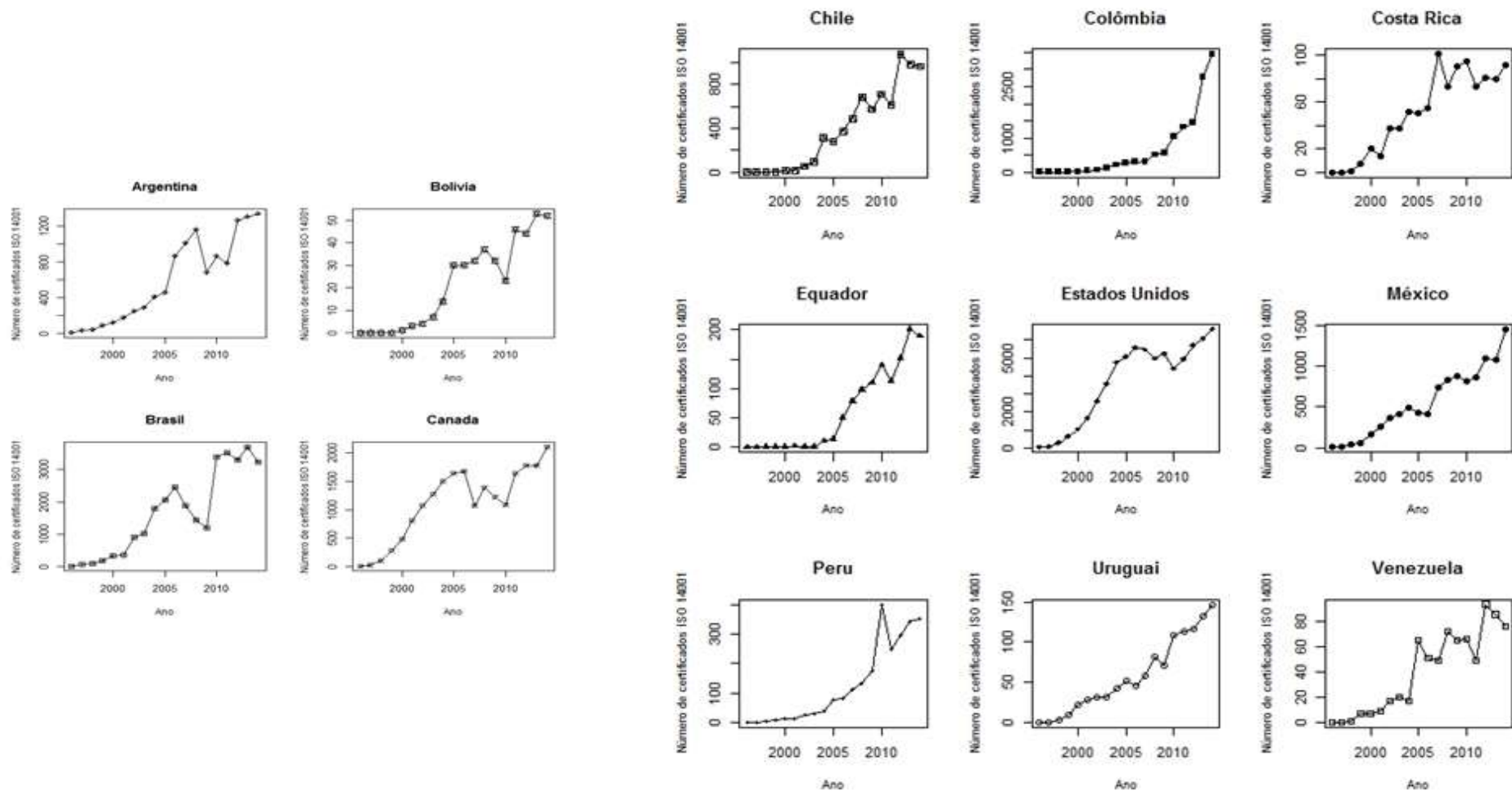
Entretanto, essa queda, a exemplo da redução percentual do continente europeu, pode estar relacionada ao rápido e intenso crescimento entre os países do Leste Asiático e do Pacífico, com destaque para a China, que estão demonstrando recentemente grande interesse em certificações internacionais como a ISO 14001, principalmente devido à pressões comerciais (ALBUQUERQUE; BRONNENBERG; CORBETT, 2007; FRANCESCHINI et al., 2010).

5.1.2 Evolução em nível de países do continente americano

Na análise da evolução em nível de países, é importante notar que, assim como na escala global, há uma grande heterogeneidade no número de certificados ISO 14001 emitidos por ano entre os países selecionados do continente americano, refletindo diferentes comportamentos de evolução da ISO 14001 (Figura 9). É interessante observar, em geral, entre os países que apresentam os maiores números de certificações, um comportamento semelhante à uma curva sigmoideal, que é utilizada para descrever o processo de difusão de novas inovações, o que reafirma, assim como proposto por diferentes autores como Franceschini et al., 2004, Casadesús; Marimon e Heras- Saizarbitoria (2008) e To e Lee (2014), entre outros, que a disseminação da ISO 14001 segue o comportamento da evolução de outras inovações e padrões de gestão (ISO 9001). Em relação aos países com menor número de novas certificações, observa-se que a difusão da ISO 14001 teve início tardio em relação a outros países e mostra tendência de ainda estar nas primeiras etapas, com o crescimento com tendência exponencial, devido a não sincronia entre os processos de difusão entre os países no continente.

Analisando-se visualmente as curvas de evolução das certificações ISO 14001 na Figura 9, observa-se que todos os países selecionados vêm apresentando comportamento crescente no número de certificações, ou seja, aparentemente nenhum dos países está na fase de maturidade, em que o número de certificações se torna constante ano a ano. Observa-se também que a maioria dos países sofreu alguma instabilidade no número de certificações no final da década de 2000, provavelmente relacionada à Crise Econômica Mundial, o que refletiu na queda no total de certificações do continente.

Figura 9- Evolução no número de certificações ISO 14001 emitida nos países selecionados do continente Americano entre os anos de 1996 e 2014.



Fonte: ISO (2015)

Assim como nas demais regiões do mundo, a evolução das certificações emitidas ao longo do tempo nos países do continente americano não foi um fenômeno sincronizado, com alguns países implantando o SGA desde a introdução da norma em meados da década de 1990 e enquanto em outros o interesse em certificar se intensificou apenas nos últimos anos. Analisando visualmente o comportamento da evolução no número de certificações nos países (Figura 9), observa-se que as organizações de países como Estados Unidos e Canadá apresentaram interesse em certificar suas estruturas ainda durante a década de 1990, na época da introdução da norma, enquanto a ISO 14001 parece só ter sido difundida mais amplamente na década de 2000 entre os países latino-americanos. Esse comportamento mostra que, assim como outras inovações, a norma de gestão ambiental ISO 14001 também apresentou o comportamento esperado, difundindo primeiramente em países desenvolvidos com mais recursos e posteriormente, com a globalização, nos países emergentes e em desenvolvimento (TO; LEE, 2014).

O comportamento das curvas da evolução nas certificações emitidas nos países da América (Figura 9) possibilita ainda observar que países com grande número de certificados em 2014, como Estados Unidos, Canadá e em menor escala, Brasil, vem adotando a norma ISO 14001 desde a sua introdução, apresentando comportamento inovador quanto ao padrão, dentro do continente. Por sua vez, a exemplo da maioria dos países em desenvolvimento, nações como Colômbia, Chile, Equador e Peru podem ser considerados adotantes tardios, pois atingiram o máximo interesse em certificar apenas nos últimos anos, mas vem apresentando bons números de certificações. Nesse último cenário, a Colômbia vem se destacando como um país onde que as companhias passaram a adotar mais intensamente a ISO 14001 apenas nos últimos dez anos, mas já era o segundo país com maior número de certificações no continente em 2014, atrás apenas dos Estados Unidos.

5.1.3 Intensidade de Certificação ISO 14001

Para uma análise mais detalhada da evolução da ISO 14001 em nível de país, paralelamente à análise dos números absolutos da certificação, é interessante dimensionar o número de certificados emitidos considerando o potencial econômico do país, com o objetivo de melhor confrontar nações com economias com capacidades diferentes. Para essa finalidade, um Índice de Intensidade de Certificação foi criado por Casadesús, Marimon e Heras-Saizarbitoria (2008), usando a relação entre o número de certificados ISO 14001 ou ISO 9001 no país e o Produto Interno Bruto (PIB) daquele país.

Entretanto, devido às flutuações nos preços e nas moedas de cada país, o que dificulta comparações internacionais utilizando-se o PIB, Casadesús, Marimon e Heras-Saizarbitoria (2008) sugeriram também que a melhor alternativa seria utilizar o número de companhias ou de plantas industriais ao invés do PIB, o que é, no entanto, inviabilizada, pela dificuldade de acesso a esses dados. Neste trabalho, propôs-se utilizar o PIB *per capita* (PIB_{pc}), que consiste no Produto Interno Bruto dividido pelo número de habitantes do país (THE WORLD BANK, 2015). Esse indicador é amplamente utilizado internacionalmente para a comparação do padrão de renda entre países, apesar de não incorporar a desigualdade de renda.

Com o objetivo de comparar o número de certificados ISO 14001 emitidos nos países do continente americano, os valores foram dimensionados através da relação entre o número de certificações ISO 14001 do país no ano e o PIB_{pc} nacional do mesmo ano, gerando o valor de *i14*. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 4- ISO 14001/PIB_{pc} para os países do continente Americano (2010-2014)

País/Ano	ISO14001/PIB _{pc} *				
	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	76,595	58,334	87,832	89,445	106,695
Bolívia	11,609	19,358	16,664	18,012	16,070
Brasil	304,834	269,663	276,783	315,514	283,013
Canadá	22,902	31,390	33,717	33,935	41,793
Chile	55,846	42,312	70,804	62,700	66,560
Colômbia	166,223	182,214	182,751	347,036	436,872
Costa Rica	11,896	8,144	8,322	7,647	8,737
Equador	30,060	21,634	26,572	33,321	29,894
Estados Unidos	91,103	99,575	110,753	114,590	120,558
México	91,181	88,178	112,745	104,992	141,933
Peru	79,307	43,271	46,175	51,959	53,886
Uruguai	9,047	7,977	7,734	7,820	8,746
Venezuela	4,860	4,556	7,282	6,930	4,574

Fonte: ISO (2015) e The World Bank (2015). *PIB_{pc} expresso por 1mil habitantes.

Apesar dos índices da Tabela 3 não permitirem inferir sobre a evolução dessa intensidade de certificações ISO 14001 ao longo dos anos dentro de cada país, por depender de duas variáveis, o PIB e o número de habitantes, fatores que, assim como a ISO 14001, variam ao longo do tempo, eles possibilitam comparar o empenho das empresas de diferentes países em buscar a certificação dentro de um mesmo ano.

Na comparação entre países, a Colômbia é o país cujas organizações vêm demonstrando maior interesse relativo em certificar desde 2013, embora os Estados Unidos apresentem maiores números absolutos de certificações. Observa-se também que os Estados Unidos, embora possuam o maior número de certificados entre os países do continente, apresentavam em 2014 um *i14* menor do que países como Colômbia, Brasil e México, o que mostra que o número de certificados ISO 14001 poderia não refletir o empenho do país em adotar a norma de gestão ambiental, em relação ao tamanho da sua economia. Na América Latina, além da Colômbia, destacam-se Brasil, México, Argentina. Os três países estão entre as nações com o maior número de certificados ISO 9001 obtidos nos últimos anos (ISO, 2015), o que mostra que esse pode também ser um fator positivo para a difusão do número de certificações ISO 14001 nesses países.

No continente americano, os Estados Unidos apresentam um comportamento particular. Eles são o país com a maior economia mundial, com um Produto Interno Bruto (PIB) que correspondia a aproximadamente 22% do total do PIB mundial em 2014, lideram o comércio mundial de mercadorias, ao lado da China e estavam entre os países com o maior Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), ocupando a 5ª posição em 2013 (MALIK et al., 2014; THE WORLD BANK, 2015; WORLD TREND ORGANIZATION, 2014). Entretanto, os EUA não apresentam o maior índice *i14* no continente (Tabela 3), o número absoluto de certificados é baixo em comparação a países desenvolvidos europeus e da Ásia, como o Japão, e muitas das decisões de certificar dentro dos Estados Unidos foram feitas por companhias estrangeiras (BANSAL; BOGNER, 2002; DELMAS, 2002).

O ambiente institucional desfavorável ao desenvolvimento da ISO 14001 nos Estados Unidos é apontado por Delmas (2002) como um dos principais fatores limitantes do crescimento no número de certificações no país. Segundo Delmas (2002), ao contrário dos países europeus, o ambiente institucional dos Estados Unidos é caracterizado por um “um comando muito sofisticado e um sistema de controle de regulações que a ISO 14001 teria dificuldade para encontrar espaço”. Além disso, a falta de experiência anterior nos procedimentos para implantação de SGA, de informações sobre a ISO 14001 e de apoio das autoridades, também estariam desfavorecendo o crescimento nas adoções do padrão ISO 14001 no país (KOLLMAN; PRAKASH, 2002).

Ao contrário de outros países desenvolvidos, principalmente da Europa, onde a relação amistosa entre órgãos reguladores e companhias beneficia o alto no número de adoções ISO 14001, as companhias nos Estados Unidos não estariam interessadas em implantar a norma por temer a exposição de seu desempenho ambiental ao público e a descoberta de violações

regulatórias durante o processo de certificação do SGA, devido à falta de confiança nos órgãos auditores e a adversidade entre indústrias e agências regulatórias do governo no país (DELMAS, 2002; JIANG; BANSAL, 2003). Ainda no país, apesar da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos - *Environmental Protection Agency* - (EPA), agência governamental responsável por redigir regulamentações necessárias para a implantação de leis, suportar e promover a ISO 14001, ela opõe-se a proteção da auditoria, desmotivando empresas com problemas judiciais ambientais a certificarem suas estruturas (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2015; POTOSKI; PRAKASH, 2005).

Bansal e Bogner (2002), Delmas (2002) e Kollman e Prakash (2002) também comentaram sobre a influência cultural no baixo interesse em obter a ISO 14001 nos Estados Unidos. Segundo os autores, embora os gestores acreditem nos efeitos positivos da certificação ISO 14001 no desempenho ambiental, eles apresentam pouco interesse em certificar as suas companhias pelo fato do padrão não ser exigido pelo mercado, pela fraca relação das organizações com *stakeholders* e para com os próprios competidores organizacionais e também pelo próprio baixo número de companhias certificadas.

Os fatores apresentados para explicar o reduzido empenho das organizações em certificar nos Estados Unidos também podem ser aplicados para o Canadá, em vista da proximidade geográfica, similaridade cultural e também porque são os parceiros comerciais mais fortes um do outro (ALBUQUERQUE; BRONNENBERG; CORBETT, 2007; BANSAL; BOGNER, 2002; WORLD TRADE ORGANIZATION, 2014). Para aumentar o número de certificações, Jiang e Bansal (2003) sugeriram, em um estudo empírico com companhias canadenses do setor de papel e celulose, que os governos aumentem a pressão sobre a cadeia de suprimentos, para que empresas grandes e influentes no mercado exijam a certificação de seus fornecedores.

O México apresenta, dentre os países analisados, boa intensidade de certificação *114* (Tabela 3) em relação ao número absoluto de certificados ISO 14001. O Meio Ambiente têm se tornado uma questão prioritária para o governo mexicano nos últimos anos, principalmente após a adesão ao Tratado Norte-Americano e Livre Comércio - *North American Free Trade Agreement* - (NAFTA) e posteriormente, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - *Organization for Economic Co-operation and Development* - (OECD), fato que está motivando organizações públicas e privadas a aderir a iniciativas de gestão ambiental (MONTIEL; HUSTED, 2009).

Segundo Montiel e Husted (2009) as empresas no México têm a opção de escolher entre dois programas de gestão: a norma ISO 14001 e a regulação nacional Certificação de

Indústria Limpa - *Certificación de Industria Limpia* –, sendo que organizações mexicanas envolvidas em negócios com o governo tentem a adotar a certificação nacional e enquanto as multinacionais que operam no país geralmente são inclinadas a implantar a ISO 14001. A norma ISO 14001 sofre competição com a regulação ambiental nacional, que muitas vezes é vantajosa para empresas que visam apenas a atender a legislação ambiental nacional, o que pode vir a comprometer o número de certificações ISO 14001, apesar do razoavelmente alto número de certificações atual.

As regulações obrigatórias nacionais, cujo descumprimento é punido por meio de multas, funcionam como uma das motivações para as empresas mexicanas certificarem, atraindo companhias “sujas” sobre pressões de agências regulatórias (BLACKMAN, 2012). O México se caracteriza pela alta especificidade do perfil das empresas mais propensas a certificar: companhias exportadoras, que utilizam matéria-prima importada, relativamente grande (medida por receita bruta ou capitalização) e pertencente a setores e estados geográficos característicos (BLACKMAN; GUERRERO, 2012). Segundo Blackman (2012) a maioria das certificações ISO 14001 foram emitidas especificamente para instalações estatais de geração de energia elétrica (de propriedade da *Comisión Federal Electricidad*) e refinarias de petróleo e terminais de distribuição (de propriedade da *Petróleos Mexicanos*), que mantém operações no exterior.

No Brasil, a nova estratégia de desenvolvimento sócio econômico que surgiu na década de 1990, representada pela liberalização do comércio (que levou a uma mudança no foco do mercado) e pelos incentivos para o aumento da importação e exportação (com consequente exposição das companhias brasileiras à competição internacional), além da mudança na consciência ambiental da sociedade, foram fatores fundamentais para a consolidação da ISO 14001 no país, que apresentava o terceiro maior número de certificados ISO 14001, entre os países do continente americano, em 2014 (ABREU, 2009; ISO, 2015).

As perspectivas para o crescimento da ISO 14001 no Brasil são boas, segundo Baumbach, Prado Filho e Fonseca (2013) e Lukács (2005), que relatam o interesse cada vez maior na implantação da ISO 14001 pelas pequenas e médias empresas, que formam a maioria das companhias operando no Brasil e constituem de 80-90% do total de empresas da América Latina.

No Chile, as organizações receberam apenas 967 certificações ISO 14001 no ano de 2013 (ISO, 2014). Entretanto, o país apresentava um bom valor de *i14* (Tabela 3), principalmente quando avaliado o tamanho da sua economia. A intensificação da postura ambiental ativa, principalmente após o retorno a democracia na década de 1990, e a

participação do setor minerador podem justificar o interesse chileno na implantação da norma ISO 14001.

A indústria mineradora teve grande importância para o crescimento no número de certificações ISO 14001 no país. Ela constituía o principal setor industrial da economia chilena, sendo responsável por aproximadamente 40% das exportações e constituído em sua maioria por empresas de grande porte (NEWBOLD, 2006). Ainda segundo Newbold (2006), as companhias do setor de mineração, considerado relativamente “sujo” e perigoso, se interessavam em implantar SGAs certificados com a ISO 14001 para demonstrar comprometimento com os *stakeholders* e favorecer futuras negociações. Visto que a maioria das principais mineradoras foi certificada, esse fato contribuiu fortemente para a disseminação da norma em nível nacional, impulsionando também fornecedores e outras companhias a também implantarem práticas de gestão ambiental.

A aplicação de abordagens voluntárias (AV), uma forma de regulação informal, pelos governos, pode estar estimulando o crescimento no número de adoções de práticas ambientais como a ISO 14001. Governos de países como bons valores de *il4* como Brasil, Chile, Colômbia e México têm incentivado as AV através de programas de divulgação de informações, subsídios para o controle de poluição, e alívio regulatório para participação nos programas de certificação (EARNHART; KHANNA; LYON, 2014). As abordagens visam promover a melhoria no desempenho ambiental das organizações, buscando reduzir os custos com a prevenção e controle da poluição e podem aumentar a probabilidade de que essas companhias certifiquem com a ISO 14001 (BLACKMAN, 2010; WU; CHU; LIU, 2007).

De forma geral, as motivações que levam empresas, em países com vários graus de desenvolvimento sócio econômico, a certificarem, estão relacionadas a pressões externas de consumidores, competitividade industrial, melhoria da imagem corporativa, acesso a outros mercados e melhoria interna no desempenho ambiental para redução de custos. No entanto, embora compartilhem essas características, as razões que levam empresas em países industrializados e em desenvolvimento a obter certificações ambientais voluntárias também se diferenciam, pois o contexto sócio econômico e os objetivos das companhias nesses países são distintos (BLACKMAN, 2008; BLACKMAN, 2012). Enquanto em países desenvolvidos, as regulações ambientais são aplicadas para incentivar organizações a tentar ir além da conformidade, empresas em países em desenvolvimento visam, como afirma Blackman (2008), “sanar o descumprimento desenfreado da regulamentação obrigatória”.

Nos países da América Latina, a abertura política em relação ao comércio e capital internacional, em meados da década de 1990, levou a um cenário favorável que propiciou

boas taxas crescimento no número de certificações ISO 14001 (BODAS-FREITAS; IZUKA, 2008). De forma complementar, Bodas-Freitas e Izuka (2008) sugerem que essa difusão dos certificados ISO 14001 na região estaria relacionada à infraestrutura e nível de desenvolvimento econômico, à capacidade de exportar produtos com relativa sofisticação tecnológica e à velocidade de crescimento de Investimento Direto Estrangeiro (IDE).

O número de certificações emitidas para organizações nos países em desenvolvimento da América Latina, assim como para nações em desenvolvimento em geral, contudo, ainda é relativamente baixo. Esse fenômeno pode ser explicado pelas muitas dúvidas existentes a respeito da eficácia da regulação ambiental voluntária nesses países, o que reduziria a importância da implantação de SGA certificados. As pressões regulatórias e não regulatórias fracas, a captura regulatória e o predomínio de companhias pequenas e informais são argumentos citados por Blackman (2008) como preocupações a respeito da difusão da regulação voluntária nos países em desenvolvimento.

Principalmente na América Central, quando há regulação ambiental, muitas vezes ela é ineficaz devido à escassez de recursos financeiros, pessoal treinado, infraestrutura, condições precárias das instituições responsáveis por aplicar a legislação e mesmo falta de vontade política, o que dificulta a emissão de novas certificações (FIKRU, 2014; MAURI, 2002). O fato da maioria das empresas latino-americanas serem de pequeno e médio porte faz com que as certificações ambientais se disseminem com maior dificuldade, pois o custo para a certificação, geralmente alto, se torna inviável para essas companhias (MASSOUD et al., 2010b). A composição da economia, principalmente voltada para a agricultura, que apesar do foco em exportação, não possui muitas certificações em comparação ao setor industrial, pode também ter efeito negativo nas certificações da região (ISO, 2014; WORLD TRADE ORGANIZATION, 2014).

Especificamente em relação aos países do continente americano que apresentaram número de certificações menores que 50 certificados nos anos de 2013/2014, a baixa adesão parece estar relacionada à características intrínsecas da economia e ao reduzido potencial econômico, e por consequência, o número limitado de companhias com interesse e viabilidade econômica para implantar a norma ISO 14001.

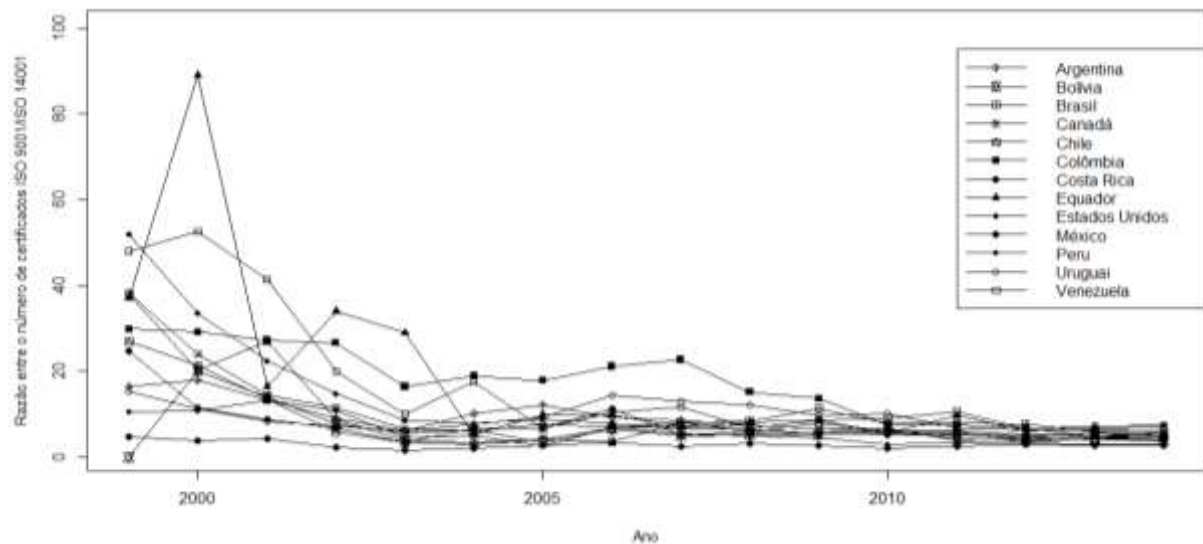
5.1.4 A ISO 14001 e a ISO 9001

A literatura da certificação ISO 14001 (CASADESÚS; MARIMON; HERAS, 2008; CORBETT; KIRSCH, 2001; MARIMON; CASADESÚS; HERAS, 2010; VASTAG, 2004)

destaca a forte relação da norma de gestão ambiental com a ISO 9001, que estabelece os requisitos para a implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade.

Para comparar o comportamento das organizações dos países do continente americano em relação à decisão de adotar a certificação da qualidade ISO 9001 e a certificação ambiental ISO 14001, o trabalho propôs mensurar a relação entre as duas normas, através da razão entre o número de certificados ISO 9001 emitidos em um ano com relação ao número de certificações ISO 14001 emitidos no mesmo ano, para um país. Os resultados estão apresentados na Figura 10 e no ANEXO B.

Figura 10 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 nos países da América (1999-2014).

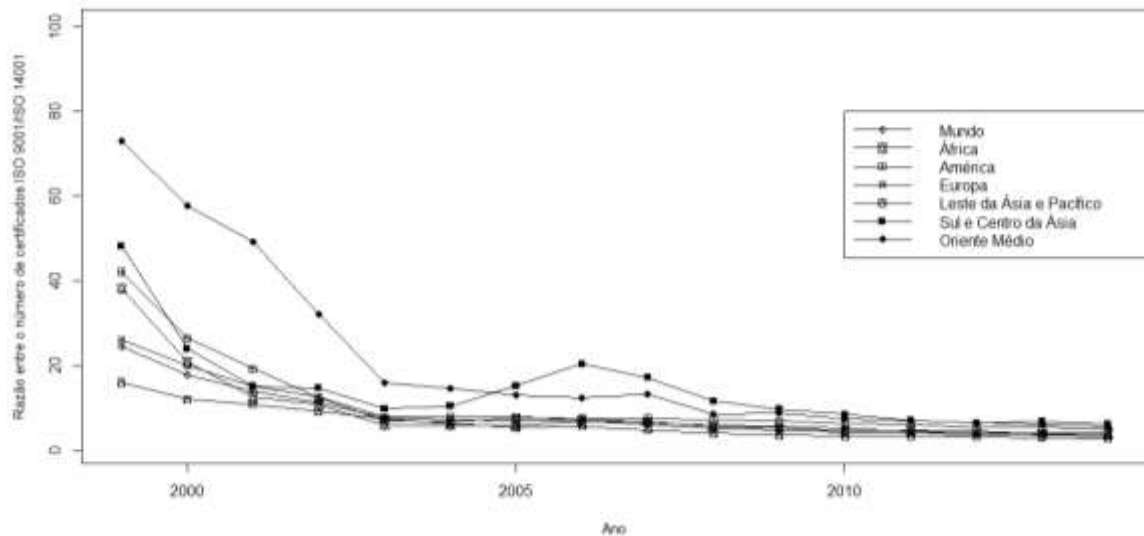


Fonte: ISO (2015)

Na Figura 10, pode-se observar que a razão entre o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001 no continente está se reduzindo em todos os países da América estudados, nos últimos anos, com uma tendência de estabilização na maioria dos países, em uma média em torno de 5 certificações ISO 9001 para cada certificado ISO 14001, em 2014.

Esse comportamento está acompanhando a evolução na relação entre as duas normas a nível mundial (Figura 11). No ano de 2014, o número de certificações ISO 9001 no mundo ultrapassava 1 milhão, sendo aproximadamente 3,5 vezes maior do que o número de certificações ISO 14001, razão ainda menor que a encontrada para o continente europeu, onde iniciou-se a difusão dos padrões, que estava em torno de 3,9 certificados ISO 9001 para cada ISO 14001 (ISO, 2015).

Figura 11 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no mundo e nas suas regiões (1999-2014)



Fonte: ISO (2015)

Possivelmente, os países do continente americano poderiam seguir nos próximos anos essa tendência de aproximação entre o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001, acompanhando o comportamento mundial, fato que pode ser resultante da saturação no número de novas certificações ISO 9001 e do constante crescimento no número de ISO 14001 emitidas.

Entretanto, fatores como as diferenças entre as variáveis que promovem a difusão das duas normas (VIADIU; FA; SAIZARBITORIA, 2006), a capacidade do país em converter a base de certificações ISO 9001 instaladas em futuras certificações ISO 14001 (VASTAG, 2004), o número de plantas certificadas em uma mesma empresa geralmente ser mais elevado para a ISO 9001 do que para a ISO 14001 e a maior importância dada à Gestão da Qualidade, pelas empresas, com relação à Gestão Ambiental, levando a priorização da ISO 9001 devido ao alto custo e outras dificuldades para a implantação de Sistemas de Gestão certificados poderiam dificultar a tendência de aproximação entre o número de certificações ISO 14001 e de ISO 9001, na região.

5.1.5 Análise da difusão dos setores econômicos

A Tabela 4 mostra a evolução no número de certificados ISO 14001 dos setores com o maior número de certificações no continente americano:

Tabela 5 – Setores com maior número de certificados ISO 14001 no continente americano no ano de 2014

Posição	Setor	Número de certificados ISO 14001				
		2010	2011	2012	2013	2014
1º	Metais básicos e produtos metálicos	606	664	1002	1439	1560
2º	Construção	316	603	756	1228	1399
3º	Químico, produtos químicos e fibras	466	539	688	1007	1025
4º	Transportes, armazenagem e comunicações	307	380	538	904	1020
5º	Equipamentos elétricos e ópticos	389	416	740	867	943

Fonte: ISO (2015)

Analisando a evolução no número de certificações ISO 14001 desses setores (Tabela 4), verifica-se que eles vêm apresentando um crescimento constante ao longo dos anos, acompanhando o aumento no total de certificados nos países e no continente.

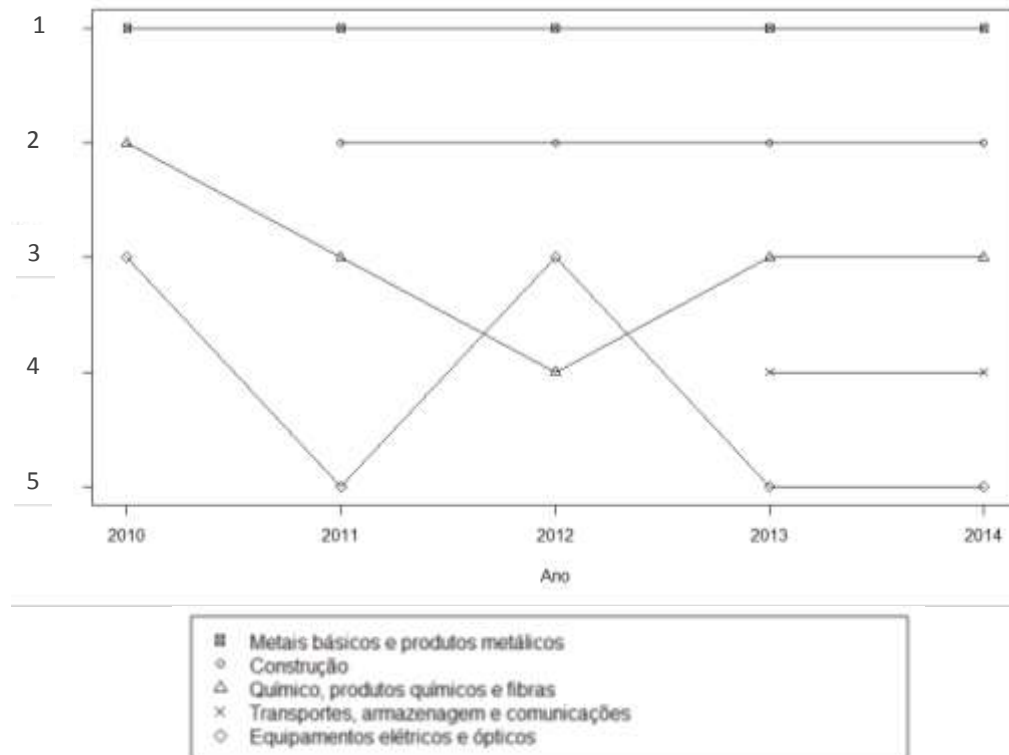
Para comparação com o cenário mundial, de acordo com a ISO (2015), os cinco setores com o maior número de certificados em 2014 no mundo foram o de construção (43995), metais básicos e produtos metálicos (26006), equipamentos elétricos e ópticos (23741), comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos (16872) e produtos de borracha e plástico (13394). Os setores de metais básicos e produtos metálicos, construção e equipamentos elétricos e ópticos, que se destacaram no continente americano (TABELA 4), também estavam entre os setores econômicos que apresentaram o maior número de certificados em 2013 no mundo.

O amplo número de certificações no setor de construção pode ser justificado pelo interesse de empresas do setor de construção em todo o mundo em certificar suas estruturas, visando reduzir os impactos ambientais, em um setor ao qual é atribuído grande consumo de recursos naturais e emissão de poluentes (CHENG; CHIANG; TANG, 2006; TURK, 2009), com o objetivo principal de melhorar a sua imagem diante dos consumidores.

Os investimentos de companhias do setor de metais e do setor químico, o terceiro com maior número de certificações na América também podem ser justificados pelo alto impacto dos seus processos produtivos no meio ambiente (HILSON, 2000; NADAL; SCHUHMACHER; DOMINGO, 2004). Metais básicos, transportes e equipamentos elétricos e ópticos, três dos cinco setores com maiores números de certificações ISO 14001 no continente, também são indústrias voltadas para a exportação e geralmente possuem grande tamanho, fatores que favorecem maior número de certificados (BODAS-FREITAS, 2009).

A Figura 12 mostra o desenvolvimento nos anos de 2010-2014, do posicionamento dos cinco setores líderes no número de certificações ISO 14001 no continente Americano no ano de 2014.

Figura 12- Evolução das primeiras colocações do continente americano no ranking da ISO 14001 por setor de atividade econômica.



Fonte: ISO (2014)

Analisando a evolução do posicionamento dos setores (Figura 12), observa-se que o setor de metais básicos manteve-se na primeira colocação em todos os últimos anos. O setor de construção apareceu na segunda posição entre os anos de 2011 e 2014, impulsionado principalmente pelo grande crescimento na Colômbia (ISO, 2015). O setor de transportes surgiu entre as áreas com mais certificações apenas no ano de 2013, devido principalmente ao crescimento no número de certificados na Colômbia e no Brasil (ISO, 2015). Os setores químico e elétrico mudaram de posições na classificação, mas se mantiveram nas cinco primeiras posições durante todo o período.

5.1.4.1 Difusão entre os setores econômicos nos países

Na Tabela 5 são apresentados os setores econômicos com número de certificações ISO 14001 maiores do que 50, no ano de 2014, em cada um dos países estudados do continente americano. Os países não apresentados não tiveram nenhum setor econômico com mais de 50 certificações ISO 14001 neste determinado ano.

Tabela 5 – Número de certificações ISO 14001 nos anos de 2010 e 2014 nos setores com número de certificações maiores do que 50 em 2014 por país do continente americano (continua)

Posição	Setor	Número de certificados ISO 14001	
		2010	2014
ARGENTINA			
1º	Metais básicos e produtos metálicos	61	79
2º	Transportes, armazenagem e comunicações	40	76
3º	Químico, produtos químicos e fibras	53	75
4º	Fornecimento de eletricidade	36	69
5º	Construção	23	68
6º	Outros serviços	25	58
7º	Alimentos, bebidas e tabaco	43	57
BRASIL			
1º	Metais básicos e produtos metálicos	147	350
2º	Químico, produtos químicos e fibras	117	216
3º	Transportes, armazenagem e comunicações	82	185
4º	Borracha e materiais plásticos	60	140
5º	Outros equipamentos de transporte	66	139
6º	Outros serviços	34	135
7º	Equipamentos elétricos e ópticos	40	134
8º	Maquinaria e equipamentos	23	120
9º	Alimentos, bebidas e tabaco	81	113
10º	Serviços de engenharia	36	82
11º	Construção	38	66
12º	Fornecimento de eletricidade	6	66
13º	Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos	23	61
14º	Mineração e extração	6	52
CANADÁ			
1º	Agricultura, pesca e silvicultura	12	186
2º	Metais básicos e produtos metálicos	49	169
3º	Celulose, papel e artigos de papel	4	124
4º	Maquinaria e equipamentos	17	108
5º	Borracha e materiais plásticos	25	89
6º	Químico, produtos químicos e fibras	33	79
7º	Fornecimento de eletricidade	3	88
8º	Outros equipamentos de transporte	35	76
9º	Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos	12	56
10º	Mineração e extração	15	55
CHILE			
1º	Agricultura, pesca e silvicultura	52	157
2º	Construção	65	99
3º	Transportes, armazenagem e comunicações	52	82
4º	Alimentos, bebidas e tabaco	61	79
5º	Serviços de engenharia	27	72
6º	Outros serviços	50	63
7º	Metais básicos e produtos metálicos	31	62

Tabela 5 – Número de certificações ISO 14001 nos anos de 2010 e 2014 nos setores com número de certificações maiores do que 50 em 2014 por país do continente americano (conclusão)

Posição	Setor	Número de certificados ISO 14001	
		2010	2014
COLÔMBIA			
1º	Construção	132	947
2º	Transportes, armazenagem e comunicações	34	446
3º	Serviços de engenharia	26	330
4º	Outros serviços	38	328
5º	Metais básicos e produtos metálicos	36	150
6º	Mineração e extração	21	133
7º	Maquinaria e equipamentos	13	117
8º	Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos	12	108
9º	Equipamentos elétricos e ópticos	28	102
10º	Químico, produtos químicos e fibras	34	90
11º	Outros serviços sociais	24	79
12º	Alimentos, bebidas e tabaco	42	69
13º	Fornecimento de eletricidade	15	60
14º	Reciclagem	3	53
ESTADOS UNIDOS			
1º	Metais básicos e produtos metálicos	173	536
2º	Químico, produtos químicos e fibras	126	405
3º	Equipamentos elétricos e ópticos	206	384
4º	Outros equipamentos de transporte	186	354
5º	Borracha e materiais plásticos	140	315
6º	Maquinaria e equipamentos	76	220
7º	Alimentos, bebidas e tabaco	18	131
8º	Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos	37	130
9º	Outros serviços	52	126
10º	Reciclagem	24	86
11º	Celulose, papel e artigos de papel	11	73
12º	Transportes, armazenagem e comunicações	14	68
13º	Têxteis e produtos têxteis	19	56
14º	Produtos minerais não metálicos	19	55
15º	Tecnologia da Informação	7	53
MÉXICO			
1º	Metais básicos e produtos metálicos	59	160
2º	Equipamentos elétricos e ópticos	54	140
3º	Construção	24	106
4º	Outros equipamentos de transporte	57	105
5º	Borracha e materiais plásticos	45	66
6º	Químico, produtos químicos e fibras	30	54
PERU			
1º	Mineração e extração	97	55

Analisando a Tabela 5, observa-se que na quase totalidade dos setores, o número de certificações cresceu na comparação entre os anos de 2010 e 2014. É possível verificar

também que as certificações ISO 14001 em cada país do continente americano parecem estar distribuídas entre diferentes setores econômicos e não concentradas em um mínimo de setores. O número de áreas com elevado número de certificações aparentemente é proporcional ao número de certificados nos países, com os países com maiores números de certificados ambientais emitidos (Estados Unidos, Colômbia e Brasil) apresentando também uma maior diversidade de setores com interesse em implantar um SGA certificado.

No entanto, a maioria de certificados dos principais setores parece estar limitada a um número reduzido de países. Mais da metade das certificações ISO 14001 emitidas para o setor de Metais básicos e produtos metálicos, área econômica com mais certificados ambientais no continente em 2014 (1560), estava concentrada nos Estados Unidos (536) e Brasil (350). A Colômbia por sua vez era a responsável quase 70% do total de certificados ISO 14001 emitidos para o setor de Construção (1399), com um total de 947 certificados obtidos pelas companhias do país.

Em alguns países, além dos setores apresentados, outras seções relevantes para as economias também se destacaram no número de certificações ISO 14001, como o setor de Mineração e extração na Argentina, Celulose, papel e artigos de papel no Brasil e setor Farmacêutico nos Estados Unidos. É importante enfatizar também que alguns setores importantes nacionalmente, não obtiveram muitos certificados no ano de 2014, tais como a Agricultura, pesca e silvicultura na Argentina e Uruguai, Mineração e extração no Chile, e setores relacionados à produção de Petróleo e derivados na Colômbia, Peru e Venezuela.

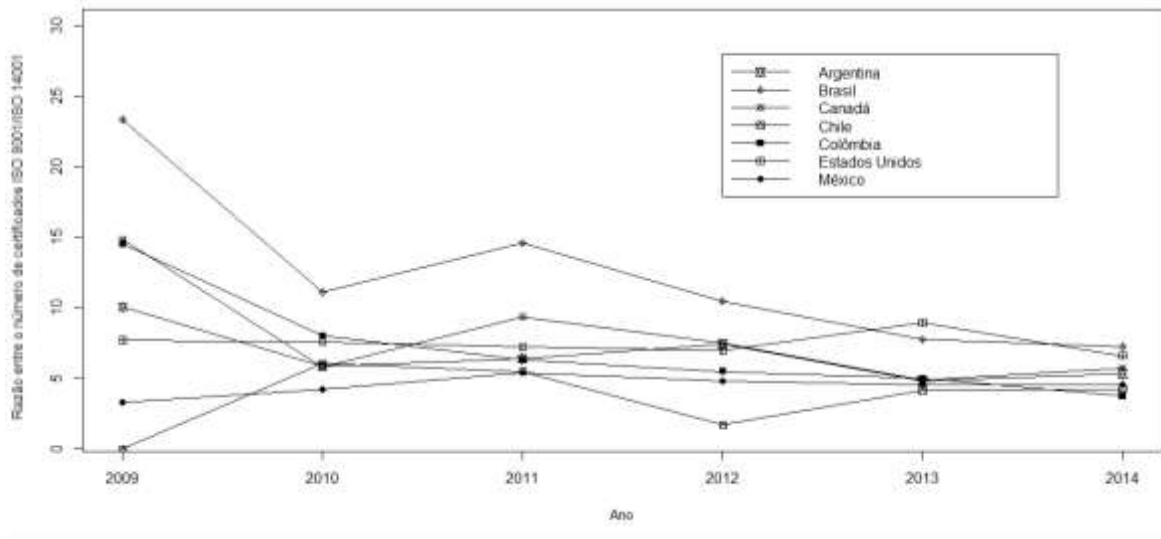
Dentre os países selecionados no estudo, Bolívia, Equador, Uruguai, Venezuela e Costa Rica não apresentaram mais de 50 certificados em nenhum setor econômico no ano de 2014, mesmo em setores considerados essenciais para a economia. Esse fato provavelmente está diretamente relacionado ao baixo número de certificados ISO 14001 emitidos no total para esses países e ao fato dessas certificações estarem distribuídas entre diversos setores. Além disso, é importante considerar a discrepância entre o número total de certificados no país e o número total emitido para os setores econômicos (ambos divulgados pela ISO), o fato de que outros setores podem não ter sido contabilizados nesse levantamento e que diferenças na metodologia utilizada nessas duas contagens podem ter afetado os resultados.

5.1.4.2 A relação ISO 9001/ISO 4001 nos setores econômicos dos países

De forma paralela à análise da evolução da relação entre as normas da Gestão da Qualidade ISO 9001 e da Gestão Ambiental ISO 14001 entre os países do continente

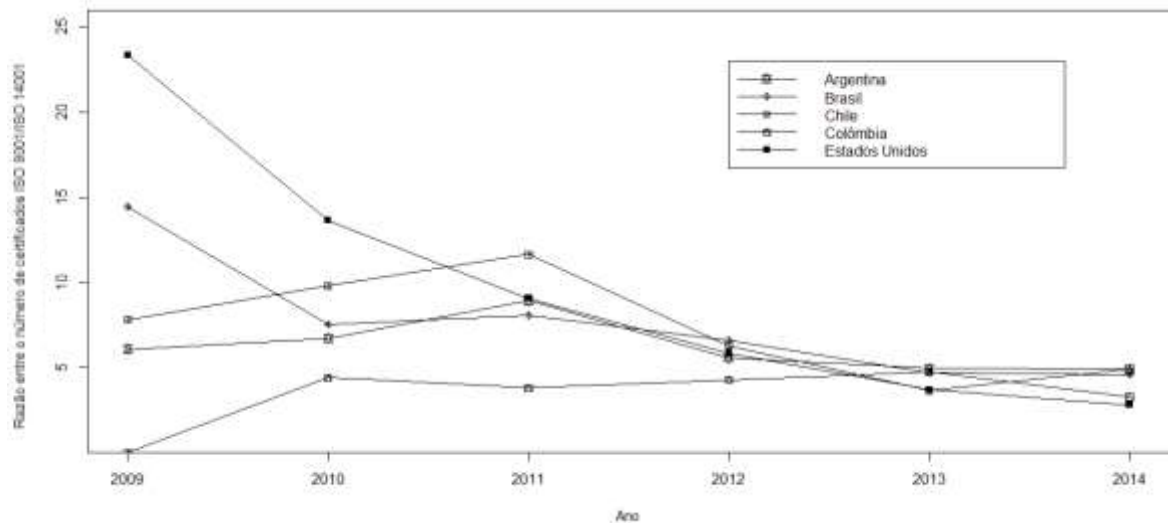
americano, foi realizada também a análise da evolução desse comportamento para os principais setores econômicos do continente com base no número de certificações ISO 14001 no ano de 2014. Nas Figuras 13-26 estão apresentados os gráficos da razão entre o número de certificados ISO 9001 e ISO 14001 entre os anos de 2009 a 2014, de todos os setores que apresentaram ambas as certificações em pelo menos três países, dentre os países do continente americano selecionados no estudo.

Figura 13 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Metais básicos e produtos metálicos (1999-2014)



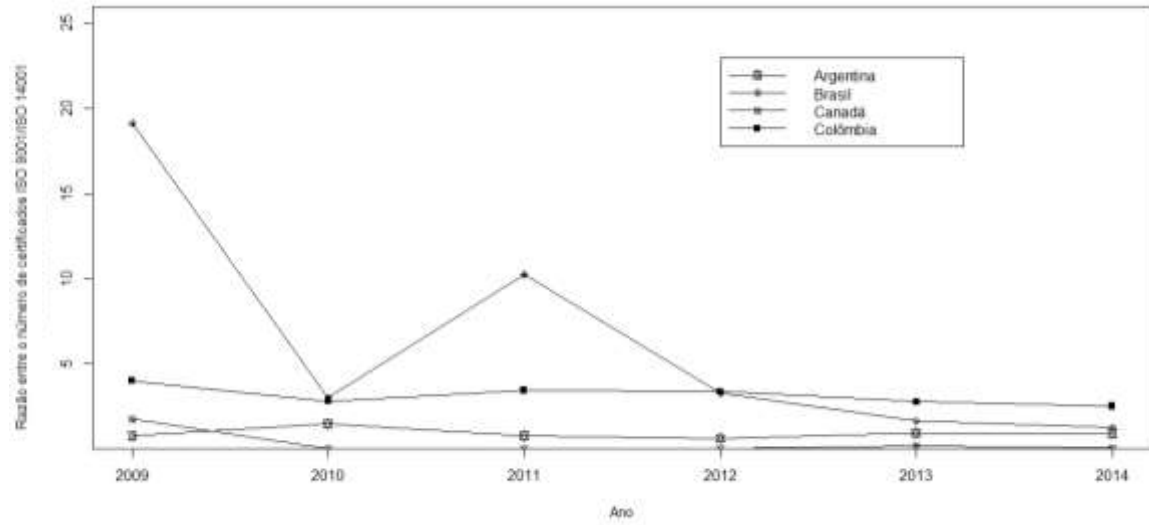
Fonte: ISO (2015)

Figura 14 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Transportes, armazenagem e comunicações (1999-2014)



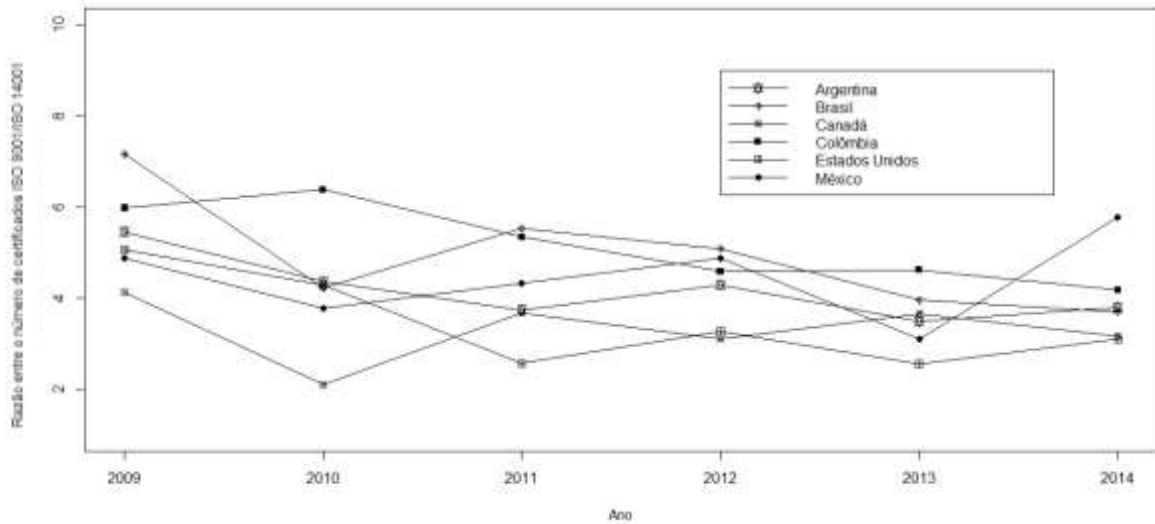
Fonte: ISO (2015)

Figura 15 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Fornecimento de eletricidade (1999-2014)



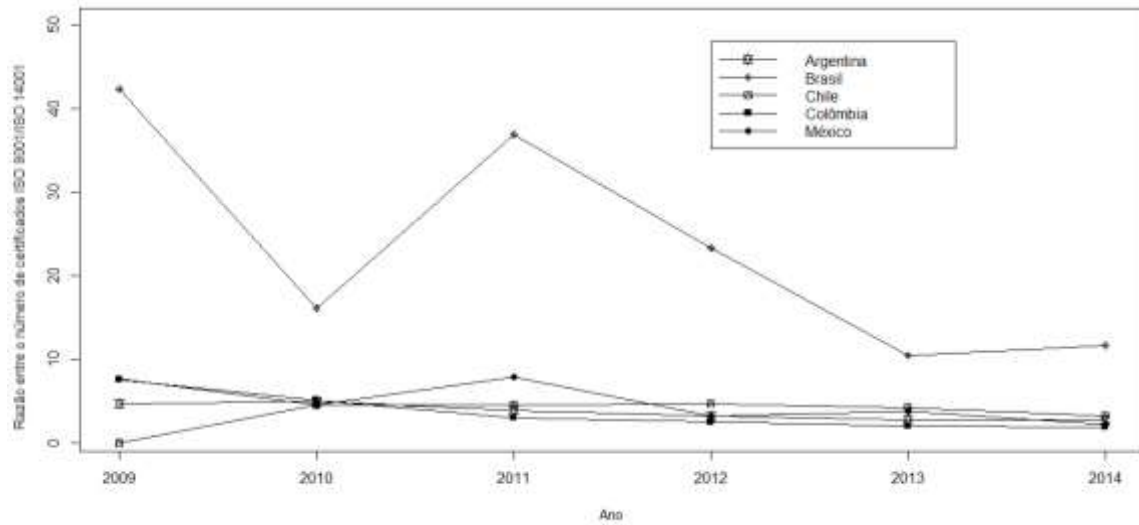
Fonte: ISO (2015)

Figura 16 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor Químico, produtos químicos e fibras (1999-2014)



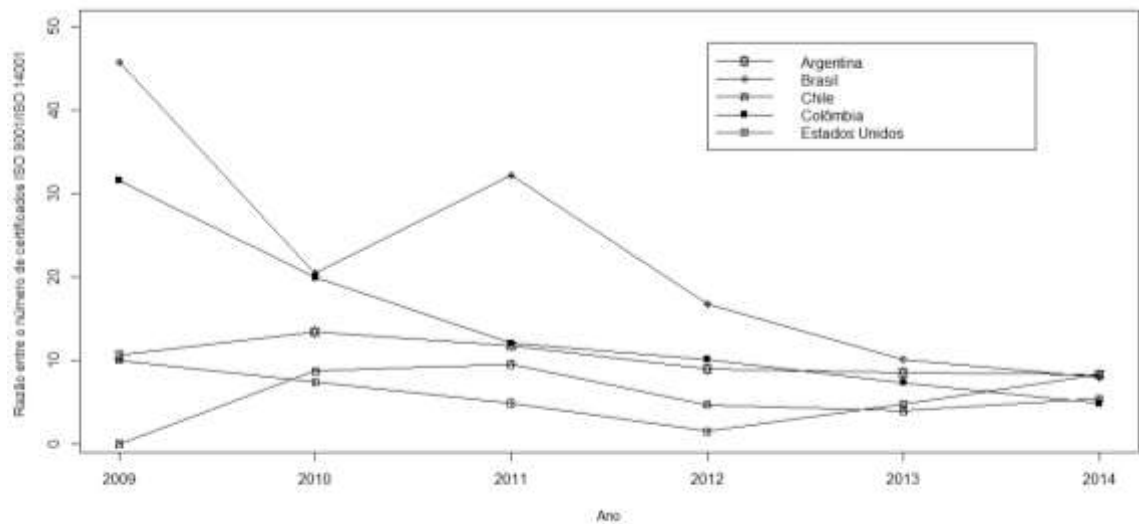
Fonte: ISO (2015)

Figura 17 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Construção (1999-2014)



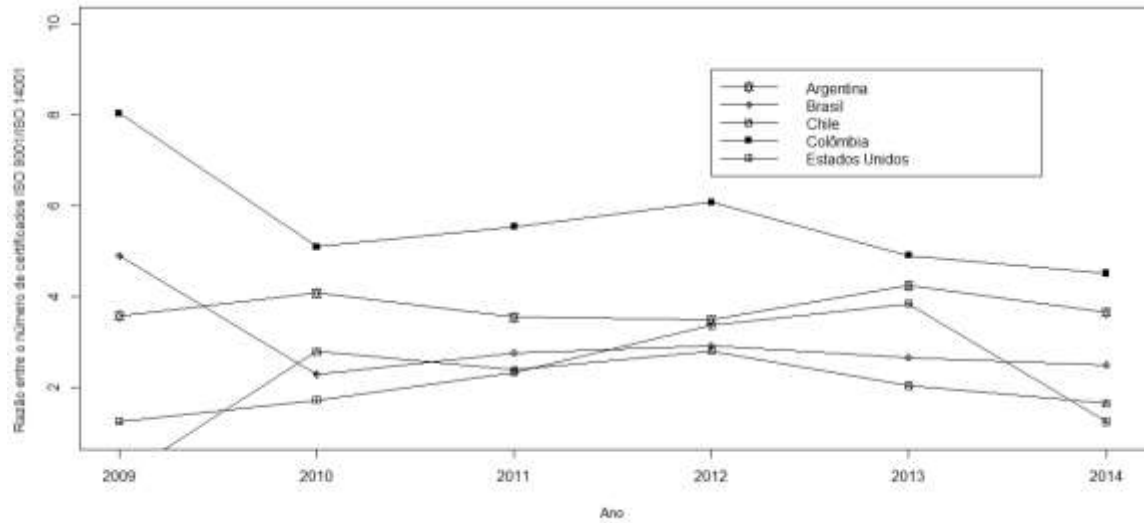
Fonte: ISO (2015)

Figura 18 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Outros serviços (1999-2014)



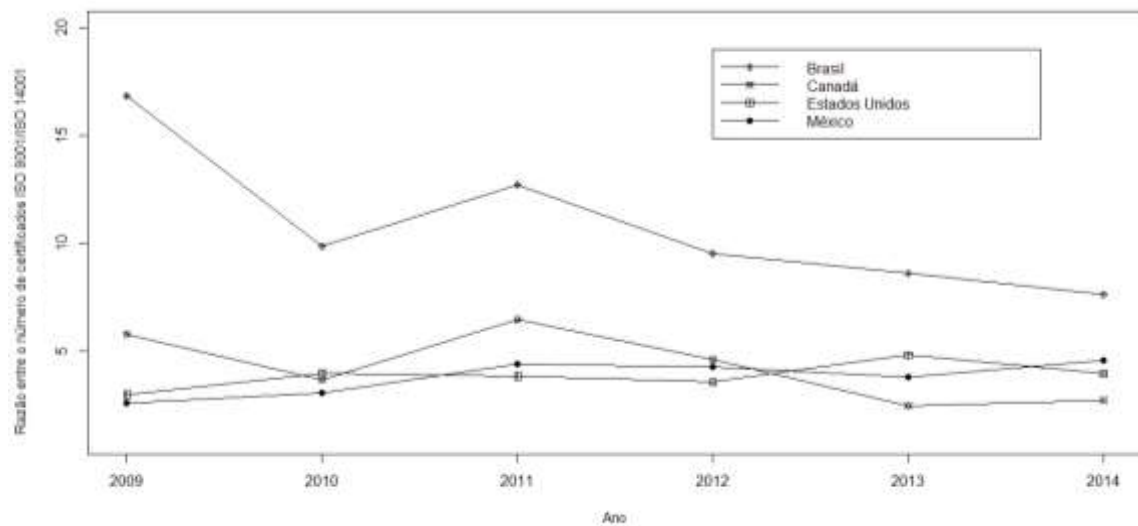
Fonte: ISO (2015)

Figura 19 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Alimentos, bebidas e tabaco (1999-2014)



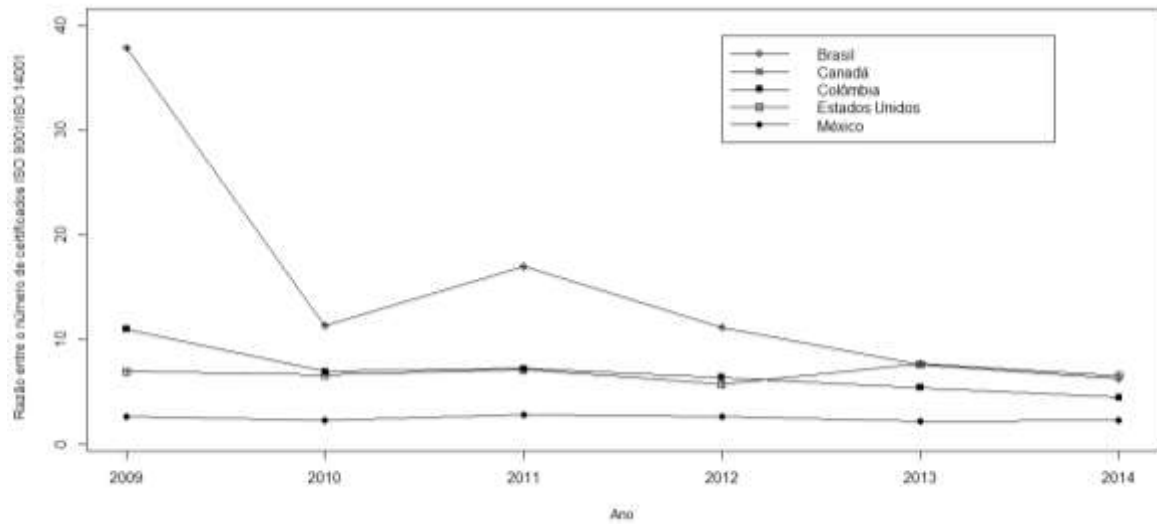
Fonte: ISO (2015)

Figura 20 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Borracha e materiais plásticos (1999-2014)



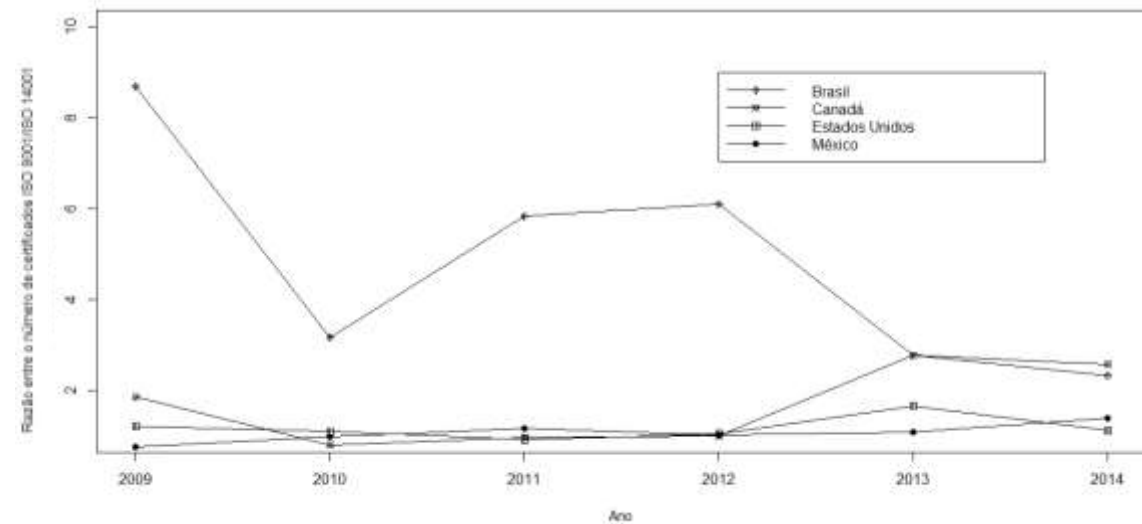
Fonte: ISO (2015)

Figura 21 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Equipamentos elétricos e ópticos (1999-2014)



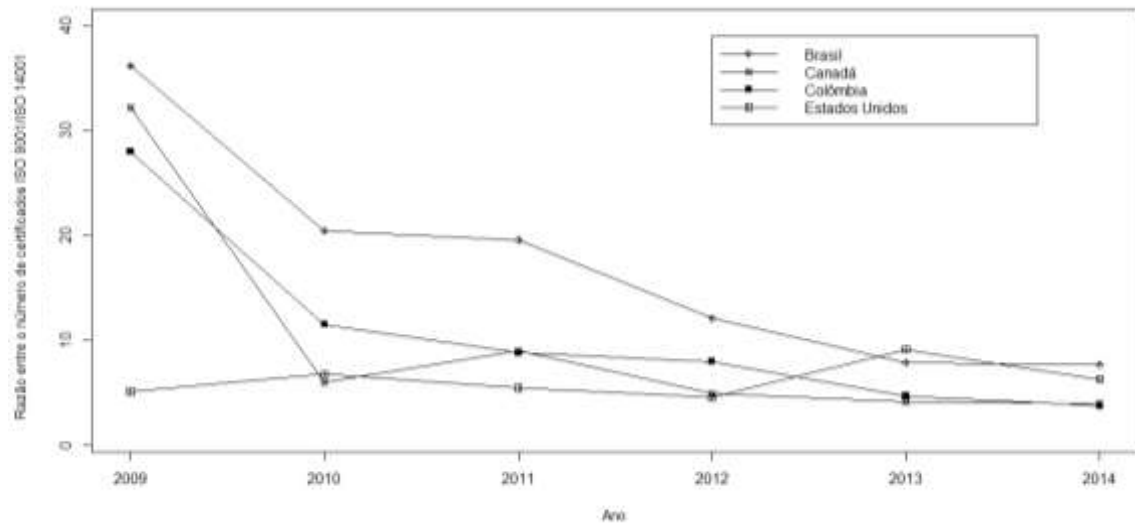
Fonte: ISO (2015)

Figura 22 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Outros equipamentos de transporte (1999-2014)



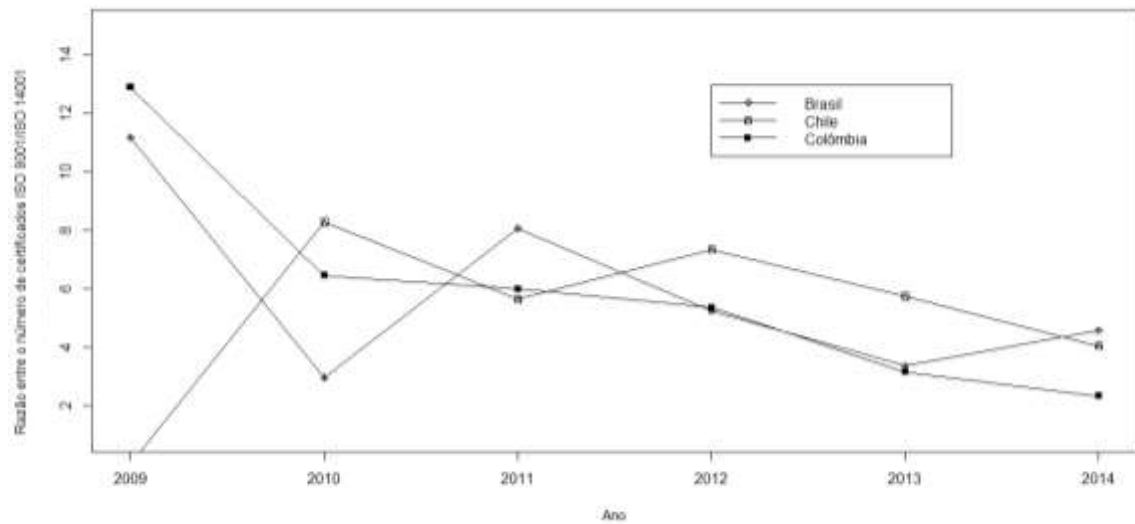
Fonte: ISO (2015)

Figura 23 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Maquinaria e Equipamentos (1999-2014)



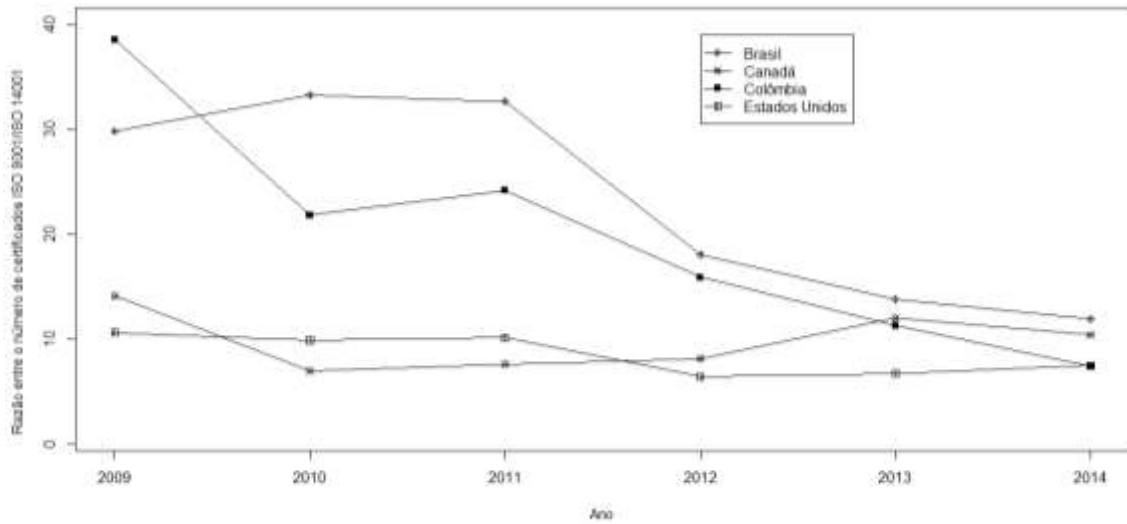
Fonte: ISO (2015)

Figura 24 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Serviços de Engenharia (1999-2014)



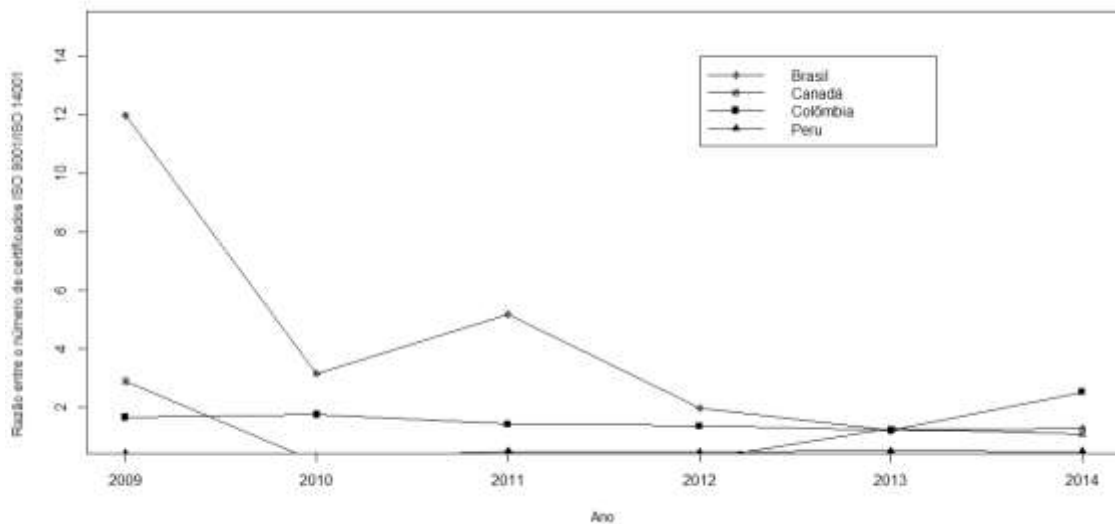
Fonte: ISO (2015)

Figura 25 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos (1999-2014)



Fonte: ISO (2015)

Figura 26 - Evolução ao longo do tempo da razão do número de certificados ISO 9001/ISO 14001 no setor de Mineração e extração (1999-2014)



Fonte: ISO (2015)

Na Tabela 6 estão apresentadas as razões do número de novas certificações ISO 9001 e de ISO 14001 nos países analisados para cada setor econômico, no ano de 2014, conforme as Figuras 13-26.

Tabela 6- Variação aproximada da razão entre ISO 9001/ISO 14001 entre os países analisados nos setores de atividade econômica

Setor	Razão ISO 9001/ISO14001
Metais Básicos e produtos metálicos	3,8 – 7,3
Transportes, armazenagem e comunicações	2,8 – 4,9
Fornecimento de eletricidade	0,04 – 2,5
Químico, produtos químicos e fibras	3,1 – 5,8
Construção	1,9 – 3,2*
Outros serviços	4,9 – 8,3
Alimentos, bebidas e tabaco	1,2 – 4,5
Borracha e materiais plásticos	2,8 – 4,6*
Equipamentos elétricos e ópticos	2,3 – 6,6
Outros equipamentos de transporte	1,1 – 2,6
Maquinaria e equipamentos	3,8 – 7,7
Serviços de engenharia	2,3 – 4,6
Comércio atacado e varejo de peças e acessórios para veículos automotivos	7,5 – 11,9
Mineração e extração	0,5 – 2,5

Fonte: Do autor

*Nesses setores, a razão entre a ISO 9001 e a ISO 14001 para o Brasil não convergiu para um valor próximo aos outros países, dentro do mesmo setor.

Analisando as Figuras 13-26 e a Tabela 6, é possível observar que na maioria dos setores industriais analisados (Figuras 13-26), a razão entre o número de certificados ISO 9001 e ISO 14001 emitidos por ano para cada setor, dos países apresentados, parece estar se reduzindo ao longo do tempo, convergindo a um valor, variável conforme o setor.

Observa-se ainda que a razão entre o número de novas certificações ISO 9001 e ISO 14001 foi maior do que 1 para a maioria dos setores analisados, com exceção de alguns países, para o Fornecimento de Eletricidade e Mineração e extração. No primeiro setor, pode-se verificar na Figura 15 que, nos últimos anos, o número de certificações ISO 9001 na Argentina e no Canadá, foi menor que o de certificados ISO 14001. O mesmo fenômeno foi observado no Peru, com relação ao setor de Mineração e extração (Figura 26).

Ainda analisando essas informações, observa-se nas Figuras 17 e 20, que apresentam a evolução da razão calculada para os setores de Construção e Borracha e materiais plásticos, que a razão entre as duas certificações no Brasil é elevada em relação aos outros países durante todo o período de tempo analisado, ou seja, a razão entre o número de novas

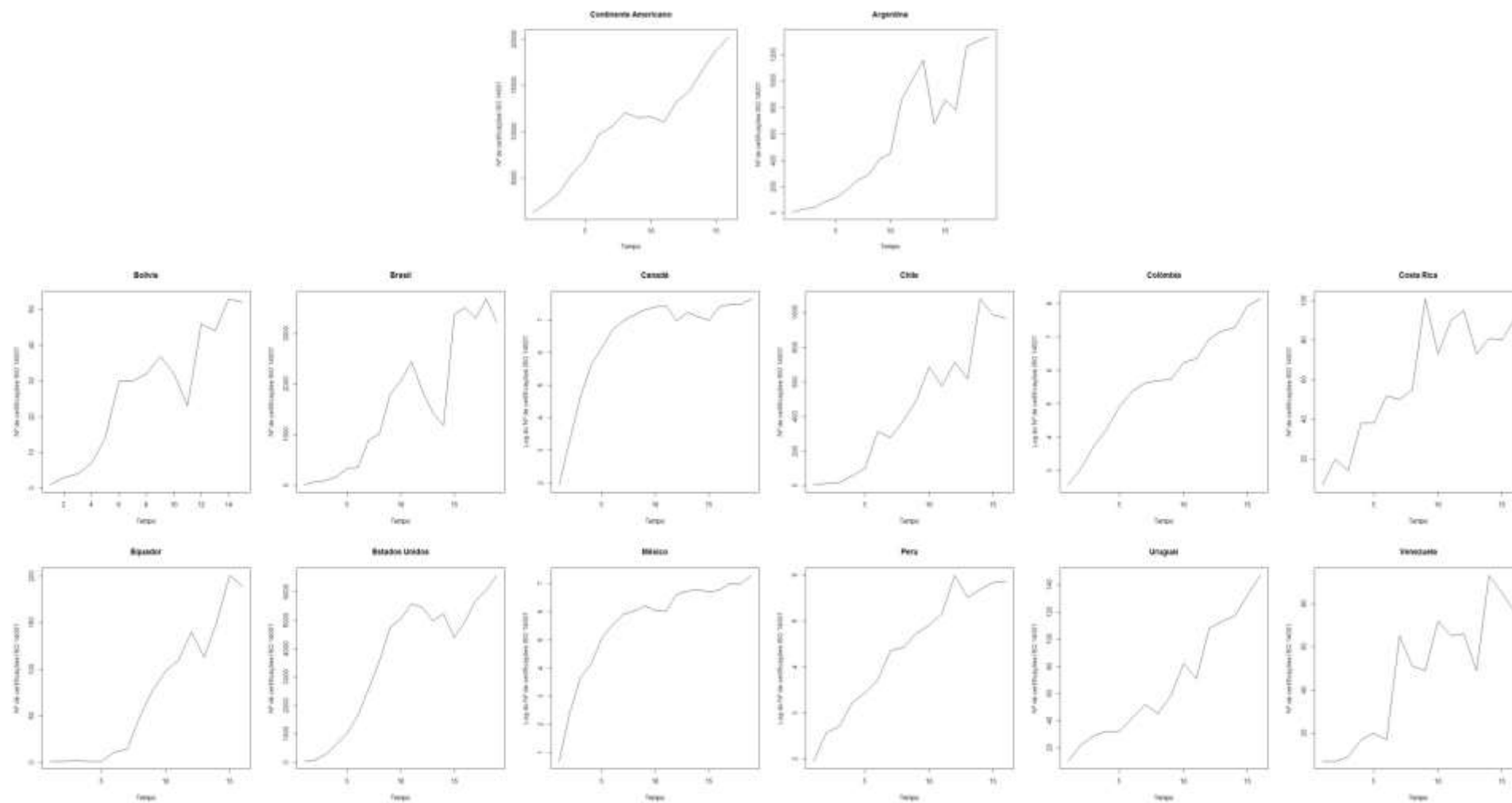
certificações ISO 9001 e ISO 14001 foi maior que a média dos outros países para esses setores econômicos.

Os mesmos fatores citados anteriormente como possíveis explicações para o maior número de certificações ISO 9001 em relação o número de certificados ISO 14001 podem ser aplicados para os setores. A variação entre os setores pode ser explicada também por diferenças na velocidade de difusão das normas em uma área com relação a outra e à existência de normatização específica para determinados setores, como as normas AS 9001 (Indústria aeroespacial), ISO 17025:2005 (Ensaio e calibração de laboratórios), ISO 13485:2015 (Dispositivos médicos) e a ISO/TS 16949 (automóveis), o que impulsiona gestores a optarem por essas normas em relação a ISO 9001.

5.2 MODELOS DE PREVISÃO

Na Figura 27 são apresentados os gráficos das séries originais do número de certificações ISO 14001 no total do continente americano e nos 13 países selecionados (Argentina, Bolívia, Brasil, Canadá, Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, Estados Unidos, México, Peru, Uruguai e Venezuela) e no continente americano, nos anos de 1996 a 2014, totalizando 19 observações em cada série.

FIGURA 27 - Série do número de certificações ISO 14001 emitidos nos países da América e Continente americano (1996-2014)



Fonte: ISO (2000) e ISO (2015)

Analisando-se a Figura 27, é possível observar que as séries não apresentam sazonalidade. A não estacionariedade das séries foi mostrada, com exceção da Argentina, Chile e do Continente americano, pelo teste ADF, cujos resultados estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7- Resultados do teste de Dickey-Fuller para as séries de dados ISO 14001 (1996-2014) do continente americano e dos países selecionados do continente. Valores $p > 0,05$ indicam não estacionariedade

País	valor p	País	valor p
Continente americano	<0,01	Costa Rica	0,9522
Argentina	0,01829	Equador	0,4333
Bolívia	0,5099	Estados Unidos	0,1167
Brasil	0,07143	México	0,13
Canadá	0,1825	Peru	0,5906
Chile	0,0159	Uruguai	0,9331
Colômbia	0,99	Venezuela	0,7147

Fonte: Do autor

Para as séries não estacionárias, foi necessário estabilizar as séries por meio da transformação, tomando-se uma ($d=1$) ou duas diferenças ($d=2$) e analisar os gráficos de autocorrelação (FAC) para verificar se elas se tornaram estacionárias, possibilitando a aplicação da metodologia de Box & Jenkins.

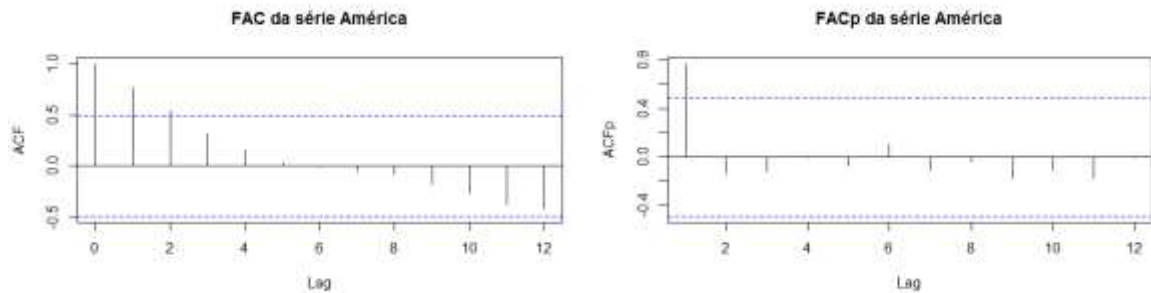
Na Figura 27, observa-se também que para algumas séries do número de certificados, tais como Canadá, Colômbia, México e Peru, os dados apresentaram grande variância e comportamento exponencial. Para estabilizar essa variância foram testadas transformações, sendo aplicada a transformação dos dados para logaritmo. Para as séries de dados dos países Chile, Colômbia, Costa Rica, Equador, Peru, Uruguai e do Continente americano, optou-se por retirar as três primeiras observações, devido a pouca variância e baixa representatividade dentro da série. O mesmo procedimento foi realizado para a Bolívia, sendo retiradas, entretanto, as quatro primeiras observações da série.

5.2.1 Modelos de Box & Jenkins para o Continente americano

5.2.1.1. Continente americano

Segundo o teste de Dickey-Fuller, a série de dados ISO 14001 do continente americano apresenta comportamento estacionário, não sendo necessária a diferenciação. A identificação modelos foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp, (Figura 28).

FIGURA 28 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série América



Fonte: Do autor

Para a América, os potenciais modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,2) e ARIMA(1,0,0). As estimativas dos parâmetros dos modelos, bem como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 8:

TABELA 8- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série América, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1 : 0,9777	0,0315	288,84
	θ_1 : 0,3398	0,1535	
	Intercepto: 10787,968	8180,788	
ARIMA(1,0,2)	θ_1 : 0,9749	0,0352	281,72
	θ_1 : 0,4515	0,2934	
	θ_2 : 0,7791	0,3399	
Intercepto: 11154,631	8790,069		
ARIMA(1,0,0)	θ_1 : 0,9837	0,0231	290,61
	Intercepto: 10763,250	8302,802	

Fonte: Do autor

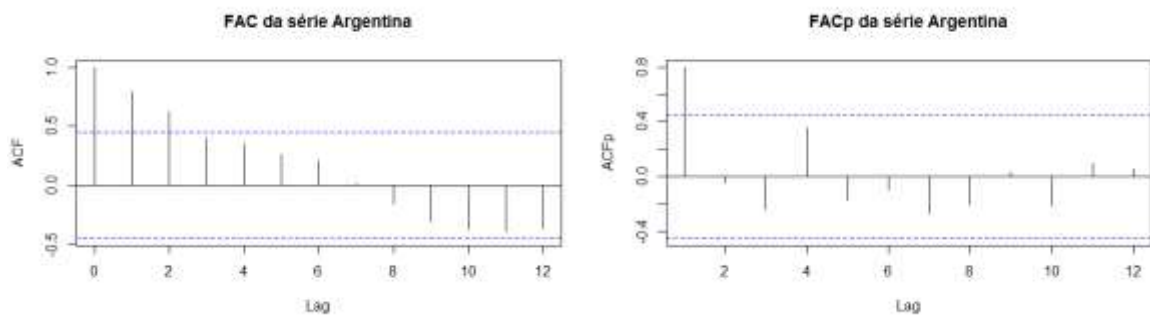
Entre os modelos para a série América, considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 6, o modelo ARIMA (1,0,2), teve o menor valor de AIC, sendo o modelo selecionado e descrito por (25).

$$(1 - \phi_1 B)Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2)a_t \quad (25)$$

5.2.1.2. Argentina

De acordo com o teste de Dickey-Fuller, a série de dados ISO 14001 da Argentina apresenta comportamento estacionário, não sendo necessária a diferenciação. A identificação de modelos foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp (Figura 29).

FIGURA 29 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Argentina



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,2) e ARIMA(0,0,2), cujas estimativas dos parâmetros e erros padrões estão apresentados na Tabela 9:

TABELA 9- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Argentina, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,0,1)	ϕ_1 : 0,9371	0,0766	265,79
	θ_1 : -0,0312	0,1964	
	Intercepto: 638,5140	447,8962	
ARIMA(1,0,2)	ϕ_1 : 0,7322	0,1642	261,48
	θ_1 : 0,5290	0,2218	
	θ_2 : 0,7885	0,2329	
	Intercepto: 595,0134	275,8838	
ARIMA(0,0,2)	θ_1 : 1,1645	0,2115	266,83
	θ_2 : 1,000	0,223	
	Intercepto: 583,0546	132,8926	

Fonte: Do autor

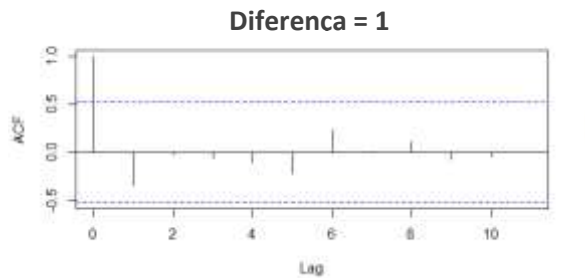
Os modelos apresentaram resíduos com comportamento adequado, sendo selecionado foi o ARIMA (1,0,2), que apresentou o menor valor de AIC dentre os modelos (TABELA 9) e é descrito por:

$$(1 - \phi_1 B)Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2)a_t \quad (26)$$

5.2.1.3. Bolívia

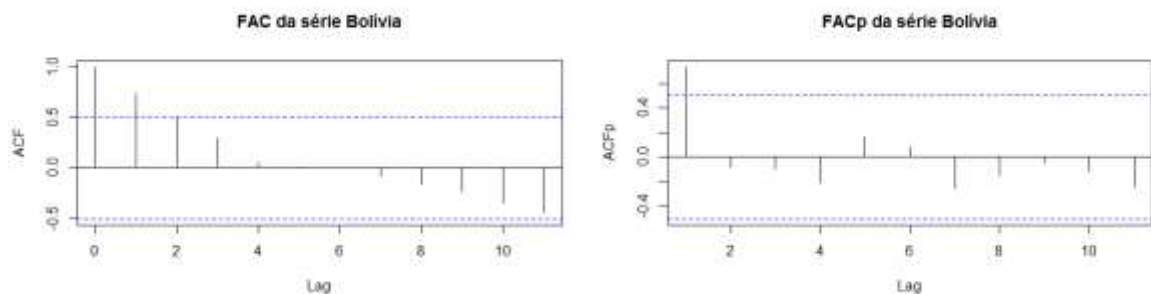
A Figura 30 apresenta as autocorrelações da série Bolívia com uma diferença, o que visualmente foi suficiente para estabilizar a série. A identificação dos modelos ARIMA foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp conforme a Figura 31.

FIGURA 30 - Autocorrelação da série Bolívia com uma e duas diferenças.



Fonte: Do autor

FIGURA 31 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Bolívia



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,1,1), ARIMA(2,1,1) e ARIMA(1,1,2). As estimativas dos parâmetros dos modelos e os respectivos erros padrões estão apresentados na Tabela 10:

TABELA 10- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Bolívia, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,1,1)	ϕ_1 : -0,9945	0,0871	105,93
	θ_1 : 0,9660	0,2785	
ARIMA(2,1,1)	ϕ_1 : 0,7215	0,2606	106,76
	ϕ_2 : 0,2779	0,2607	
	θ_1 : -0,9826	0,1122	
ARIMA(1,1,2)	ϕ_1 : 0,2217	0,7349	107,79
	θ_1 : -0,3368	0,6807	
	θ_2 : 0,2376	0,3295	

Fonte: Do autor

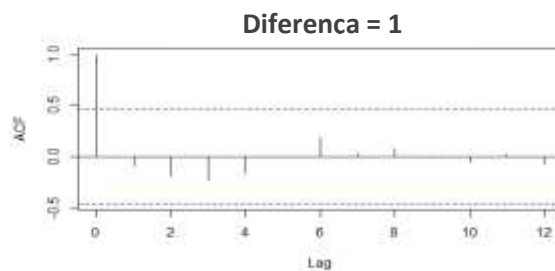
Os modelos apresentam resíduos com comportamento adequado. O modelo selecionado foi o ARIMA (1,1,1), que apresentou o menor valor de AIC dentre os modelos (TABELA 10), descrito por:

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)Z_t = (1 - \theta_1 B)a_t \quad (27)$$

5.2.1.4. Brasil

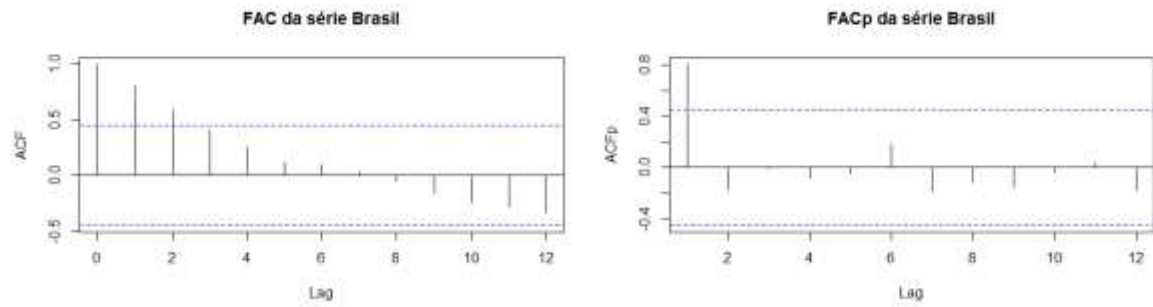
A Figura 32 apresenta as autocorrelações da série Brasil com uma diferenciação o que, aparentemente, seria suficiente para estabilizar a série. A identificação dos modelos ARIMA foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp conforme a Figura 33.

FIGURA 32- Autocorrelação da série Brasil com uma diferença.



Fonte: Do autor

FIGURA 33 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Brasil.



Fonte: Do autor

Em relação à série Brasil, os modelos identificados, ARIMA(2,1,1), ARIMA(0,1,2) e ARIMA(2,1,0) não apresentaram resíduos com comportamento adequado. Foram então selecionados os modelos ARIMA(2,2,2), ARIMA(3,2,2) e ARIMA(2,2,3), cujas estimativas estão apresentadas na Tabela 11.

TABELA 11- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Brasil, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA(2,2,2)	ϕ_1 : 0,515	0,2433	275,54
	ϕ_2 : -0,3117	0,2310	
	θ_1 : -1,9558	0,2449	
	θ_2 : 1,0000	0,2439	
ARIMA(3,2,2)	ϕ_1 : 0,3594	0,2430	276,02
	ϕ_2 : -0,1949	0,2275	
	ϕ_3 : -0,3007	0,2258	
	θ_1 : -1,9482	0,2624	
ARIMA(2,2,3)	θ_2 : 1,0000	0,2616	273,89
	ϕ_1 : 1,0501	0,1944	
	ϕ_2 : -0,6695	0,1720	
	θ_1 : -2,8648	0,3392	
	θ_2 : 2,8647	0,6499	
	θ_3 : -0,9999	0,3367	

Fonte: Do autor

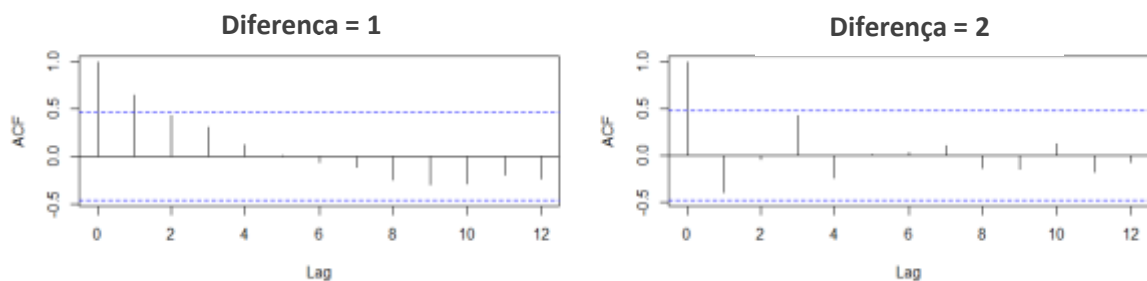
Os modelos apresentam resíduos com comportamento adequado. O modelo selecionado para a série de certificações ISO 14001 emitidos no Brasil foi ARIMA (2,2,3), que apresentou menor AIC dentre os analisados (TABELA 11), descrito por:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)(1 - B)^2 Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \theta_3 B^3) a_t \quad (28)$$

5.2.1.5 Canadá

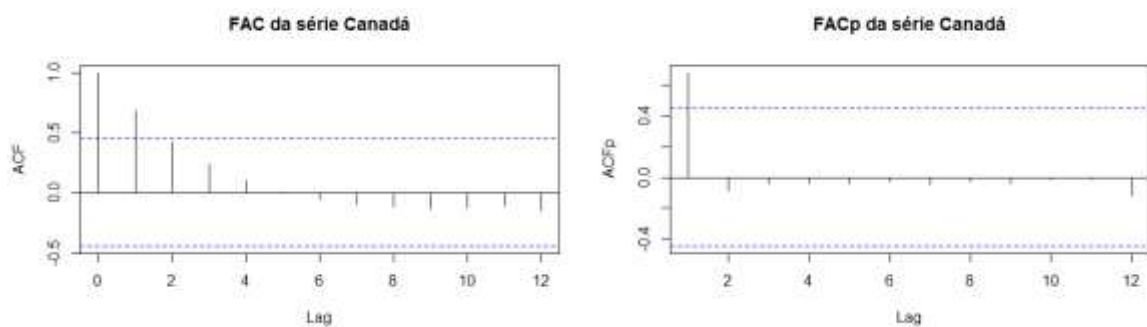
Na análise da série de dados do Canadá, os dados foram transformados, utilizando-se o logaritmo do número de certificações. A série permaneceu não estacionária ($p=0,1825$), sendo realizadas duas diferenciações, o que visualmente, estabilizou a série (Figura 34). Baseado na metodologia de Box & Jenkins, foi realizada a identificação dos potenciais modelos a serem utilizados a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp das séries, conforme a Figura 35.

FIGURA 34 - Autocorrelação da série Canadá com uma e duas diferenças



Fonte: Do autor

FIGURA 35 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Canadá.



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(0,2,2), ARIMA(0,2,1) e ARIMA(2,2,1). As estimativas dos parâmetros dos modelos, e os respectivos erros padrões estão apresentados na Tabela 12:

TABELA 12- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Canadá, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA(0,2,2)	θ_1 : -0,5683	0,1798	8,73
	θ_2 : 1,0000	0,3479	
ARIMA (0,2,1)	θ_1 : -0,2584	0,1881	11,77
ARIMA(2,2,1)	ϕ_1 : -1,0318	0,3548	14,06
	ϕ_2 : -0,3976	0,2056	
	θ_1 : 0,7349	0,3703	

Fonte: Do autor

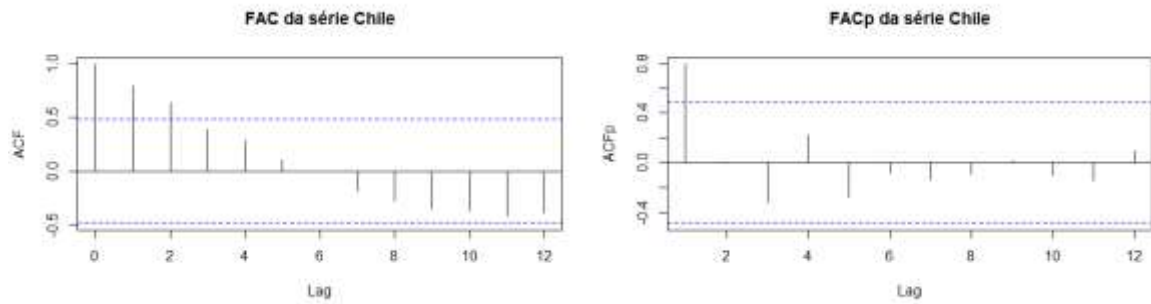
Os três modelos apresentaram resíduos com comportamento adequado. A seleção do melhor modelo foi realizada utilizando-se o critério AIC. Considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 6, foi selecionado o modelo ARIMA (0,2,2), que apresentou o menor AIC, e que é descrito por:

$$(1 - B)^2 Z_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2) a_t \quad (29)$$

5.2.1.6. Chile

De acordo com o teste de Dickey-Fuller ($p=0,0159$), a série de dados ISO 14001 do Chile apresenta comportamento estacionário, não sendo necessária a diferenciação. A identificação dos modelos ARIMA foi realizada a partir dos gráficos da FAC e FACp, apresentados na Figura 36.

FIGURA 36 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Chile



Fonte: Do autor

Os potenciais modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,0,2), ARIMA(1,0,0) e ARIMA(1,0,3). As estimativas dos parâmetros dos modelos, assim como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 13:

TABELA 13- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Chile, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,0,0)	$\phi_1: 0,9267$	0,0809	214,98
	Intercepto: 473,7376	331,4265	
ARIMA(1,0,1)	$\phi_1: 0,9507$	0,0663	216,54
	$\theta_1: -0,1367$	0,2016	
	Intercepto: 478,1487	364,9875	
ARIMA(1,0,2)	$\phi_1: 0,5931$	0,2033	217,26
	$\theta_1: 0,6639$	0,1996	
	$\theta_2: 1,0000$	0,4001	
	Intercepto: 413,491	188,490	

Fonte: Do autor

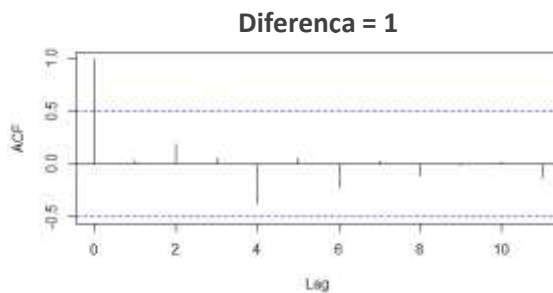
Os modelos apresentam resíduos com comportamento adequado. O melhor modelo para a série de dados do Chile foi o ARIMA (1,0,0), que apresentou o menor AIC (TABELA 13) e foi o mais parcimonioso, descrito por (32).

$$Z_t = (1 - \phi_1 B) + a_t \quad (30)$$

5.2.1.7. Colômbia

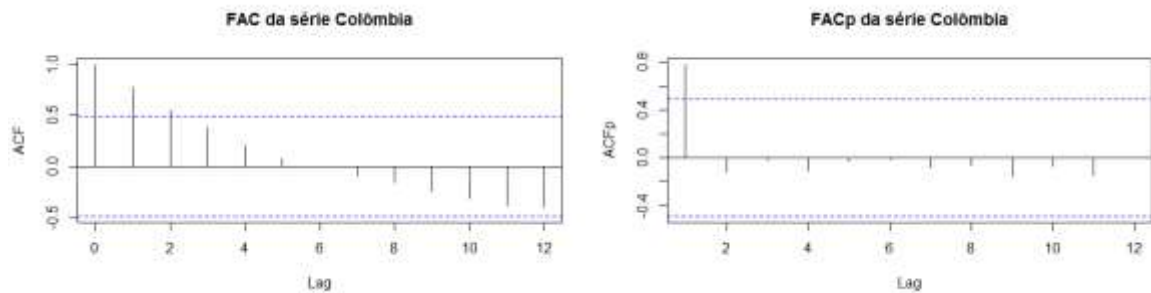
Na análise da série de dados da Colômbia, os dados foram transformados, utilizando-se o logaritmo do número de certificações. A série permaneceu não estacionária, ($p=0,2636$), sendo realizada uma diferenciação para estabilizar a série, de acordo com a Figura 37. A identificação dos modelos ARIMA foi realizada a partir dos gráficos da FAC e FACp, apresentados na Figura 38.

FIGURA 37- Autocorrelação da série Colômbia com uma diferença.



Fonte: Do autor

FIGURA 38 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Colômbia.



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(2,1,0), ARIMA(1,1,1) e ARIMA(1,1,3), cujas estimativas, bem como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 14:

TABELA 14: Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Colômbia, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC (continua)

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (2,1,0)	ϕ_1 : 0,3513	0,2120	8,85
	ϕ_2 : 0,5413	0,2328	

TABELA 14: Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Colômbia, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC (conclusão)

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA(1,1,1)	$\phi_1 : 0,9902$	0,0262	8,36
	$\theta_1 : -0,7701$	0,2846	
ARIMA(1,1,3)	$\phi_1 : -0,3573$	0,2972	12,42
	$\theta_1 : 1,1100$	0,3088	
	$\theta_2 : 1,1100$	0,3545	
	$\theta_3 : 1,0000$	0,3505	

Fonte: Do autor

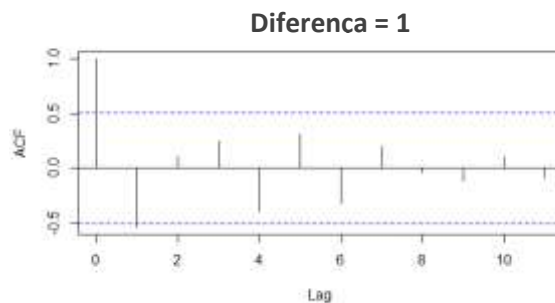
Os modelos apresentam resíduos com comportamento adequado. O modelo selecionado para a série Colômbia, considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 14, foi ARIMA (1,1,1), descrito em (31).

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)Z_t = (1 - \theta_1)a_t \quad (31)$$

5.2.1.8. Costa Rica

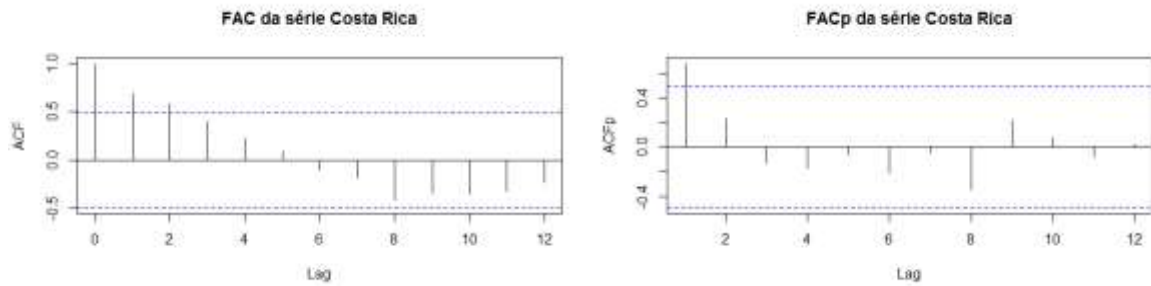
A Figura 39 apresenta as autocorrelações da série Costa Rica com uma diferenciação, o que aparentemente é suficiente para estabilizar a série. A identificação dos modelos ARIMA foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp , conforme a Figura 40.

FIGURA 39 - Autocorrelação da série Costa Rica com uma e duas diferenças.



Fonte: Do autor

FIGURA 40 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Costa Rica



Fonte: Do autor

Para a Costa Rica, os potenciais modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,1,0), ARIMA(1,1,1) e ARIMA(1,1,2). As estimativas dos parâmetros dos modelos e erros padrões dessas estimativas estão apresentadas na Tabela 15:

TABELA 15 - Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Costa Rica, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,1,0)	θ_1 : -0,4092	0,2304	130,59
ARIMA(1,1,1)	ϕ_1 : -0,4195	0,3723	132,59
	θ_1 : 0,0123	0,3601	
ARIMA(1,1,2)	ϕ_1 : 0,706	0,4543	132,78
	θ_1 : -1,1688	0,4829	
	θ_2 : 0,5523	0,2487	

Fonte: Do autor

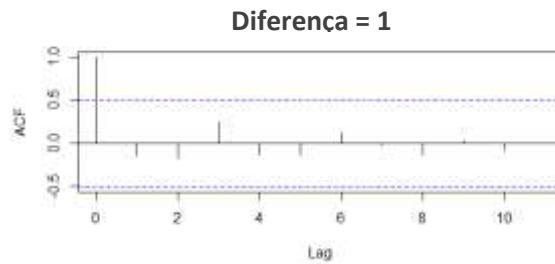
Os modelos identificados apresentam resíduos com comportamento adequado. O modelo selecionado para a série Costa Rica, considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 15, foi ARIMA (1,1,0), descrito por (32).

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)Z_t + a_t \quad (32)$$

5.2.1.9. Equador

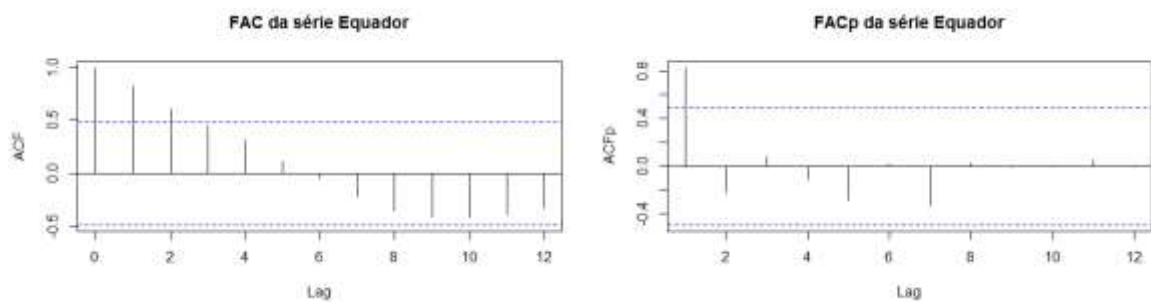
As autocorrelações dos resíduos da série Equador com uma diferença, visualizadas na Figura 41, mostram que a série parece estar estabilizada. A identificação dos modelos ARIMA foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp, conforme a Figura 42.

FIGURA 41- Autocorrelação da série Equador com uma diferença.



Fonte: Do autor

FIGURA 42- Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Equador



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(0,1,1), ARIMA(0,1,2) e ARIMA(1,1,3). As estimativas dos parâmetros dos modelos, e os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 16:

TABELA 16 - Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Equador, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (0,1,1)	θ_1 : 0,2106	0,2835	140,96
ARIMA(0,1,2)	θ_1 : 0,2242	0,2819	142,95
	θ_2 : -0,0287	0,2323	
ARIMA(1,1,3)	ϕ_1 : -0,5318	0,2669	144,19
	θ_1 : 0,6614	0,4527	
	θ_2 : 0,6615	0,4795	
	θ_3 : 1,000	0,631	

Fonte: Do autor

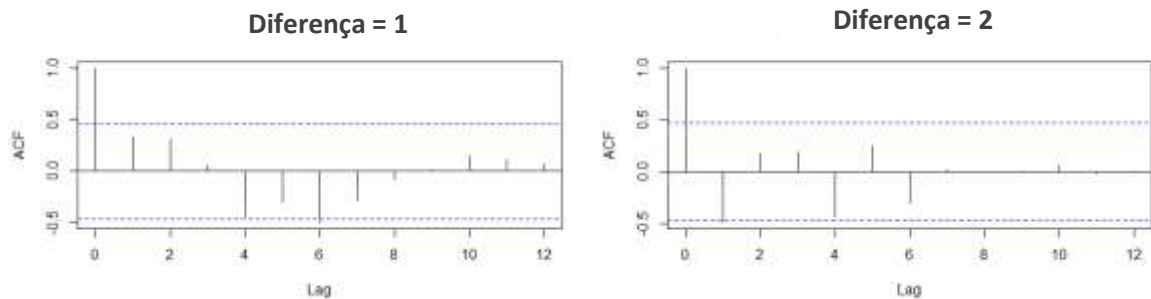
Os resíduos dos modelos apresentaram comportamento adequado. O modelo selecionado para a série Equador, considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 16, foi ARIMA (0,1,1), descrito por:

$$(1 - B)Z_t = (1 - \theta_1 B)a_t \quad (33)$$

5.2.1.10. Estados Unidos

Analisando a série relativa aos Estados Unidos, observa-se na Figura 43 que, ao tomar duas diferenças, é observada uma oscilação em torno da média mais constante da série diferenciada. Logo, decidiu-se por tomar se duas diferenças para a série.

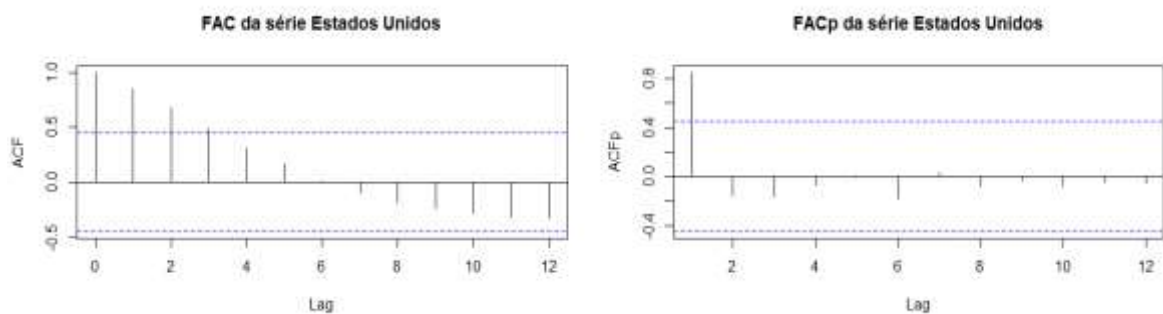
FIGURA 43- Autocorrelação da série Estados Unidos com uma e duas diferenças.



Fonte: Do autor

A identificação dos potenciais modelos a serem utilizados foi realizada a partir da análise dos correlogramas da FAC e FACp, conforme a Figura 44.

Figura 44 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Estados Unidos



Fonte: Do autor

Para os Estados Unidos, os potenciais modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(0,2,1), ARIMA(1,2,0) e ARIMA(1,2,1). As estimativas dos parâmetros dos modelos, bem como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 17:

TABELA 17- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Estados Unidos, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA(0,2,1)	$\theta_1: -0,4173$	0,2219	264,26
ARIMA(1,2,0)	$\phi_1: -0,4616$	0,2044	263,52
ARIMA(1,2,1)	$\phi_1: -0,4154$ $\theta_1: -0,0616$	0,3469 0,3504	265,49

Fonte: Do autor

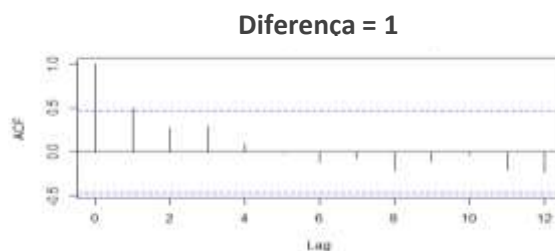
Os três modelos apresentaram resíduos com comportamento adequado. Para a série Estados Unidos, considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 17, foi selecionado o modelo ARIMA (1,2,0), que apresentou menor AIC, descrito por:

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)^2 Z_t + a_t \quad (34)$$

5.2.1.11. México

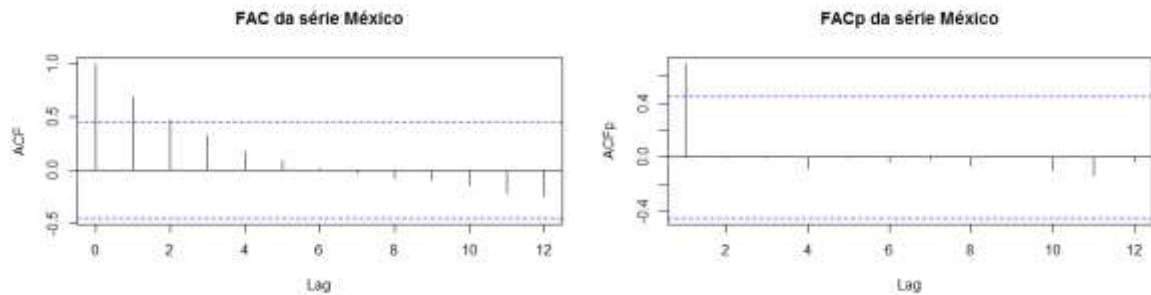
Para a série de dados do México, os dados foram transformados, utilizando-se o logaritmo do número de certificações. Visto que a série permaneceu não estacionária, ($p=0,2681$), foi realizada uma diferenciação para estabilizar a série (Figura 45). A identificação dos modelos ARIMA foi então realizada através da análise dos correlogramas da FAC e FACp, conforme a Figura 46.

FIGURA 45- Autocorrelação da série México com uma e duas diferenças.



Fonte: Do autor

FIGURA 46 - Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Equador



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados para a série México foram: ARIMA(1,1,0), ARIMA(0,1,2) e ARIMA(0,1,1). As estimativas dos parâmetros dos modelos, assim como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 18:

TABELA 18- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série México, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,1,0)	$\phi_1 : 0,9061$	0,1113	20,59
ARIMA(0,1,2)	$\theta_1 : 0,9203$	0,2727	27,44
	$\theta_2 : 0,5953$	0,3147	
ARIMA(0,1,1)	$\theta_1 : 0,8085$	0,2652	27,58

Fonte: Do autor

Os resíduos dos modelos apresentaram comportamento suficientemente adequado. O modelo selecionado para a série México, comparando-se os valores AIC dos modelos apresentados na Tabela 18, foi ARIMA (1,1,0), descrito por (35).

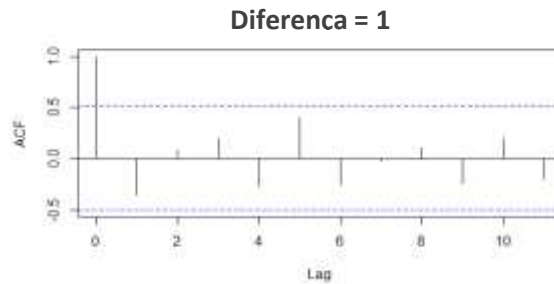
$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)Z_t + a_t \quad (35)$$

5.2.1.12. Peru

Assim como para a série de dados da ISO 14001 do México, os dados da série Peru também foram transformados, utilizando-se o logaritmo do número de certificações. A série permaneceu não estacionária, ($p=0,99$), realizando-se a diferenciação. A Figura 47 mostra as autocorrelações da série com uma diferença e pode-se observar que a série parece estar

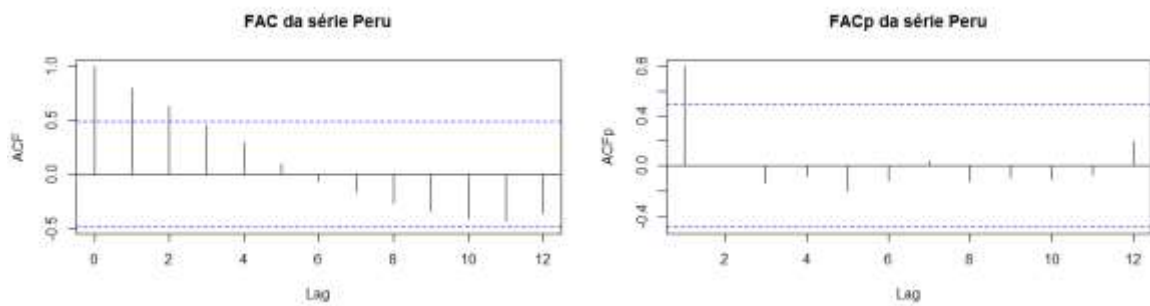
estabilizada. A identificação dos modelos ARIMA pode ser então realizada através da análise dos correlogramas da FAC e FACp, conforme a Figura 48.

FIGURA 47- Autocorrelação da série Peru com uma diferença



Fonte: Do autor

FIGURA 48- Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Peru



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,1,1), ARIMA(0,1,2) e ARIMA(0,1,3). As estimativas dos parâmetros dos modelos, bem como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 19:

TABELA 19 - Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Peru, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC (continua)

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (1,1,1)	ϕ_1 : 0,9882	0,0456	15,71
	θ_1 : -0,8773	0,2293	
ARIMA(0,1,2)	θ_1 : 0,0284	0,2615	18,52
	θ_2 : 0,3441	0,2144	

TABELA 19 - Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Peru, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC (conclusão)

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA(0,1,3)	$\theta_1 : -0,2798$	0,3594	17,88
	$\theta_2 : 0,1942$	0,4251	
	$\theta_3 : 0,7685$	0,4666	

Fonte: Do autor

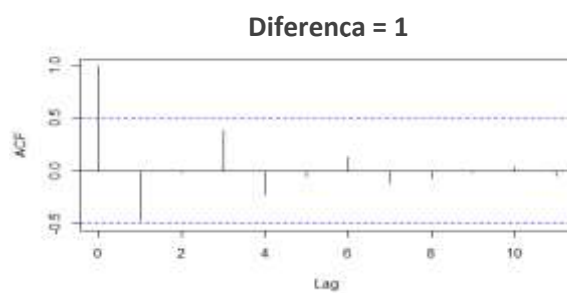
Os resíduos dos modelos apresentaram comportamento adequado. O modelo selecionado para a série Peru, baseados nos os valores AIC dos modelos apresentados na Tabela 19 foi ARIMA (1,1,1), descrito por (36).

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)Z_t = (1 - \theta_1)a_t \quad (36)$$

5.2.1.13. Uruguai

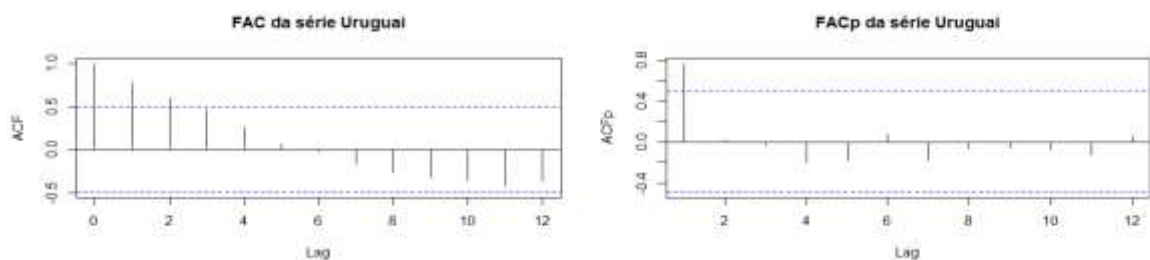
A Figura 49 mostra as autocorrelações da série com uma diferença e pode-se observar que a série parece estar estabilizada. A identificação dos modelos ARIMA pode ser então realizada através da análise dos correlogramas da FAC e FACp , conforme a Figura 50.

FIGURA 49- Autocorrelação da série Uruguai com uma diferença



Fonte: Do autor

FIGURA 50- Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Uruguai



Fonte: Do autor

Os modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(0,1,2), ARIMA(1,1,2) e ARIMA(0,1,3). As estimativas dos parâmetros dos modelos, bem como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 20:

TABELA 20 - Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Uruguai, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (0,1,2)	θ_1 : -0,6956	0,2611	123,99
	θ_2 : 0,9999	0,4496	
ARIMA(1,1,2)	ϕ_1 : 0,7642	0,2041	121,36
	θ_1 : -1,2383	0,3419	
	θ_2 : 0,9999	0,4310	
ARIMA(1,1,3)	ϕ_1 : 0,9937	0,0350	121,81
	θ_1 : -1,7256	0,3934	
	θ_2 : 1,5044	0,6421	
	θ_3 : -0,6738	0,4516	

Fonte: Do autor

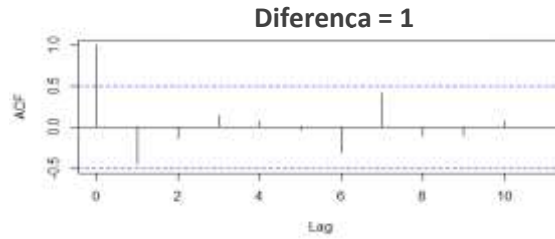
Os resíduos dos modelos identificados apresentaram comportamento adequado. O modelo selecionado para a série Uruguai, baseados nos os valores AIC dos modelos apresentados na Tabela 20 foi ARIMA (1,1,2), descrito por (37).

$$(1 - \phi_1 B)(1 - B)Z_t = (1 - \theta_1 - \theta_2 B^2)a_t \quad (37)$$

5.2.1.14. Venezuela

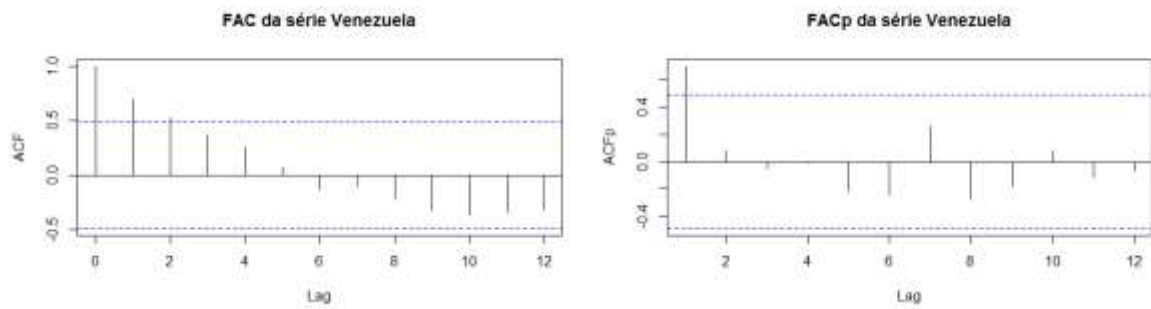
A Figura 51 mostra as autocorrelações da série com uma diferença e pode-se observar que a série parece estar estabilizada com uma diferenciação. A identificação dos modelos ARIMA pode ser então realizada através da análise dos correlogramas da FAC e FACp , conforme a Figura 52.

FIGURA 51- Autocorrelação da série Venezuela com uma diferença



Fonte: Do autor

FIGURA 52- Correlograma das autocorrelações e autocorrelações parciais da série Venezuela



Fonte: Do autor

Para a Venezuela, os potenciais modelos ARIMA identificados foram: ARIMA(1,2,1), ARIMA(0,2,1) e ARIMA(1,2,2). As estimativas dos parâmetros dos modelos, bem como os respectivos erros padrões estão apresentadas na Tabela 21:

TABELA 21- Estimativas dos parâmetros dos modelos ARIMA para a série Venezuela, seus respectivos erros-padrão e valor de AIC

Modelo	Estimativas	Erro padrão	AIC
ARIMA (0,1,2)	θ_1 : -0,8312	0,2671	134,26
	θ_2 : 0,9998	0,5308	
ARIMA(1,1,2)	ϕ_1 : 0,9845	0,1476	134,48
	θ_1 : -1,6537	0,4589	
	θ_2 : 0,7187	0,2805	
ARIMA(1,1,3)	ϕ_1 : -0,4838	0,2486	134,75
	θ_1 : 0,1158	0,3171	
	θ_2 : 0,1158	0,3394	
	θ_3 : 1,0000	0,4648	

Fonte: Do autor

Entre os modelos para a série Venezuela, considerando os valores de AIC apresentados na Tabela 21, o modelo ARIMA (0,1,2), teve o menor valor de AIC, sendo o modelo selecionado e descrito por (38).

$$(1 - B)Z_t = (1 - \theta_1 - \theta_2 B^2)a_t \quad (38)$$

5.2.2. Previsão do número de certificações

Por fim, utilizando os modelos selecionados, foi realizada a previsão do número de certificações ISO 14001 que seriam emitidos nos anos de 2015 e 2016 em cada um dos países analisados e no total do continente. Na Tabela 22 estão apresentadas as previsões do número de certificados ISO 14001, com seus respectivos intervalos de confiança.

TABELA 22 - Previsão do número de certificações ISO 14001 nos anos de 2015 e 2016 (continua)

País ou Região	Ano	Nº de certificações ISO 14001 [Intervalo de Confiança 95%]
América	2015	21627 [19734; 23520]
	2016	21815 [18521; 25110]
Argentina	2015	1223 [903; 1543]
	2016	1090 [575; 1605]
Bolívia	2015	54 [37; 71]
	2016	52 [29; 75]
Brasil	2015	3361 [2566; 4155]
	2016	3764 [2935; 4593]
Canadá	2015	2039 [1270; 3271]
	2016	2058 [893; 4742]
Chile	2015	931 [625; 1237]
	2016	897 [480; 1314]
Colômbia	2015	4737 [2929; 7659]
	2016	6477 [3034; 13825]
Costa Rica	2015	86 [54; 119]
	2016	88 [51; 126]
Estados Unidos	2015	7035 [6062; 8008]
	2016	7514 [5730; 9299]

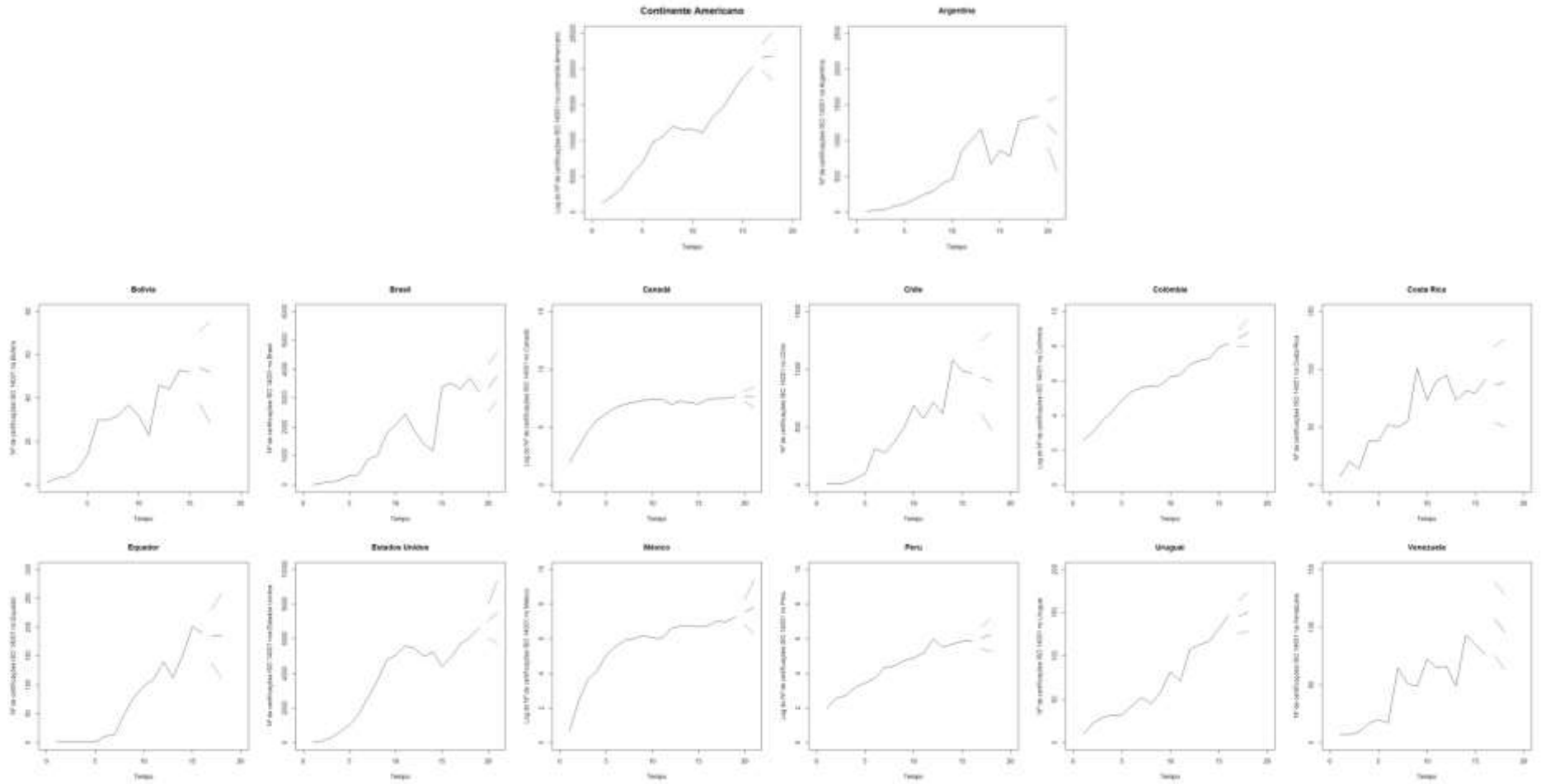
TABELA 22 - Previsão do número de certificações ISO 14001 nos anos de 2015 e 2016 (conclusão)

País ou Região	Ano	Nº de certificações ISO 14001 [Intervalo de Confiança 95%]
Equador	2015	184 [139; 230]
	2016	184 [113; 256]
México	2015	1913 [934; 3918]
	2016	2456 [525; 11489]
Peru	2015	425 [226; 798]
	2016	510 [198; 1311]
Uruguai	2015	145 [126; 164]
	2016	151 [129; 173]
Venezuela	2015	107[76; 138]
	2016	96 [64; 128]

Fonte: Do autor

Os gráficos das previsões para os países estudados e para o continente americano para podem ser observados na Figura 53.

Figura 53 - Previsão do número de certificações ISO 14001 nos países da América nos anos de 2014 e 2015



Fonte: Do autor

5.2.3 Avaliação da qualidade dos modelos e da previsão

A análise gráfica das FAC e de FACp dos resíduos mostraram correlação não significativa, ou seja, indicaram que os resíduos se comportam como ruído branco. As estatísticas dos testes de Shapiro-Wilk e Ljung-Box também indicaram, respectivamente, que os resíduos dos modelos ajustados seguem distribuição Normal e são independentes. Os valores dos testes podem ser observados na Tabela 23.

TABELA 23 – Valores p dos testes de Ljung-Box e Shapiro-Wilk dos modelos ajustados

Região ou País	Testes	
	Ljung-Box (valor p)	Shapiro-Wilk (valor p)
América	0,5108	0,6797
Argentina	0,4644	0,05262
Bolívia	0,2806	0,07448
Brasil	0,3942	0,8468
Canadá	0,7176	0,2935
Chile	0,1365	0,06577
Colômbia	0,8934	0,4072
Costa Rica	0,2781	0,06713
Estados Unidos	0,7766	0,4936
Equador	0,2727	0,4865
México	0,09034	0,8331
Peru	0,09727	0,09408
Uruguai	0,3085	0,7059
Venezuela	0,7016	0,7436

Fonte: Do autor

Os resultados da avaliação da qualidade das previsões estão apresentados na Tabela 24. É possível observar que as previsões realizadas para o número de certificações no ano de 2014 foram consideravelmente próximas ao número real de certificados ISO 14001 emitidos no ano, para a maioria dos modelos ajustados.

Observa-se também que todos os Intervalos de Confiança 95% das previsões para 2014 contém o número de certificados contabilizados no ano no continente ou nos países analisados.

TABELA 24 - Avaliação da qualidade da previsão dos modelos ARIMA ajustados

País ou Região	Modelo ARIMA	Previsão do número de certificados em 2014	Intervalo de Confiança 95%	Nº de certificados em 2014
América	(1,0,2)	19218	[16292; 21832]	20282
Argentina	(1,0,2)	1280	[951; 1608]	1341
Bolívia	(1,1,1)	51	[33; 68]	52
Brasil	(2,2,3)	3361	[2566; 4155]	3222
Canadá	(0,2,2)	2324	[1326; 4072]	2101
Chile	(1,0,0)	946	[629; 1262]	967
Colômbia	(1,1,1)	3956	[2417; 6476]	3453
Costa Rica	(1,1,0)	80	[48; 113]	91
Estados Unidos	(1,2,0)	6614	[5612; 7616]	6586
Equador	(0,1,1)	211	[157; 265]	189
México	(1,1,0)	1049	[510; 2157]	1452
Peru	(1,1,1)	440	[233; 833]	353
Uruguai	(1,1,2)	136	[117; 155]	147
Venezuela	(0,1,2)	89	[57; 120]	76

Fonte: Do autor

5.2.4. Perspectivas futuras para a ISO 14001 no continente americano

Os modelos de previsão de Box & Jenkins em geral se ajustaram bem aos dados do número de certificações ISO 14001. Analisando os resultados da previsão para os países (Tabela 22), podem ser observadas diversas tendências futuras no número de certificações ISO 14001 para o continente americano e nos países selecionados (Tabela 25). O modelo de previsão ajustado para o continente americano aponta uma tendência crescimento no número de certificados emitidos. A maioria dos países do continente tende a seguir o comportamento, variando entre crescimento ou estagnação, com apenas a Argentina apresentando possibilidade de grande redução nos anos subsequentes.

Tabela 25 – Tendências de evolução no número de certificações ISO 14001 em 2015 e 2016 (continua)

Tendência de evolução	País/Região
Crescimento	Continente americano, Brasil, Colômbia, Estados Unidos e México.

Tabela 25 – Tendências de evolução no número de certificações ISO 14001 em 2015 e 2016 (conclusão)

Tendência de evolução	País/Região
Pequeno aumento (10 < n < 100 certificados)	Canadá e Peru
Estagnação (n < 10 certificados)	Bolívia, Costa Rica, Equador, Uruguai e Venezuela.
Pequeno decréscimo (10 < n < 100 certificados)	Chile
Declínio	Argentina

Fonte: Do autor

Autores como Marimon, Fa e Saizarbitoria (2006) e To e Lee (2014) vem indicando, em estudos sobre a difusão da ISO 14001, a ocorrência de estabilização no número de certificações emitidos no Canadá e Estados Unidos, países desenvolvidos do continente americano. As previsões mostraram que o Canadá parece estar enfrentando uma estabilização, com previsão de apenas um pequeno aumento no número de certificações, apesar do crescimento de mais de 300 certificados em 2014. Por sua vez, ao contrário das expectativas, o número de certificados ISO 14001 emitidos nos Estados Unidos ainda teria grande potencial de crescimento, sem indícios de estabilização.

Os modelos de previsão (Tabela 25) mostram ainda que, com exceção do Canadá, os países que apresentavam os maiores números de certificações ISO 14001 em 2014 (Estados Unidos, Colômbia, Brasil e México) possuem uma tendência de grande crescimento para os próximos dois anos, indicando que podem reforçar sua posição na liderança no número de certificados emitidos na região.

As previsões para os países da América Latina indicam variadas tendências de evolução no número de certificados ISO 14001 emitidos (Tabela 25). Em relação ao Brasil, Colômbia e México, as previsões apontam para uma tendência de crescimento no número de certificados em um futuro próximo. O modelo ajustado para o Peru indica um pequeno aumento no número de novos certificados. De forma contrária, uma redução no número de certificados pode ser esperada para países como Chile e Argentina.

Para o Brasil, a perspectiva de aumento no número de certificações, acompanhando a tendência observada nos dados dos últimos anos no país opõe-se as expectativas de que o Brasil seria um abandonador precoce, relatada por To e Lee (2014). Os autores levantaram a hipótese de que a queda acentuada no número de certificados no Brasil entre os anos de 2007

e 2009, os últimos dados utilizados no seu estudo sinalizaria que o país seria um dos primeiros em que as organizações estariam deixando de se certificar, por supostamente questionarem a eficácia da ISO 14001 na melhoria da gestão ambiental. O crescimento após esse período, assim como a previsão realizada nesse trabalho mostram, no entanto que a queda no número de certificações ISO 14001 apresentada pelo Brasil nos anos de 2008 e 2009 poderia ser apenas um evento relacionado a uma alteração no cenário econômico, não representando o comportamento da evolução da ISO 14001 no país. De forma semelhante, essa conclusão poderia ser também aplicada para os outros países do continente que vêm apresentando aumento no número de certificações após esse período de estagnação no crescimento.

Com relação a Chile e Argentina, as previsões obtidas a partir dos modelos selecionados indicam respectivamente tendência de pequena redução e grande queda no número de novos certificados ISO 14001 nos próximos dois anos.

Para os demais países em desenvolvimento do continente, a tendência é que o número de certificados ISO 14001 emitidos oscile dentro da média dos últimos anos, o que não significaria necessariamente que esses países estejam passando por um processo de saturação no número de certificados. Esse fato poderia ser explicado à limitação econômica e em tamanho das organizações nesses países, ou seja, ao número de empresas aptas a implantar Sistemas de Gestão Ambiental, processo complexo que envolve altos custos monetários e não monetários.

Outros fatores como a insuficiente promoção da norma pelas agências regulatórias, a falta de conhecimento a respeito dos benefícios da certificação por gestores empresariais, a escassez de incentivos governamentais e a ausência de pressões comerciais poderiam estar dificultando a difusão da certificação ISO 14001 nesses países.

Embora a preocupação com os impactos ambientais e a conscientização sobre as questões ambientais seja crescente nos países latino-americanos, assim como nos países em desenvolvimento em geral, a disseminação de padrões de gestão ambiental como a ISO 14001 nesses países tem sido lenta em relação aos países industrializados devido a uma série de limitações, mencionadas por Massoud et al. (2010b).

As estratégias para estimular a implantação de SGAs certificados com a ISO 14001 nos países em desenvolvimento aparentemente dependem do empenho dos governos. Enquanto nos países desenvolvidos do continente, Estados Unidos e Canadá, a relativa baixa adesão a normas de gestão ambiental visivelmente está relacionada a questões culturais

internas e principalmente, ausência de pressões da cadeia de suprimentos, nos países latino-americanos, ela parece estar ligada a questões financeiras, de infraestrutura e por outras necessidades mais urgentes. O crescimento no número de empresas certificadas com a ISO 14001 parece depender de ações governamentais pertinentes à melhorias na infraestrutura pública, ao endurecimento das regulações ambientais e de incentivos à adoção da ISO 14001 pelo governo à empresas dos setores público e privado.

6 CONCLUSÕES

No continente americano, a norma de gestão ambiental ISO 14001 está presente na maioria dos países e o número de novas certificações está em constante crescimento ano a ano, apesar da disparidade socioeconômica entre os países e das instabilidades relacionadas principalmente ao cenário econômico no continente.

A evolução no número de certificados ISO 14001 para as organizações parece estar ocorrendo de forma heterogênea entre os países da região. Enquanto companhias dos Estados Unidos e Canadá apresentaram rápida iniciativa em implantar SGA certificados, o crescimento no número de certificados nos países latino-americanos se intensificou apenas nos últimos anos.

O Índice de Intensidade de Certificação da ISO 14001 modificado, aplicado para demonstrar o interesse que cada país está apresentando em obter a certificação ISO 14001 revelou que, embora Estados Unidos seja o país com o maior número de certificações, as suas organizações não seriam aquelas mais empenhadas em implantar a norma ambiental. Em relação ao tamanho da sua economia, as empresas da Colômbia seriam as mais interessadas em obter a ISO 14001.

Os fatores que estão motivando ou dificultando a decisão de implantar a ISO 14001 parecem se diferenciar entre os países do continente. O ambiente institucional desfavorável e a fraca pressão comercial seriam alguns dos principais fatores que desmotivariam empresas norte-americanas a buscar a certificação. Nos países latino-americanos, embora a abertura político econômica nas últimas décadas tenha propiciado um cenário favorável, a implantação de regulações ambientais voluntárias ainda é dificultada por deficiências na infraestrutura e pelos altos custos do processo de certificação. O crescimento da preocupação ambiental por consumidores, no entanto, vêm gerando pressões para a adoção de certificações visando melhoria da imagem corporativa.

Com relação aos setores econômicos, os setores de Metais básicos e produtos metálicos, Construção, Químico, Produtos químicos e fibras, Transportes, armazenagem e comunicações e Equipamentos elétricos e ópticos apresentaram, respectivamente, os maiores números de certificados ISO 14001 no ano de 2014 no continente americano. O setor de Metais básicos também foi a indústria que apresentou o maior número de certificados nos cinco últimos anos na região.

A análise em nível de setor econômico mostrou também que nos países do continente que concentravam maiores volumes de certificações ISO 14001 em 2014, os certificados pareciam estar distribuídos entre diferentes setores, ou seja, haveria baixa concentração de certificações em apenas algumas áreas da economia. No entanto, dentre os setores que apresentaram os maiores números de certificados em 2014, a ISO 14001 estava concentrada em poucos países.

Ao comparar a relação entre a certificação ISO 14001 e a norma da qualidade ISO 9001, reconhecidas na literatura por suas similaridades, verificou-se que tanto em nível de país como em nível de setor econômico, a disparidade entre o número de certificados emitidos para as duas normas está se reduzindo ao longo do tempo. No entanto, o número de certificações ISO 9001 ainda permanece maior do que o de ISO 14001, apesar da redução do número de novas certificações voltadas para Sistemas de Gestão da Qualidade e do crescente número de novas certificações ambientais. Esse fato pode ser explicado, dentre outros fatores, pelas diferenças nas motivações para obter as duas certificações e pela necessidade de priorização da qualidade dos processos e produtos, em detrimento das questões ambientais, dentro das organizações.

A metodologia de Box & Jenkins se mostrou satisfatória para a modelagem e previsão do número de certificações ISO 14001 emitidos nos países do continente americano, como uma alternativa aos modelos de regressão logísticos, abordados na literatura da evolução da ISO 14001, quando esses não forem adequados. No entanto, é importante salientar as limitações dos modelos, relacionadas principalmente ao baixo número de observações disponíveis das séries para análise.

Os modelos ajustados mostraram uma tendência de crescimento no total de certificados ISO 14001 emitidos no continente e entre os países com maior número de certificações (Estados Unidos, Colômbia e Brasil) em 2014, indicando que eles devem manter e reforçar suas posições como líderes na adoção da norma na região nos dois próximos anos. Em relação aos demais países, as previsões indicam uma tendência de estabilização na maioria dos países analisados. Aparentemente, apenas a Argentina e em certo ponto, Chile podem apresentar redução no número de certificados ISO 14001 emitidos nos dois anos subsequentes a 2014.

Os resultados mostraram que as organizações que possuem condições de implantar SGAs ainda estão motivadas a buscarem a certificação e devem permanecer interessadas nos próximos anos. Entretanto, o número de adoções da ISO 14001 pode ser restrito em alguns

países da região, que atualmente possuem uma base reduzida de certificados ISO 14001 e devem manter esse comportamento nos próximos dois anos, principalmente devido a diversas limitações relacionadas ao alto custo e complexidade do processo de certificação e da falta de comprovação a respeito dos reais benefícios que ela poderia trazer para a organização.

Como sugestões para trabalhos futuros estão estudos mais aprofundados sobre a difusão da ISO 14001 entre setores econômicos no continente americano e novas abordagens sobre relação entre o número de certificados ISO 14001 e a ISO 9001 nos países e nos setores, visando explicar as variações existentes. Entre outras sugestões estão a previsão da difusão da norma em outras regiões pouco abordadas na literatura da ISO 14001 e futuramente, a modelagem da evolução do número de certificados por setores econômicos no continente americano.

REFERÊNCIAS

- ABREU, M.C.S. de. How to define an environmental policy to improve corporate sustainability in developing countries. **Business Strategy and the Environment**, v. 18, n. 8, p. 542-556, 2009.
- AKAIKE, H. Maximum likelihood identification of Gaussian autoregressive moving average models. **Biometrika**, v. 60, n. 2, p. 255-265, 1973.
- ALBUQUERQUE, P.; BRONNENBERG, B.J.; CORBETT, C. J. A spatiotemporal analysis of the global diffusion of ISO 9000 and ISO 14000 certification. **Management Science**, v. 53, n. 3, p. 451-468, 2007.
- BANSAL, P.; BOGNER, W. C. Deciding on ISO 14001: economics, institutions, and context. **Long Range Planning**, v. 35, n. 3, p. 269-290, 2002.
- BANSAL, P.; HUNTER, T. Strategic explanations for the early adoption of ISO 14001. **Journal of Business Ethics**, v. 46, n. 3, p. 289-299, 2003.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos modelos e instrumentos**. 2ª ed. atual e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BARLA, P. ISO 14001 certification and environmental performance in Quebec's pulp and paper industry. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 53, n. 3, p. 291-306, 2007.
- BAUMBACH, M. de O.; PRADO FILHO, J. F. do; FONSECA, A. Environmental management in small mining enterprises: comparative analysis of three Brazilian cases through the lenses of ISO 14001. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 66, n. 1, p. 111-116, 2013.
- BLACKMAN, A. Can voluntary environmental regulation work in developing countries? Lessons from case studies. **Policy Studies Journal**, v. 36, n. 1, p. 119-141, 2008.
- BLACKMAN, A. Alternative Pollution Control Policies in Developing Countries. **Review of Environmental Economics and Policy**, v.4, n. 2, p. 234–253, 2010.
- BLACKMAN, A. Does eco-certification boost regulatory compliance in developing countries? ISO 14001 in Mexico. **Journal of Regulatory Economics**, v. 42, n. 3, p. 242-263, 2012.
- BLACKMAN, A.; GUERRERO, S. What drives voluntary eco-certification in Mexico?. **Journal of Comparative Economics**, v. 40, n. 2, p. 256-268, 2012.
- BODAS-FREITAS, I. M. The diffusion of ISO 9000 and ISO 14001 certification, cross sectoral evidence from eight OECD countries. In: SUMMER CONFERENCE PAPERS. 2009. **Anais.... Copenhagen**, 2009. p. 17-19.

BODAS-FREITAS, I. M.; IIZUKA, M. Standards compliance as an alternative learning opportunity under globalization in Latin America. In: *SPRU-SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY RESEARCH*, University of Sussex, 2008. **Anais...** Brighton, 2008. p. 0-37.

BOIRAL, O. Managing with ISO Systems: Lessons from Practice. **Long Range Planning**, v.44, n. 3, p. 197-220, 2010.

BOX, G.E.P.; JENKINS, G.M. **Time series analysis: Forecasting and control**, San Francisco: Holden-Day, 1970.

BOX, G. E. P; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time series analysis: Forecasting and control**. John Wiley & Sons, 2011.

BOX, G.E.P; PIERCE, D. A. Distribution of residual autocorrelations in autoregressive-integrated moving average time series models. **Journal of the American Statistical Association**, v. 65, n. 332, p. 1509-1526, 1970.

BRUNDTLAND, G. et al. **Our Common Future** ('Brundtland report'). 1987.

CASADESUS, M.; MARIMON, F.; HERAS- SAIZARBITORIA, I. ISO 14001 diffusion after the success of the ISO 9001 model. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 16, p. 1741-1754, 2008.

CHENG, C.; CHEN, Y.; WU, Y. Forecasting innovation diffusion of products using trend-weighted fuzzy time-series model. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 2, p. 1826-1832, 2009.

CHENG, E. W.L; CHIANG, Y. H.; TANG, B. S. Exploring the economic impact of construction pollution by disaggregating the construction sector of the input–output table. **Building and Environment**, v. 41, n. 12, p. 1940-1951, 2006.

CHRISTODOULOS, C.; MICHALAKELIS, C.; VAROUTAS, D. Forecasting with limited data: Combining ARIMA and diffusion models. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 77, n. 4, p. 558-565, 2010.

COMOGLIO, C.; BOTTA, S. The use of indicators and the role of environmental management systems for environmental performances improvement: a survey on ISO 14001 certified companies in the automotive sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 20, n. 1, p. 92-102, 2012.

CORBETT, C. J.; KIRSCH, D. A. International diffusion of ISO 14000 certification. **Production and Operations Management**, v. 10, n. 3, p. 327-342, 2001.

CORBETT, C. J.; KIRSCH, D. A. Response to “Revisiting ISO 14000 Diffusion: A New Look “at the Drivers of Certification”. **Production and Operations Management**, v. 13, n. 3, p. 268-271, 2004.

COULSON, A. B.; DIXON, R. Environmental risk and management strategy. **International Journal of Bank Marketing**, v.13, n. 2 p. 22 – 29, 1995.

COX, D. R. Partial likelihood. **Biometrika**, v. 62, n. 2, p. 269-276, 1975.

CURKOVIC, S.; SROUFE, R.. Using ISO 14001 to promote a sustainable supply chain strategy. **Business Strategy and the Environment**, v. 20, n. 2, p. 71-93, 2011.

DE JONG, P.; PAULRAJ, A.; BLOME, C. The financial impact of ISO 14001 certification: top-line, bottom-line, or both?. **Journal of Business Ethics**, v. 119, n. 1, p. 131-149, 2014.

DEKIMPE, M. G.; PARKER, P. M.; SARVARY, M. Staged estimation of international diffusion models: An application to global cellular telephone adoption. **Technological forecasting and social change**, v. 57, n. 1, p. 105-132, 1998.

DELMAS, M. A. The diffusion of environmental management standards in Europe and in the United States: An institutional perspective. **Policy Sciences**, v. 35, n. 1, p. 91-119, 2002.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366a, p. 427-431, 1979.

DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1057-1072, 1981.

EARNHART, D. H.; KHANNA, M.; LYON, T. P. Corporate environmental strategies in emerging economies. **Review of Environmental Economics and Policy**, v. 8, n. 2, p. 164-185, 2014.

EHLERS, R. S. Análise de séries temporais. Laboratório de Estatística e Geoinformação. **Universidade Federal do Paraná**, 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Voluntary Environmental Management System/ISO 14001**. 2012. Disponível em:<
<http://water.epa.gov/polwaste/wastewater/Voluntary-EMS-ISO-14001.cfm>>. Acesso em 22 de set. de 2015.

FIKRU, M. G. International certification in developing countries: The role of internal and external institutional pressure. **Journal of Environmental Management**, v. 144, p. 286-296, 2014.

FISHER, J.C.; PRY, Robert H. A simple substitution model of technological change. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 3, p. 75-88, 1972.

FRANCESCHINI, F. et al. Clustering of European countries based on ISO 9000 certification diffusion. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 5, p. 558-575, 2010.

FRANCESCHINI, F.; GALETTO, M.; GIANNI, G. A new forecasting model for the diffusion of ISO 9000 standard certifications in European countries. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 21, n. 1, p. 32-50, 2004.

FREITAS, I. M. B. The diffusion of ISO 9000 and ISO 14001 certification, cross sectoral evidence from eight OECD countries. In: SUMMER CONFERENCE PAPERS. 2009. **Anais...** Copenhagen, 2009. p. 17-19.

GHISELLINI, A.; THURSTON, D. L. Decision traps in ISO 14001 implementation process: case study results from Illinois certified companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 8, p. 763-777, 2005.

GOMEZ, A.; RODRIGUEZ, M. A. The effect of ISO 14001 certification on toxic emissions: an analysis of industrial facilities in the north of Spain. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 9, p. 1091-1095, 2011.

GONZÁLEZ-BENITO, J. GONZÁLEZ-BENITO, O. An analysis of the relationship between environmental motivations and ISO14001 certification. **British Journal of Management**, v. 16, n. 2, p. 133-148, 2005.

GONZÁLEZ-BENITO, J.; LANNELONGUE, G.; QUEIRUGA, D. Stakeholders and environmental management systems: a synergistic influence on environmental imbalance. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 14, p. 1622-1630, 2011.

GOTTARDI, G.; SCARSO, E. Diffusion models in forecasting: a comparison with the Box & Jenkins approach. **European Journal of Operational Research**, v. 75, n. 3, p. 600-616, 1994.

HERAS-SAIZARBITORIA, I.; ARANA, G.; BOIRAL, O. Exploring the dissemination of environmental certifications in high and low polluting industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 89, p. 50-58, 2015.

HERAS-SAIZARBITORIA, I.; LANDÍN, G. A.; MOLINA-AZORÍN, J. F.. Do drivers matter for the benefits of ISO 14001?. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 31, n. 2, p. 192-216, 2011.

HILSON, G. Pollution prevention and cleaner production in the mining industry: an analysis of current issues. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, n. 2, p. 119-126, 2000.

HYNDMAN, R. J. Forecasting functions for time series and linear models. R package version 5.9, 2015. Disponível em: <<http://github.com/robjhyndman/forecast>>.

International Organization for Standardization (ISO). **The ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14000 Certificates: 10th Cycle**. Génova, 2000. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/survey10thcycle.pdf>>. Acesso em 02 de out. de 2014

International Organization for Standardization (ISO). **ISO 14000 family – Environmental management**. Genebra, 2004a. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso14000.htm>>. Acesso em 03 de mai. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **ISO 14001:2004**. Genebra, 2004b. Disponível em:

<www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=31807>. Acesso em 25 de abr. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **Environmental Management - The ISO 14000 Family of International Standards**. Genebra, 2009. Disponível em <www.iso.org/iso/theiso14000family_2009.pdf>. Acesso em 14 de jun. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **ISO Survey**. Genebra, 2015. Disponível em <<http://www.iso.org/iso/home/standards/certification/iso-survey.htm?certificate=ISO%209001&countrycode=AF>>. Acesso em 25 set. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **About ISO**. Genebra, 2015a. Disponível em <<http://www.iso.org/iso/home/about.htm>>. Acesso em 20 de jul. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **ISO 14001:2004 Environmental Management Systems Revision**. Genebra, 2015b. Disponível em <http://www.iso.org/iso/iso14001_revision>. Acesso em 17 de abr. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **Standards catalogue: ISO/TC 207/SC1 - Environmental management systems**. Genebra, 2015c. Disponível em <http://www.iso.org/iso/home/store/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54818>. Acesso em 11 de jul. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **The newly revised ISO 14001 is here**. Genebra, 2015d. Disponível em <<http://www.iso.org/iso/news.htm?refid=Ref1999>>. Acesso em 19 de dez. 2015.

International Organization for Standardization (ISO). **Introduction to ISO 14001:2015**. Genebra, 2015e. Disponível em <www.iso.org/iso/introduction_to_iso_14001.pdf>. Acesso em 12 de jan. 2015.

JIANG, R. J. BANSAL, P. Seeing the need for ISO 14001. **Journal of Management Studies**, v. 40, n. 4, p. 1047-1067, 2003.

JØRGENSEN, T. H.; REMMEN, A.; MELLADO, M. D. Integrated management systems—three different levels of integration. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 8, p. 713-722, 2006.

KHAN, Z. Cleaner production: an economical option for ISO certification in developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 1, p. 22-27, 2008.

KOLA-LAWAL, C. et al. Factors in Organisational Environmental Management System Implementation—Developed vs. Developing Country Contexts. **Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems**, v. 2, n. 4, p. 408-421, 2014.

KOLLMAN, K.; PRAKASH, A. EMS-based environmental regimes as club goods: examining variations in firm-level adoption of ISO 14001 and EMAS in UK, US and Germany. **Policy Sciences**, v. 35, n. 1, p. 43-67, 2002.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v. 65, n. 2, p. 297-303, 1978.

LUKÁCS, E. The economic role of SMEs in world economy, especially in Europe. **European Integration Studies**, n. 1 (4), p. 3-12, 2005.

MALIK, K. et al. Human Development Report 2014. **Sustaining Human Progress: Reducing Vulnerabilities and Building Resilience**. Nova York: United Nations Development Programme, 2014.

MARIMON, F.; CASADESÚS, M.; HERAS-SAIZARBITORIA, I. ISO 9000 and ISO 14000 standards: an international diffusion model. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 26, n. 2, p. 141-165, 2006.

MARIMON, F.; HERAS-SAIZARBITORIA, I.; CASADESUS, M. ISO 9000 and ISO 14000 standards: a projection model for the decline phase. **Total Quality Management**, v. 20, n. 1, p. 1-21, 2009.

MARIMON, F.; CASADESÚS, M.; HERAS-SAIZARBITORIA, I. Certification intensity level of the leading nations in ISO 9000 and ISO 14000 standards. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 27, n. 9, p. 1002-1020, 2010.

MARIMON, F.; LLACH, J.; BERNARDO, M. Comparative analysis of diffusion of the ISO 14001 standard by sector of activity. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 15, p. 1734-1744, 2011.

MARIMON, F. et al. The worldwide diffusion of the global reporting initiative: what is the point?. **Journal of Cleaner Production**, v. 33, p. 132-144, 2012.

MARTINS, V. L. M.; WERNER, L. Comparação de previsões individuais e suas combinações: um estudo com séries industriais. **Produção**, Porto Alegre, v. 24, n. 3, p. 618-627, 2014.

MASSOUD, M. A. et al. Drivers, barriers and incentives to implementing environmental management systems in the food industry: A case of Lebanon. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 3, p. 200-209, 2010a.

MASSOUD, M. A. et al. Environmental management system (ISO 14001) certification in developing countries: challenges and implementation strategies 1. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 6, p. 1884-1887, 2010b.

MAURI, C. Environmental law enforcement and compliance in Central America. In: SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL COMPLIANCE AND ENFORCEMENT, 2002, San Jose. **Anais...** San José, 2002. p. 1-21.

MEADE, N. The use of growth curves in forecasting market development—a review and appraisal. **Journal of Forecasting**, v. 3, n. 4, p. 429-451, 1984.

MEADE, N.; ISLAM, T. Technological forecasting—Model selection, model stability, and combining models. **Management Science**, v. 44, n. 8, p. 1115-1130, 1998.

MEADE, N.; ISLAM, T. Modelling and forecasting the diffusion of innovation - A 25-year review. **International Journal of Forecasting**, v. 22, n. 3, p. 519-545, 2006.

MONTIEL, I.; HUSTED, B.W. The adoption of voluntary environmental management programs in Mexico: First movers as institutional entrepreneurs. **Journal of Business Ethics**, v. 88, n. 2, p. 349-363, 2009.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. de C. **Previsão de séries temporais**. São Paulo: Atual, 1985.

MOURA, L. D. L.; SILVA, R. F. da. Difusão da ISO 14001 no Brasil: análise comparativa dos estados e dos setores de atuação. **Revista Gestão Industrial**, v. 9, n. 4, 2014.

NADAL, M.; SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, J. L. Metal pollution of soils and vegetation in an area with petrochemical industry. **Science of the Total Environment**, v. 321, n. 1, p. 59-69, 2004.

NEUMAYER, E.; PERKINS, R. What explains the uneven take-up of ISO 14001 at the global level? A panel data analysis. **Environment and Planning A**, v. 36, p. 823-839, 2004.

NEWBOLD, J. Chile's environmental momentum: ISO 14001 and the large-scale mining industry—case studies from the state and private sector. **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n. 3, p. 248-261, 2006.

NISHITANI, K. An empirical study of the initial adoption of ISO 14001 in Japanese manufacturing firms. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 669-679, 2009.

NISHITANI, K. Demand for ISO 14001 adoption in the global supply chain: An empirical analysis focusing on environmentally conscious markets. **Resource and Energy Economics**, v. 32, n. 3, p. 395-407, 2010.

OLIVEIRA, J. A. P. de. **Empresas na Sociedade: sustentabilidade e responsabilidade social**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

POKSINSKA, B.; DAHLGAARD, J. J.; EKLUND, J. A. E. Implementing ISO 14000 in Sweden: motives, benefits and comparisons with ISO 9000. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 20, n. 5, p. 585-606, 2003.

POTOSKI, M.; PRAKASH, A. Green clubs and voluntary governance: ISO 14001 and firms' regulatory compliance. **American Journal of Political Science**, v. 49, n. 2, p. 235-248, 2005.

QUAZI, H. A. et al. Motivation for ISO 14000 certification: development of a predictive model. **Omega**, v. 29, n. 6, p. 525-542, 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.r-project.org>, 2014.

RAZALI, N. M.; WAH, Y. B. Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Sarling tests. **Journal of Statistical Modeling and Analytics**, v. 2, n. 1, p. 21-33, 2011.

ROBÈRT, K-H. Tools and concepts for sustainable development, how do they relate to a general framework for sustainable development, and to each other?. **Journal of Cleaner Production**, v. 8, n. 3, p. 243-254, 2000.

ROGERS, E. M. **Diffusion of innovations**. New York: Free Press, v. 18, n. 20, p. 271, 1983.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, p. 591-611, 1965.

TEECE, D. The Diffusion of an Administrative Innovation. **Management Science**, v.26, n.5, p. 464-470, 1980.

THE WORLD BANK. **World Development Indicators**. Washington, D.C.: The World Bank (producer and distributor). Disponível em: < <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>>. Acesso em 02 jun. 2015.

TO, W. M.; LEE, P. K. C. Diffusion of ISO 14001 environmental management system: global, regional and country-level analyses. **Journal of Cleaner Production**, v. 66, p. 489-498, 2014.

TRAPLETTI, A.; HORNIK, K. Time Series Analysis and Computational Finance. R package version 0.10-34, 2015.

TURK, A. M. The benefits associated with ISO 14001 certification for construction firms: Turkish case. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 5, p. 559-569, 2009.

VASTAG, G. Revisiting ISO 14000 diffusion: A new "look" at the drivers of certification. **Production and Operations Management**, v. 13, n. 3, p. 260-267, 2004.

VIADIU, F. M.; FA, M. C.; HERAS-SAIZARBITORIA, I. H. ISO 9000 and ISO 14000 standards: an international diffusion model. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 26, n. 2, p. 141-165, 2006.

WELCH, E. W.; MORI, Y.; AOYAGI-USUI, M. Voluntary adoption of ISO 14001 in Japan: mechanisms, stages and effects. **Business Strategy and the Environment**, v. 11, n. 1, p. 43-62, 2002.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box & Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Revista Gestão & Produção**, v. 10, n. 1, p. 47-67, 2003.

WORLD TRADE ORGANIZATION. World Trade Report 2014. **Trade and development: recent trends and the role of the WTO**. World Trade Organization, 2014.

WU, S-Y.; CHU, P-Y.; LIU, T-Y. Determinants of a firm's ISO 14001 certification: an empirical study of Taiwan. **Pacific Economic Review**, v. 12, n. 4, p. 467-487, 2007.

ANEXOS

Anexo A - Número de certificados ISO 14001 emitidos para países do continente americano entre os anos de 1996 e 2014

País/Ano	Número de certificados emitidos (1996-2014)																		
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	5	28	37	84	114	175	249	286	408	454	862	1011	1163	676	860	784	1268	1308	1341
Brasil	6	63	88	165	330	350	900	1008	1800	2061	2447	1872	1428	1186	3391	3517	3300	3695	3222
Canadá	7	27	104	276	475	801	1064	1274	1492	1636	1679	1066	1388	1221	1087	1635	1778	1775	2101
Chile	0	0	1	5	11	17	55	99	312	277	375	492	686	576	714	617	1080	987	967
Colômbia	1	3	3	13	21	41	69	135	217	275	296	309	508	573	1039	1317	1441	2786	3453
Costa Rica	0	0	1	7	20	14	38	38	52	50	55	101	73	90	95	73	81	80	91
Equador	0	0	1	1	1	2	1	1	11	14	50	78	98	110	140	113	151	201	189
Estados Unidos	34	79	291	636	1042	1645	2620	3553	4759	5061	5585	5462	4974	5225	4407	4957	5699	6071	6586
México	2	11	39	63	159	254	369	406	492	422	409	739	832	870	808	858	1096	1071	1452
Peru	0	0	4	7	13	15	25	31	41	78	83	114	134	176	401	248	295	344	353
Uruguai	0	1	3	10	22	29	32	32	42	52	45	58	82	71	108	113	117	132	147
Venezuela	0	0	1	7	7	9	17	20	17	65	51	49	72	65	66	49	93	85	76

Tabela A: Certificados ISO 14001 dos países do continente americano (1996-2014)

Fonte: ISO (2000) e ISO (2015)

Anexo B - Índice da relação ISO 9001/ISO 14001 para os países do continente americano (1999-2014)

Tabela B: ISO 9001/ISO 14001 emitidas por ano (1999-2014)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	16,524	18,035	13,280	9,076	6,259	10,169	12,238	9,204	8,712	7,577	6,550	5,922	6,063	5,209	5,072	5,043
Brasil	37,921	20,361	27,111	8,778	3,980	3,400	4,140	3,684	8,218	8,443	11,342	7,863	8,054	7,815	5,989	5,649
Canadá	27,000	21,364	13,471	5,945	3,434	2,962	4,058	6,840	8,157	5,981	8,019	6,162	5,937	3,691	4,294	4,668
Chile	29,846	29,238	27,244	26,638	16,459	18,986	17,913	21,186	22,761	15,150	13,696	7,518	7,525	6,858	4,807	4,211
Colômbia	4,714	3,950	4,286	2,342	1,658	2,019	2,720	3,382	2,574	3,233	2,722	2,179	2,479	2,926	2,725	2,769
Costa Rica	37,000	89,000	16,500	34,000	29,000	5,182	10,000	9,720	7,167	8,153	8,627	5,779	9,752	6,245	6,811	7,132
Equador	10,571	10,846	13,333	10,800	4,548	5,000	2,474	6,940	5,447	5,134	4,608	2,935	3,367	3,146	3,023	3,048
EUA	15,400	11,409	8,310	7,219	6,250	7,738	9,192	14,400	13,190	12,183	9,817	10,269	6,858	6,333	6,303	6,333
México	48,000	52,571	41,444	20,118	10,050	17,588	6,723	10,490	11,796	6,778	8,677	8,970	10,714	6,688	7,235	7,447
Peru	38,246	24,074	14,526	11,627	6,636	6,224	7,642	7,098	7,000	7,569	6,545	6,690	4,347	3,885	4,702	4,580
Uruguai	51,972	33,607	22,508	14,858	8,526	7,835	8,747	8,036	6,626	6,514	5,538	5,696	5,207	4,593	5,744	5,012
Venezuela	24,698	11,591	8,791	6,797	3,539	6,892	6,848	11,335	5,340	5,998	5,770	5,271	5,374	5,020	5,008	5,442

Fonte: ISO (2015)