

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

FLÁVIA ZABLOSKI TOPOROWICZ

**CORRELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO
MUNDIAL E O NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES ISO 9001 E ISO 14001**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PONTA GROSSA
2018**

FLÁVIA ZABLOSKI TOPOROWICZ

**CORRELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO
MUNDIAL E O NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES ISO 9001 E ISO 14001**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

Coorientador: Me. Jovani Taveira de Souza

PONTA GROSSA

2018



Ministério da Educação
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ**
CÂMPUS PONTA GROSSA
Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

**CORRELAÇÃO ENTRE INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO MUNDIAL E O
NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES ISO 9001 E ISO 14001**

por

FLÁVIA ZABLOSKI TOPOROWICZ

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 12 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski
Prof. Orientador

Profa. Dra. Claudia Tania Picinin
Membro titular

Prof. Dr. Fábio Neves Puglieri
Membro titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido saúde, força e inspiração em toda a minha trajetória acadêmica.

À minha mãe, que sempre foi minha maior fonte de inspiração, pela dedicação, compreensão e amor incondicional.

Ao meu pai, por todo o apoio, educação e por acreditar em meus sonhos.

Às minhas irmãs, por todo o carinho e compreensão.

Ao meu namorado, pelo incentivo, amor e compreensão em todos os momentos.

Aos meus amigos e todas as pessoas que convivi durante a graduação, pela amizade, carinho e boas lembranças.

Ao meu orientador, pela confiança, suporte e orientação deste trabalho.

Ao meu coorientador, pela disponibilidade, contribuições e todo o incentivo.

A todos os professores do curso, pelo conhecimento compartilhado e por acreditar em meu desenvolvimento.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, pela estrutura e oportunidades oferecidas para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

RESUMO

TOPOROWICZ, Flavia Zabloski. **Correlação entre Indicadores de Desenvolvimento Mundial e o Número De Certificações ISO 9001 e ISO 14001.** 2018. 71 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

As certificações ISO 9001 e ISO 14001 tornaram-se as normas mais conhecidas no mundo pela sua difusão em centenas de países, desde que surgiu a necessidade do uso de normas técnicas para a unificação de padrões no atendimento dos requisitos dos clientes. Todos os anos são divulgados relatórios da ISO Survey para demonstrar a quantidade de certificações válidas existentes por países e por setores. A partir disso, surgiram questionamentos sobre o que poderia influenciar a diferença na quantidade de certificações ISO em diferentes países. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo identificar os Indicadores de Desenvolvimento Mundial que possuem correlação com o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001. Para isso, foram utilizados os dados das bases de dados da ISO Survey de 2016 e, do *World Bank Data*, a partir de um filtro utilizando as seguintes categorias: economia, educação, meio ambiente, setor financeiro, infraestrutura, setor privado e comércio, e setor público. Devido ao grande volume de dados dos indicadores, utilizou-se o *software* WEKA para redução de dimensionalidade e mineração dos dados, a fim de obter um subconjunto com a mesma integridade dos dados originais. Posteriormente, os indicadores filtrados foram analisados estatisticamente no *software* SPSS em busca de correlações significativas entre os indicadores e o número certificações ISO 9001 e ISO 14001, para um período de dez anos (2007 a 2016). Os resultados encontrados mostram semelhanças nas correlações encontradas com os estudos existentes, entre o número de certificações e indicadores de Exportações de mercadorias (US\$), Produto Interno Bruto - PIB (US\$), Força de Trabalho (total), Rendimento Nacional Bruto - RNB (US\$) e População (total). Ainda, foram encontradas algumas correlações inexploradas pela literatura existente, como número de artigos científicos, transporte de passageiros, emissões de GEE, emissões de metano e emissões de óxido nitroso. A aplicação desse estudo contribui para o entendimento de gestores, pesquisadores e agentes de certificação sobre a identificação de indicadores que podem influenciar na adoção das normas internacionais ISO 9001 e ISO 14001 em diversos países. Também mostra que o desenvolvimento, a economia e a infraestrutura, bem como o desenvolvimento científico dos países, estão relacionados com a adoção das normas.

Palavras-chave: ISO 9001. ISO 14001. Difusão internacional. Indicadores de desenvolvimento mundial. Mineração de dados.

ABSTRACT

TOPOROWICZ, Flavia Zabloski. **Correlation between World Development Indicators and the Number of ISO 9001 and ISO 14001 Certifications**. 2018. 71 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Production Engineering) – Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2018.

The ISO 9001 and ISO 14001 certifications have become the most well-known standard in the world for their diffusion in hundreds of countries, since the need to use technical certifications to unify customer requirements standards. Every year, ISO Survey reports are released to demonstrate the number of valid certifications by country and by sector. From this, questions have arose about what could influence the number of ISO certifications in different countries. In this sense, this work objective was to identify the World Development Indicators that have correlation with the number of ISO 9001 and ISO 14001 certifications. For this, the data was collected from the ISO Survey and World Bank Data databases, using a filter for the categories: economy, education, environment, financial sector, infrastructure, private sector and commerce, and public sector. Due to the large volume of data, the software WEKA was used for dimensionality reduction and data mining, in order to obtain a subset with the same integrity as the original data. Afterwards, the indicators selected were analyzed statistically in the SPSS software in search of significant correlations between indicators and certifications ISO 9001 and ISO 14001, considering a period of ten years (2007 to 2016). The findings show similarities in the correlations with the existing studies, between the number of certifications and the indicators Merchandise Exports (US\$), Gross Domestic Product – GDP (US\$), Labor Force (total), Gross National Income – GNI (US\$) and Population (total). Also, the finding show correlations that were not explored by the existing literature, as Scientific and Technical publications, Passenger transportation, Greenhouse Emissions, Methane Emissions, and Nitrous Oxide Emissions. This study contributes to the understanding of managers, researchers, and certification agents about the identification of indicators that can have influence on the adoption of the international certifications ISO 9001 and ISO 14001 in countries. Also, it shows that the development, the economy and the infrastructure, as well as the scientific development of the countries are related to the certifications adoption.

Keywords: ISO 9001. ISO 14001. International diffusion. World development indicators. Data mining.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma dos passos do desenvolvimento do estudo	12
Figura 2 - Abordagem ISO 9001	17
Figura 3 - Relação entre o ciclo PDCA e a abordagem ISO 14001	22
Figura 4 - Processo de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados	34
Figura 5 – Etapas básicas do método de seleção de atributos.....	36
Figura 6 – Ilustração do Algoritmo Random Forest.....	39
Figura 7- Estrutura dos procedimentos de pesquisa.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos em relação à difusão da ISO 9001 e ISO 14001	32
Quadro 2 – Algoritmos de Classificação por Categoria	38
Quadro 3 – Resultado dos algoritmos de classificação para a Base ISO 9001	48
Quadro 4 - Resultado dos algoritmos de classificação para a Base ISO 14001.....	49
Quadro 5 – Indicadores selecionados ISO 9001	50
Quadro 6 – Indicadores selecionados ISO 14001.....	51
Quadro 7 – Correlação de Indicadores com a ISO 9001	53
Quadro 8 – Correlação de Indicadores com a ISO 9001	55
Quadro 9 – Comparação dos resultados obtidos com a literatura existente.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento anual ISO 9001	19
Gráfico 2 - Crescimento anual ISO 14001	24
Gráfico 3 - Evolução do número de países a adotarem a ISO 9001.....	28
Gráfico 4 - Evolução do número de países a adotarem a ISO 14001.....	30
Gráfico 5 - Correlação de Indicadores com a ISO 9001	54
Gráfico 6 - Correlação de Indicadores com a ISO 14001	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking dos países para certificação ISO 9001: 2016	19
Tabela 2 - Ranking dos setores para certificação ISO 9001: 2014-2015.....	20
Tabela 3 - Ranking dos países para certificação ISO 14001 2014-2015.....	25
Tabela 4 - Ranking dos setores para certificação ISO 14001 2014-2015.....	25

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CO ₂	Dióxido de Carbono
GEE	Gases de Efeito Estufa
IED	Investimento Estrangeiro Direto
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	International Organization for Standardization
KDD	Knowledge Discovery in Databases
PEA	População Economicamente Ativa
PIB	Produto Interno Bruto
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RNB	Rendimento Nacional Bruto
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SPSS	Statistical Packages for the Social Sciences
US\$	Dólar dos Estados Unidos
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA.....	9
1.2 OBJETIVO GERAL.....	9
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.4 JUSTIFICATIVA	10
1.5 DELIMITAÇÃO	11
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 SISTEMAS DE GESTÃO ISO.....	13
2.1.1 Sistemas de Gestão da Qualidade - ISO 9001	15
2.1.2 Sistemas de Gestão Ambiental - ISO 14001.....	20
2.2 DIFUSÃO GLOBAL DE CERTIFICAÇÕES ISO 90001 E ISO 14001.....	25
2.3 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO MUNDIAL.....	31
2.4 MINERAÇÃO DE DADOS E DESCOBERTA DE CONHECIMENTO	33
2.4.1 Seleção de Atributos para Redução de Dimensionalidade	35
2.4.2 Classificação e Algoritmos Classificadores.....	37
2.4.3 Ferramenta para Mineração de Dados	40
2.5 CORRELAÇÃO DE PEARSON	40
3 METODOLOGIA	42
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	42
3.1.1 Natureza da Pesquisa	42
3.1.2 Abordagem da Pesquisa	42
3.1.3 Objetivos da Pesquisa.....	43
3.1.4 Procedimentos Técnicos da Pesquisa	43
3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA.....	44
3.2.1 Seleção de Artigos e Análise do Estado da Arte.....	45
3.2.2 Definição e Coleta de Dados.....	45
3.2.3 Pré-processamento e Mineração de Dados.....	46
3.2.4 Interpretação e Discussão dos Resultados.....	47
4 ANÁLISES DOS RESULTADOS	48
4.1 MINERAÇÃO DE DADOS	48
4.1.1 Base ISO 9001	48
4.1.2 Base ISO 14001	49
4.2 SELEÇÃO DE ATRIBUTOS	49
4.2.1 Base ISO 9001	50
4.2.2 Base ISO 14001	51
4.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO.....	52
4.3.1 Base ISO 9001	52
4.3.2 Base ISO 14001	54
4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	56
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento econômico, o avanço na tecnologia e a internacionalização do comércio mudaram o cenário do mercado em que pequenas e grandes empresas atuam. Como consequência, o aumento da competitividade revelou clientes mais conscientes e mais exigentes no que se diz respeito aos requisitos e ao valor agregado dos produtos e serviços (CARPINETTI; RIBEIRO, 2012).

Em resposta a isso, as empresas precisaram se adaptar a esse novo cenário caracterizado por mudanças constantes e, assegurar o atendimento dos requisitos mínimos exigidos pelos clientes em termos de qualidade, sustentabilidade, responsabilidade social, energia, entre outros; e manter ou melhorar o seu nível de competitividade nas cadeias de suprimentos (TARÍ et al., 2012).

Muitas ferramentas passaram a ser adotadas pelas empresas para otimizar os seus processos operacionais, reduzir a variabilidade de processos e produtos, diminuir a quantidade de falhas em produtos e serviços, minimizar desperdícios e aumentar a satisfação dos consumidores. A partir disso, a ideia de uniformização se difundiu nos processos de manufatura, até que o seu significado foi ampliado e passou a fazer parte dos sistemas de gestão das empresas como um todo (CARPINETTI; RIBEIRO, 2012).

Para auxiliar nesse processo de uniformização, diferentes países começaram a criar as suas próprias padronizações, o que foi uma evolução, mas que logo deixou de fazer sentido com o aumento nas relações de comércio entre diferentes países, exigindo assim uma padronização a nível internacional.

Nesse contexto, em 1947 a *International Organization for Standardization* (ISO) passou a desenvolver normas técnicas internacionais voluntárias nos mais diversos aspectos que envolvem tecnologia e manufatura para facilitar a coordenação internacional e a unificação de padrões industriais (ISO, 2017a).

As normas ISO 9001 de sistema de gestão da qualidade e ISO 14001 de sistemas de gestão ambiental foram publicadas em 1987 e 1996, respectivamente. Essas duas normas ganharam destaque pela sua grande difusão nas últimas décadas, tornando-se as normas mais conhecidas no mundo e certificadas em centenas de países (OLIVEIRA, 2013).

A ISO desenvolve relatórios anuais chamados *ISO Survey* para demonstrar a quantidade de certificações válidas existentes, a qual contém valores referentes ao número de certificações ISO no mundo como um todo, por regiões e em cada país, oferecendo também uma visão da situação em diferentes setores.

A observação dos dados contidos nestes relatórios permite a identificação daqueles países e setores que possuem um maior número de certificações ISO, assim como aqueles que possuem poucas ou nenhuma certificação. Entretanto, esse relatório apenas apresenta tais números e não traz informações acerca de variáveis que possam explicar as razões de um país possuir um índice de certificações ISO muito acima da média, por exemplo.

Por esta razão existem questionamentos sobre o que poderia influenciar a diferença na quantidade de certificações ISO em diferentes países e, se é possível obter respostas a partir da correlação dos dados da *ISO Survey* com os valores de indicadores de desenvolvimento mundial.

Assim, a presente pesquisa visa colaborar com a identificação de indicadores de desenvolvimento mundial que possam estar relacionados com o número de certificações ISO 9001 e 14001 no mundo.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Quais os principais indicadores de desenvolvimento mundial que possuem correlação significativa com o número de certificações ISO 9001 e 14001 válidas no mundo?

1.2 OBJETIVO GERAL

Identificar os principais indicadores de desenvolvimento mundial que possuem correlação significativa com o número de certificações ISO 9001 e 14001 válidas no mundo.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever o panorama das normas internacionais ISO 9001 e ISO 14001;
- Selecionar os indicadores de desenvolvimento mundial mais relevantes por meio de *Data Mining*;
- Realizar uma análise estatística com os dados dos indicadores de desenvolvimento mundial e do número de certificações ISO 9001 e ISO 14001;
- Encontrar correlações significantes entre indicadores de desenvolvimento mundial e o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001.

1.4 JUSTIFICATIVA

Em geral, muitos gestores e pesquisadores possuem interesse em analisar a evolução das certificações e o que está influenciando este fenômeno e a sua difusão (SALGADO et al., 2015).

Estudos recentes abordam a difusão das certificações internacionais relacionando a sua adoção com diversos indicadores. Para efeitos deste estudo interessam apenas relações feitas com Indicadores de Desenvolvimento Mundial, cujos valores são encontrados no *World Bank Data*. Estudiosos relacionam a adoção das certificações internacionais em um contexto geral com indicadores como PIB, PIB per capita, exportações (%PIB), importações (%PIB), serviços (%PIB), agricultura (%PIB), receitas (%PIB), população, receita bruta e facilidade de fazer negócio, entre outros (FREITAS; IIZUKA, 2012; HUDSON; ORVISKA, 2013; FIKRU, 2014; GRAJEK; CLOUGHERTY, 2014; GOEDHUYS; SLEUWAEGEN, 2015; FIKRU, 2016).

Outros estudiosos relacionam os indicadores com a adoção específica das normas ISO 9001 (HERAS-SAZARBITORIA, 2013; SAMPAIO et al., 2014; SALGADO et al., 2015) e ISO 14001 (ZENG; EASTIN, 2012; BERTINER; PRAKASH, 2013; POTOSLI; PRAKASH, 2013; LIM; PRAKASH, 2014; TO; LEE, 2014; HIKICHI et al., 2016).

A maioria desses estudos apenas relacionam indicadores de ordem econômica, ou que foram selecionados de acordo com o interesse de cada pesquisa e em localidades específicas como países ou regiões. Este estudo irá incluir indicadores de diferentes áreas do *World Bank Data*, dos quais serão selecionados

somente aqueles que possam ter relação com a adoção das normas ISO 9001 e ISO 14001 no mundo para a análise estatística.

Entretanto, como existe um grande número de dados referentes aos indicadores e às certificações ISO 9001 e ISO 14001, este estudo utilizará o processo de *Knowledge Discovery Databases* (KDD), o qual inclui redução de dimensionalidade e mineração de dados (*data mining*) para obter uma representação reduzida da seleção de dados que mantém a integridade próxima à dos dados originais (KAMBER; HAN; PEI, 2012).

A aplicação desse estudo irá contribuir para o entendimento de gestores, pesquisadores e agentes de certificação sobre fatores que possam influenciar na adoção das normas internacionais ISO 9001 e ISO 14001 em uma escala mundial, e em que proporção esses indicadores podem estar contribuindo ou dificultando a adoção dessas normas.

A identificação de indicadores que possuem uma correlação com o número de certificações ISO pode direcionar ao por quê de alguns países possuírem mais certificações do que outros, mesmo que estejam no mesmo nível de desenvolvimento, ou ainda, sejam subdesenvolvidos.

Ainda, este trabalho pretende, além de comparar os resultados com os estudos existentes, verificar se existem correlações que ainda não foram identificadas entre os Indicadores e o número de certificações ISO. Desse modo, futuras pesquisas poderão ser direcionadas para o estudo de cenários específicos envolvendo estes fatores e a sua possível explicação.

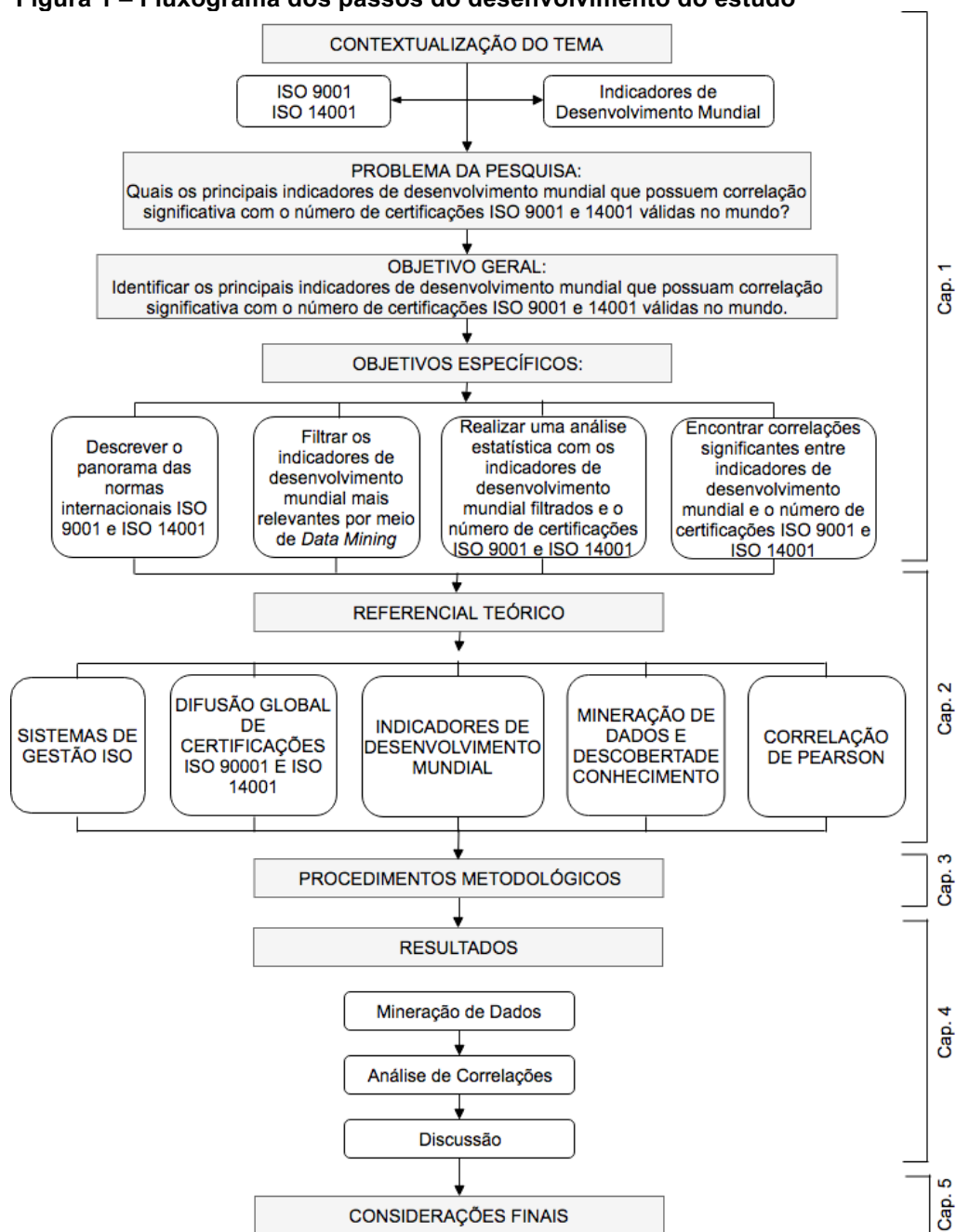
1.5 DELIMITAÇÃO

Este trabalho abrange a busca por Indicadores de Desenvolvimento Mundial que possuam correlação significativa com o número de certificações ISO 9001 e 14001 no mundo, para as categorias selecionadas do *World Bank Data*: economia, educação, meio ambiente, setor financeiro, infraestrutura, setor privado e comércio, e setor público.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A fim de fornecer uma visão geral do desenvolvimento deste trabalho, é possível observar na Figura 1, o fluxograma dos passos que dão estrutura a este estudo.

Figura 1 – Fluxograma dos passos do desenvolvimento do estudo



Fonte: Autoria Própria

A presente seção finaliza o capítulo da introdução e, o capítulo seguinte refere-se ao referencial teórico, conforme a procedência na Figura 1.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico aborda os principais assuntos que serão discutidos no decorrer deste trabalho, descrevendo uma parte da literatura existente acerca de Sistemas de Gestão, ISO 9001, ISO 14001, a difusão dessas normas e mineração de dados.

2.1 SISTEMAS DE GESTÃO ISO

Os ambientes em que as organizações vêm operando nos últimos anos se caracterizam pelo mercado de alta competitividade, constante avanço tecnológico, por maiores requisitos dos consumidores e pela escassez dos recursos naturais.

A análise desta situação tem como resposta a necessidade de uma mudança na operação e no gerenciamento dessas companhias para que possam adaptar-se a essas novas condições e se tornarem mais competitivas. Em decorrência disso, o crescimento das ações relacionadas à padronização dos processos em empresas de diferentes setores tornou-se bastante visível (OLIVEIRA, 2013).

Originalmente a ideia de uniformização tinha como objetivo principal apenas garantir que os produtos se encontrassem dentro dos requisitos técnicos limitando-se ao processo de manufatura. Somente na década de 1950, essa ideia começou a ser abordada no sistema de gestão das empresas como um todo (CARPINETTI; RIBEIRO, 2012).

Um sistema de gestão pode ser definido como um conjunto de procedimentos que a organização precisa seguir em suas atividades a fim de alcançar seus objetivos. Empresas de qualquer tamanho podem se beneficiar do estabelecimento de procedimentos, já que essa sistematização determina com clareza o que cada um deve fazer e como as coisas devem ser feitas (ISO, 2017d). A certificação de um sistema de gestão é o reconhecimento de que este se encontra de acordo com as diretrizes estabelecidas por uma norma específica (OLIVEIRA, 2013).

As padronizações com maior índice de difusão pertencem à ISO, que foi estabelecida em 1947 e sua sede está situada na Genebra, Suíça, e têm como objetivo principal o desenvolvimento de estruturas para certificação conceituadas em padrões internacionais (ISO, 2017a).

Em seu estudo, Oliveira (2013) destaca que com aumento nos requisitos dos padrões de qualidade e de melhor desempenho ambiental, que se referem aos Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) e Sistema de Gestão Ambiental (SGA), as certificações das normas ISO 9001 e ISO 14001 ganharam destaque. Estas são as certificações de sistemas de gestão mais difundidas, implementadas e certificadas no mundo (BERNARDO et al., 2015).

De acordo com os dados mais recentes da ISO *Survey* (2016), o número de certificados registrados em 2016 das ISO 9001 e ISO 14001 foram de 1.105.937 e 346.147, respectivamente, no mundo todo. Essas duas normatizações possuem similaridades em relação ao seu conteúdo, como linguagem padrão, termos e procedimentos, e são baseadas no ciclo PDCA visando a melhoria contínua.

As fases do PDCA são planejar: determina os objetivos e processos que são fundamentais para alcançar os resultados desejados; fazer: é a parte da implementação do que foi planejado; verificar: acompanhar os processos e verificar os resultados em relação aos objetivos; e agir: executar ações periodicamente para melhorar o desempenho do sistema de gestão continuamente (BARD, 2015).

Devido a todos os elementos em comum, também é possível realizar a integração desses sistemas para facilitar tanto a sua implementação como a certificação das empresas, pois apresentam similaridades em relação à linguagem utilizada em termos de objetivos, auditorias, procedimentos, registros, etc., e ao uso do ciclo de melhoria contínua do PDCA, tornando possível à empresa implementar uma estratégia de integração efetiva (BERNARDO et al., 2015).

As certificações são concedidas por agências de certificação credenciadas pela ISO. No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) é responsável por essa função.

De acordo com Goedhuys e Sleuwaegen (2016), a revisão de literatura acerca dos benefícios obtidos com a implantação de sistemas de gestão certificáveis são classificados em internos, os quais correspondem à redução de custos das operações e ganhos com aumento da eficiência, e externos, os quais dizem respeito ao relacionamento com as partes externas e ganho de confiança como um fornecedor e parceiro de negócios.

No entanto, isso pode ser dificultado pela complexidade dos processos envolvidos, pela falta de dedicação dos funcionários em treinamentos, pela falta de compromisso dos mais altos cargos, pela burocracia enfrentada na documentação

necessária e até mesmo pela falta de uma equipe capacitada para a realização das tarefas (PEREIRA; GRACIANO; VERRI, 2016).

Para enfrentar essas dificuldades, muitas empresas têm utilizado equipes em nível corporativo dedicadas a avaliar, monitorar e implementar padrões de sistemas de gestão em toda a organização (SU; DHANORKAR; LINDERMAN, 2015).

Ainda, a ISO atualiza as suas diferentes normas com o objetivo de que as estruturas encontrem a compatibilidade necessária para a sua integração, atingindo assim melhores resultados, diminuição de tempo e recursos humanos, bem como de recursos financeiros e técnicos (OLIVEIRA, 2013).

2.1.1 Sistemas de Gestão da Qualidade - ISO 9001

A qualidade de um produto ou serviço se altera segundo as necessidades dos clientes e a forma de gestão (PALADINI, 2012). Em uma organização, a qualidade está diretamente ligada com a identificação e a satisfação das necessidades e expectativas dos clientes, das partes interessadas e da comunidade em que a empresa atua (OLIVEIRA, 2013).

A gestão da qualidade é responsável por entregar valor aos consumidores e aumentar a eficiência dos processos. A sua melhoria contínua gera uma maior receita devido ao aumento da confiabilidade do produto e, menores custos pelo aumento da eficiência dos processos.

O primeiro sistema de gestão surgiu dentro desse contexto de qualidade assegurada por meio de ações sistemáticas para promover a confiabilidade de produtos e serviços e satisfazer os requisitos de qualidade (TARÍ et al., 2012).

Sendo assim, um SGQ é considerado um método que foca na otimização de processos de uma empresa e na sua melhoria contínua (ABNT, 2017). A família ISO 9000 estabelece padronizações e diretrizes internacionais de gestão da qualidade distribuídas nas normas ISO 9000, ISO 9001, ISO 9004 e ISO 19011.

De acordo com a ISO (2017b), a norma ISO 9000 apresenta os fundamentos e o vocabulário utilizado em todas as normas da família. A norma ISO 9001 é utilizada para o estabelecimento de um sistema da gestão da qualidade em uma organização, ou seja, o que se deve fazer para que os produtos e serviços estejam de acordo com os requisitos dos clientes. A norma ISO 9004 é utilizada para estender os benefícios

obtidos pela norma ISO 9001 para todas as partes afetadas e interessadas pelas operações de uma organização.

Por fim, a norma ISO 19011 abrange a área de auditoria dos sistemas de gestão (ISO, 2017b). A ISO 9001 é considerada a norma de maior sucesso de implementações pela ISO. Sua história teve início em 1987 com a publicação da ISO 9000 Normas da Garantia da Qualidade (GRAJEK; CLOUGHERTY, 2014), passando por atualizações em 1994, 2000, 2008 e 2015.

A norma ISO 9001 é considerada a primeira normatização internacional para o desenvolvimento de sistemas de gestão da qualidade (SARAIVA et al., 2015). Esta fornece os requisitos necessários para a implementação de um SGQ, os quais ajudam a garantir que as empresas tenham produtos e serviços consistentes e de boa qualidade (SU; DHANORKAR; LINDERMAN, 2015).

Tais requisitos direcionam as empresas na estruturação e documentação da norma, a organizar cronogramas, atribuições de tarefas e responsabilidades, uso de recursos disponíveis, coleta e análise de dados, relação entre processos e o seu gerenciamento, supervisão e melhoria contínua, e garantir a satisfação do cliente (BARASAN, 2016).

Como discutido anteriormente, a norma ISO 9001 é baseada no ciclo PDCA, o qual pode ser aplicado para todos os processos e para o sistema de gestão da qualidade como um todo.

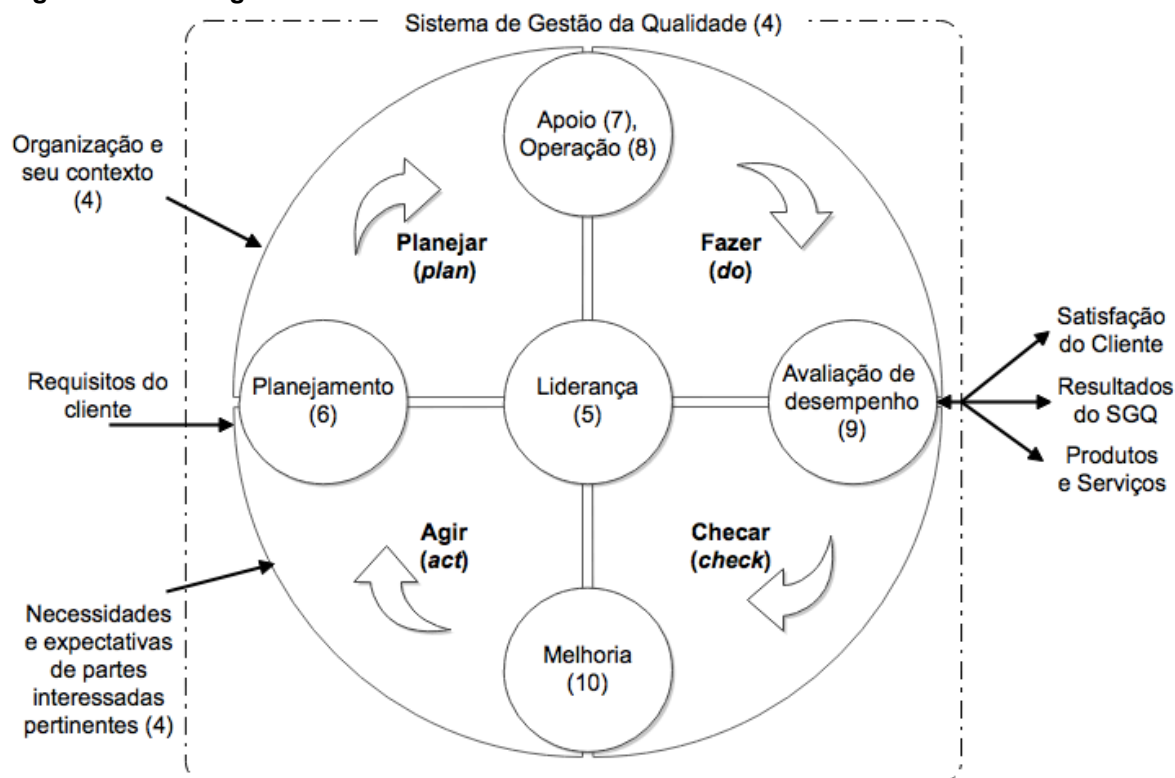
O Planejamento começa quando já estão definidos o contexto da organização, os requisitos dos clientes, as necessidades e expectativas de partes interessadas e a alta direção se compromete com liderança e comprometimento em relação ao sistema de gestão ambiental. As seções são explicadas a seguir de acordo com NBR ISO 9001:2015 (2015).

A seção Apoio refere-se a toda a infraestrutura investida na implementação do sistema, bem como recursos, pessoas e conhecimento organizacional. A seção de Operação faz parte da implementação do SGQ. A seção de análise de desempenho é a etapa na qual realiza-se o monitoramento e a avaliação dos resultados.

Por fim, na seção de melhoria, trata-se de oportunidades e ações visando a melhoria contínua do sistema de gestão, atendendo sempre aos requisitos dos clientes e aumentando a sua satisfação.

A Figura 2 ilustra como as seções 4 a 10 podem ser agrupadas em relação ao ciclo PDCA (ISO, 2016).

Figura 2 - Abordagem ISO 9001



Fonte: Adaptado de ISO (2016)

A ISO 9001 evidencia a importância de as empresas praticarem a identificação, implementação, o gerenciamento e a melhoria contínua desses sistemas (PEREIRA; GRACIANO; VERRI, 2016).

Entre as principais motivações que levam uma empresa a adotar a ISO 9001 estão as vantagens competitivas, as exigências dos clientes, uso como ferramenta de *marketing*, melhorias na qualidade, aumento da padronização interna, crescimento na participação de mercado e melhoria da imagem da empresa. Essas motivações foram as mais citadas em um estudo de literatura realizada por Silva Junior (2013).

Muitos autores analisam os benefícios obtidos com a implementação de um sistema de gestão da qualidade. Tarí et al. (2012) realizaram um estudo para analisar os benefícios da implementação da ISO 9001 analisados por diferentes autores.

Tarí et al. (2012) examinaram 82 publicações e classificou os 13 benefícios mais citados, que são: maior parcela de mercado; exportações; vendas e crescimento de vendas; lucratividade; maior vantagem competitiva; melhoria na sistematização da empresa; aumento da eficiência; melhoria na qualidade do produto/serviço; melhoria na imagem da empresa; melhoria nos resultados dos colaboradores; maior satisfação

dos clientes; melhor relacionamento com fornecedores; e melhor relacionamento com autoridades e partes interessadas.

A partir disso, Tarí et al. (2012) constataram que os três benefícios mais analisados pelos autores são o aumento da eficiência, a maior satisfação dos clientes e melhoria nos resultados em relação aos colaboradores. Estes são seguidos por lucratividade e melhoria na sistematização da empresa. Os outros benefícios são menos citados, e aqueles que são menos estudados são: melhoria da vantagem competitiva, relação com fornecedores e relação com autoridades e partes interessadas.

Entretanto, como dito anteriormente, existem dificuldades enfrentadas na implantação de um sistema de gestão e isso não é diferente com o SGQ. De acordo com Martens (2012), para que um SGQ seja eficaz é necessário que os princípios da qualidade sejam empregados de forma correta.

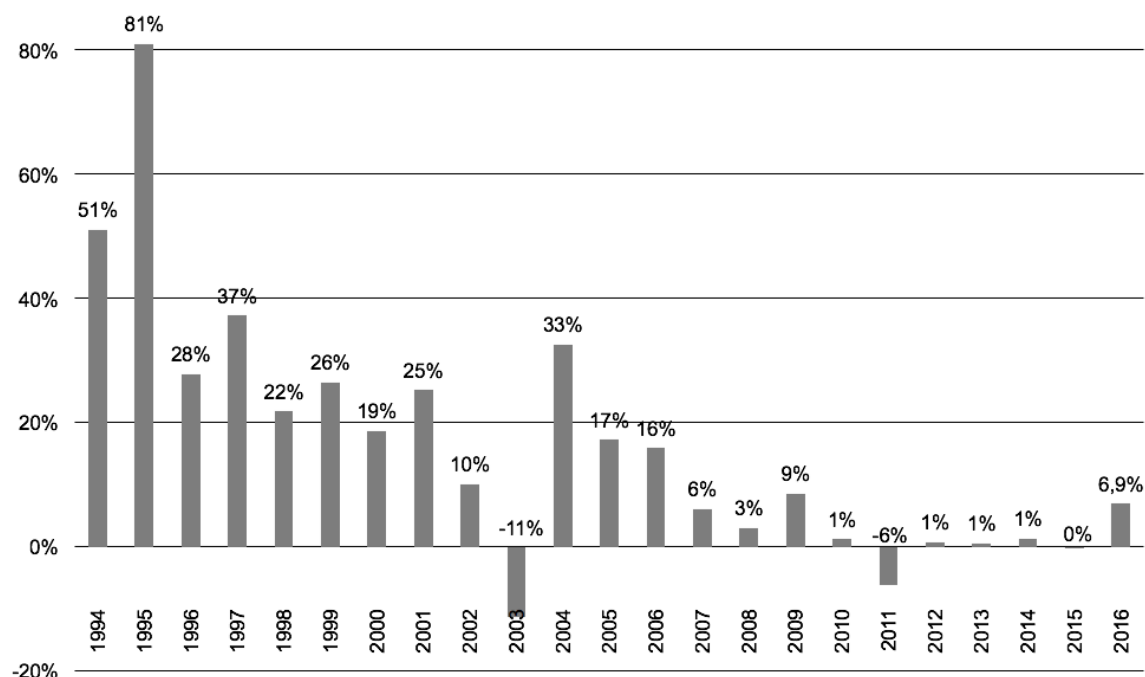
Esses princípios são divulgados pela própria ISO, sendo eles: foco no cliente, liderança, envolvimento das pessoas, abordagem por processos, visão sistêmica para a gestão, melhoria contínua, abordagem para a tomada de decisão e relações de benefícios mútuos com fornecedores.

Segundo Silva Junior (2013), uma organização pode implementar a ISO 9001 sem obter certificação por parte de uma empresa credenciada, pois a certificação não é uma obrigação da norma. Porém, se houver necessidade de atender exigências de outras partes, a certificação passa a ser uma exigência.

Todos os anos a ISO realiza uma pesquisa (*ISO Survey*) para acompanhar o número de certificados das suas normas em todo o mundo. Essa pesquisa mostra o número de certificados válidos por país, bem como por continentes e setores.

De acordo com a versão mais recente da *ISO Survey* (2016), pode-se observar um expressivo crescimento no número de certificações ISO 9001 no mundo, como observado no Gráfico 1.

No ano de 2003 houve uma queda significativa, pois, os certificados da versão ISO 9001:1994 perderam validade, período que conseqüentemente as empresas tinham para adaptar-se à nova versão de 2000. O mesmo ocorreu em 2011, em menor proporção, quando os certificados da versão ISO 9001:2008 perderam validade.

Gráfico 1 - Crescimento anual ISO 9001

Fonte: ISO Survey (2016)

Em 1993 existiam 46.571 certificados ISO 9001, número que aumentou para 407.674 em 2000, 951.486 em 2007 e finalmente 1.105.937 em 2016. A quantidade de países e economias em que a ISO 9001 estava presente era de 60 em 1993, 153 em 2000, 174 em 2007 e 201 em 2016.

Na Tabela 1 são apresentados os dez países que mais apresentaram certificados válidos acumulados da ISO 9001 em 2016.

Tabela 1 - Ranking dos países para certificação ISO 9001: 2016

Posição	País	Nº de Certificados
1	China	350.631
2	Itália	150.143
3	Alemanha	66.233
4	Japão	49.429
5	Reino Unido	37.951
6	Índia	37.052
7	Espanha	34.438
8	Estados Unidos da América	30.474
9	França	23.403
10	Brasil	20.908

Fonte: Adaptado de ISO Survey (2016)

Ainda, a ISO Survey (2016) apresenta os setores que mais possuem certificados válidos da ISO 9001 para os anos de 2014 e 2015, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Ranking dos setores para certificação ISO 9001: 2014-2015

Setor	Certificados 2014	Certificados 2015
Metal básico e produtos fabricados de metal	118652	104652
Equipamentos elétricos e ópticos	86728	75260
Construção	76915	67354
Comércio de atacado e varejo; reparos de automóveis	73756	66975
Máquinas e equipamentos	64817	56413

Fonte: Adaptado de ISO Survey (2016)

É possível analisar que houve queda no número de certificados em todos os setores em 2015.

A próxima seção aborda a contextualização do Sistema de Gestão Ambiental e a certificação ISO 14001.

2.1.2 Sistemas de Gestão Ambiental - ISO 14001

Segundo Campos et al. (2015), desde o começo da década de 1980, as questões ambientais têm sido incorporadas na tomada de decisão estratégica e operacional de muitas organizações.

Nishitani et al. (2012) destacaram em seu estudo que devido ao aumento do interesse geral em assuntos ambientais é importante que as empresas obtenham êxito nas relações com o meio ambiente, pois estas estão diante de fortes preferências ambientais e pressão de partes interessadas.

Entretanto, o início dessa preocupação se deu pela adoção de uma conduta reativa por parte das empresas em relação às questões ambientais, focando em reciclagem e tratamentos fim-de-tubo e, somente a partir dos anos 1990 as empresas começaram a focar a sua atenção nas causas raízes dos impactos ambientais causados pelos seus processos produtivos, com uma abordagem preventiva e proativa (OLIVEIRA et al., 2016).

A partir disso, as empresas atingiram um estágio caracterizado por uma visão mais ampla nos assuntos ambientais e pela análise de ciclo de vida mais cuidadosa de seus produtos e serviços (BOGUE, 2014).

Como consequência disso, as empresas começaram a optar pela implantação e certificação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), os quais ganharam destaque entre grandes organizações como uma forma de mostrar a preocupação

com assuntos ambientais e lidar com a demanda do mercado e de consumidores mais conscientes (CAMPOS, 2012).

Um SGA ajuda organizações a identificar, gerenciar, monitorar e controlar seus assuntos relacionados ao meio ambiente de uma maneira holística (ISO, 2015b). De acordo com Inoue et al. (2013) um SGA é um conjunto de práticas e procedimentos que direcionam a organização a conquistarem seus objetivos ambientais pela redução de impactos ambientais e pelo aumento da eficiência operacional. Ainda, segundo Gavronski et al. (2013), um SGA pode ser visto como ferramenta de gerenciamento operacional que ajuda o desenvolvimento e a execução de estratégias de negócios.

A norma internacional que permite que uma organização obtenha a certificação de um sistema de gestão ambiental é a ISO 14001, a qual faz parte de um conjunto de normas voltadas aos sistemas de gestão ambiental, chamado de família ISO 14001 (ANDRADE et al., 2013).

A família ISO 14000 é um conjunto de normas proporciona ferramentas práticas para companhias de todos os tipos que procuram gerenciar suas responsabilidades ambientais (ISO, 2017c). A ISO 14000 é composta pelas normas ISO 14001, ISO 14004, ISO 14005 e ISO 14006.

A ISO 14001:2015 estabelece os requisitos necessários para os sistemas de gestão da qualidade e, a ISO 14004:2016 fornece diretrizes gerais sobre a implementação, o monitoramento e a melhoria desses sistemas.

A ISO 14005:2010 fornece orientação para a implementação por fases de um sistema de gestão ambiental, especialmente para pequenas e médias empresas; enfim, a ISO 14006:2011 estabelece diretrizes para estabelecer, documentar, implementar, manter, e melhorar continuamente o *Eco Design* como uma parte do sistema de gestão ambiental (ISO, 2017c).

A ISO 14001 foi lançada em 1996 com a estrutura baseada na ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade, e passou por algumas revisões, sendo a última realizada em 2015. ISO 14001:2015 procura fortalecer a ligação entre as estratégias internas da companhia e a proteção do meio ambiente, além de integrar o conceito de ciclo de vida de produtos ou serviços (HIKICHI et al., 2016).

A ISO 14001 é uma norma internacional que delimita requisitos para um Sistema de Gestão Ambiental, o que ajuda as organizações a melhorarem a sua performance ambiental por meio de uso mais eficiente dos recursos e pela redução

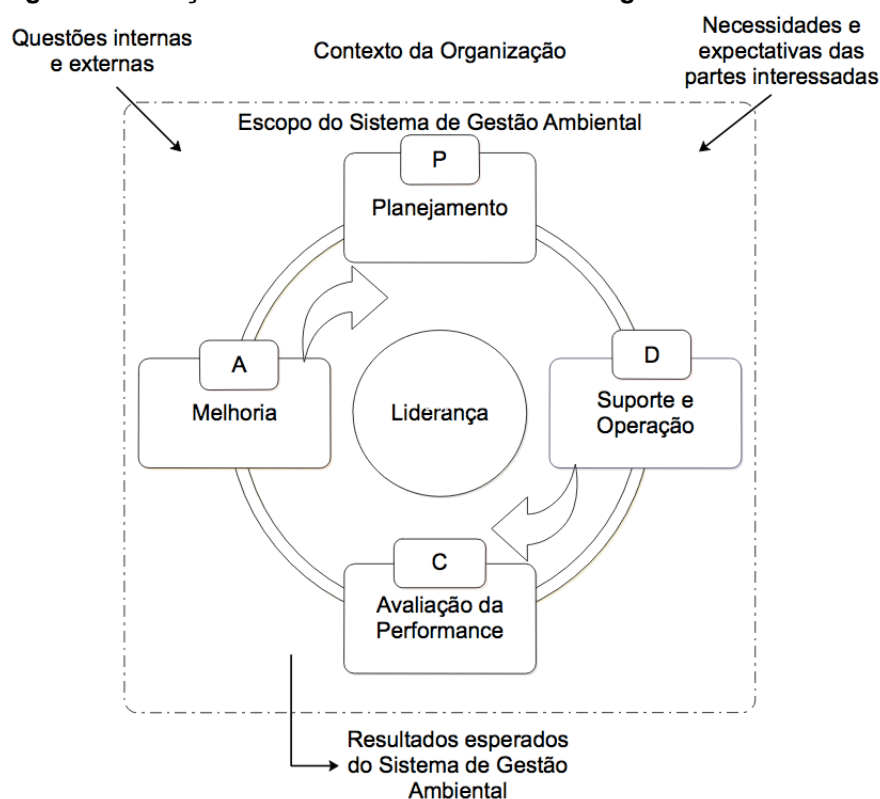
de desperdícios, ganhando uma vantagem competitiva e a confiança de partes interessadas (ISO, 2015a).

Os Sistemas de Gestão ambiental baseados na ISO 14001 também operam baseados no ciclo PDCA, o qual proporciona um processo iterativo usado pelas organizações para a melhoria contínua de seus sistemas. O PDCA pode ser aplicado para todo o SGA e cada um para elementos individualmente e, pode ser descrito como (ISO, 2015b):

- Planejar: estabelecer objetivos e processos necessários para alcançar resultados de acordo com a política ambiental da organização.
- Fazer: implementar o processo como planejado.
- Verificar: monitorar e medir processos em relação à política ambiental, incluindo objetivos e critérios de operações, e comunicar os resultados.
- Agir: medidas e ações para melhorar continuamente.

A melhor visualização desse ciclo pode ser observada na Figura 3.

Figura 3 - Relação entre o ciclo PDCA e a abordagem ISO 14001



Fonte: Adaptado de ISO (2015b).

Os requisitos de um Sistema de Gestão ambiental têm relação com a proteção do meio ambiente e à resposta da mudança nas condições ambientais em equilíbrio

com as necessidades socioambientais, sendo eles: proteger o meio ambiente pela mitigação ou minimização de impactos ambientais; mitigação dos potenciais efeitos ambientais na organização, ajudar a organização a cumprir obrigações de conformidade, influenciar o design de produtos e serviços de acordo com o seu ciclo de vida, obter benefícios financeiros e operacionais por meio de alternativas que fortaleçam a imagem da empresa e, comunicar as informações ambientais às partes interessadas. (ISO, 2015b).

Segundo Mazzi et al. (2016), o fator chave dessa norma é a decisão voluntária das companhias para implementar uma abordagem sistemática a fim de reduzir os impactos ambientais e controlar os seus aspectos ambientais mais significantes, com o comprometimento de melhorar continuamente a performance ambiental como um todo.

As principais motivações para a implementação de um sistema de gestão ambiental encontradas por Oliveira et al. (2016) na literatura são: abertura para o mercado doméstico e internacional, aumento da satisfação dos clientes, conformidade com legislações ambientais, procedimentos de padronização nas operações internas, redução de desperdícios e conservação da matéria-prima no processo (redução de custos), melhoria na imagem da empresa, produção mais limpa, aumento da performance ambiental e melhoria no gerenciamento como um todo.

Tarí et al. (2012), assim como para os sistemas de gestão da qualidade, também realizou um estudo para identificar os principais benefícios da implantação de um sistema de gestão ambiental pela ISO 14001.

Por meio da análise de 29 artigos científicos sobre o assunto, Tarí et al. (2012) chegaram à conclusão que os benefícios mais considerados nesses estudos são: performance ambiental, eficiência e lucratividade, seguidos por melhoria da imagem da empresa, aumento na satisfação dos clientes, melhoria nos resultados dos colaboradores, aumento da vantagem competitiva e melhores relações com as partes interessadas. E os menos considerados são: aumento nas vendas, aumento da qualidade do produto e aumento da parcela de mercado.

Entretanto, fatores que dificultam ou evitam que empresas adotem medidas ambientais são críticos em determinar o comportamento dessas empresas com respeito ao meio ambiente (MARTÍN-PENA et al., 2014).

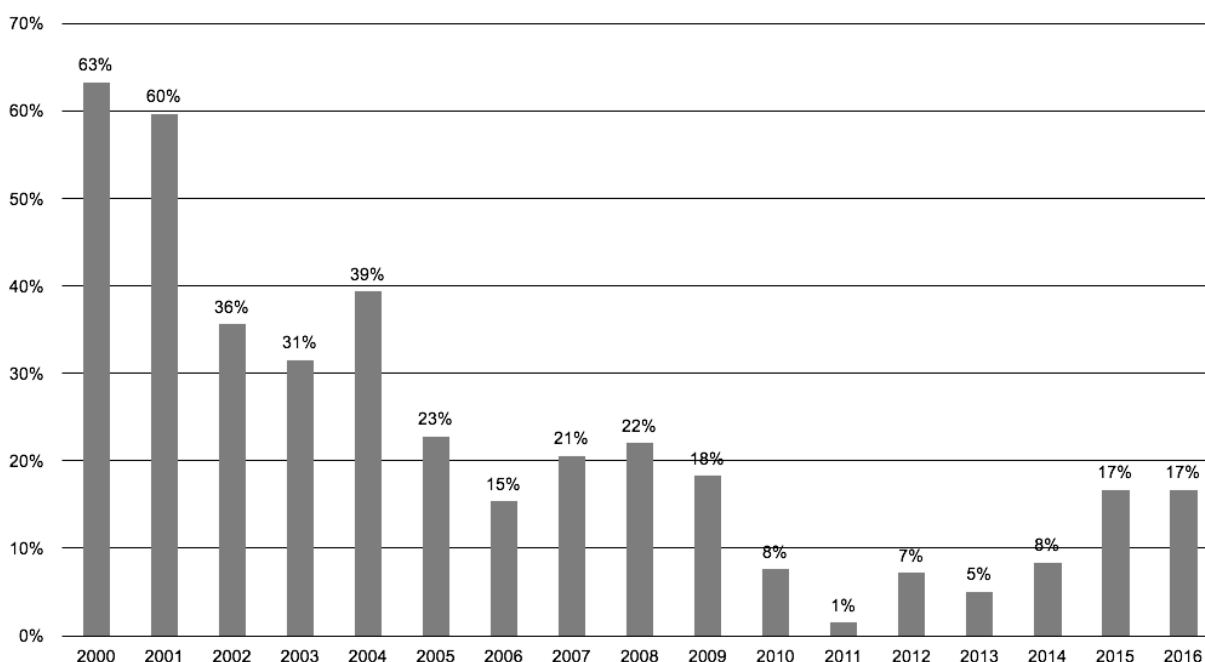
Ainda, Martín-Peña (2014) analisou esses fatores na literatura e constatou que os principais fatores considerados são: custos de implementação e certificação,

a complexidade da regulamentação e implementação do sistema de gestão ambiental, a incerteza sobre os benefícios que devem esperar obter, falha no comprometimento da alta direção, estrutura e cultura organizacional inadequada, o estabelecimento de responsabilidades ambientais e o estabelecimento de objetivos e cálculo de resultados.

Assim como para a ISO 9001 e outras normas, a pesquisa *ISO Survey*, que é realizada pela ISO todos os anos para verificar o número de certificações válidas no mundo, mantém registrados os números anuais de certificações ISO 14001 desde 1999.

Em sua última versão, a *ISO Survey* (2016), pode-se observar que nos primeiros anos após ser lançada a norma, o número de certificações cresceu rapidamente (Gráfico 2) chegando a alcançar um índice de 63% de crescimento no ano 2000.

Gráfico 2 - Crescimento anual ISO 14001



Em 1999 existiam 13.994 certificações da ISO 14001 válidas no mundo, aumentando para 90.554 em 2004, 222.974 em 2009 e finalmente 346.147 em 2016. E o número de países/economias em que a ISO estava presente era de 84 em 1999, aumentando para 128 em 2004, 160 em 2009 e 201 em 2016.

Na Tabela 3 são apresentados os dez países que mais apresentaram certificados válidos acumulados da ISO 14001 em 2015.

Tabela 3 - Ranking dos países para certificação ISO 14001 2014-2015

Posição	País	Nº de Certificados
1	China	137.230
2	Japão	27.372
3	Itália	26.655
4	Reino Unido	16.761
5	Espanha	13.717
6	Alemanha	9.444
7	Índia	7.725
8	França	6.695
9	Romênia	6.075
10	Estados Unidos da América	5.582

Fonte: Adaptado de ISO Survey (2016)

A ISO Survey (2016) também apresenta os setores que mais possuem certificados válidos da ISO 14001 para os anos de 2014 e 2015, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Ranking dos setores para certificação ISO 14001 2014-2015

Setor	Certificados 2014	Certificados 2015
Construção	43995	43759
Metal básico e produtos fabricados de metal	26006	24171
Equipamentos elétricos e ópticos	23741	22183
Comércio de atacado e varejo, reparos de automóveis	16872	17967
Máquinas e equipamentos	13394	14024

Fonte: Adaptado de ISO Survey (2016)

É possível analisar que houve queda no número de certificados em todos os setores, exceto pelo setor de máquinas e equipamentos, em 2015.

2.2 DIFUSÃO GLOBAL DE CERTIFICAÇÕES ISO 9001 E ISO 14001

Em uma economia global, sem a padronização e seus resultados – normas técnicas ou especificações – o intercâmbio entre países seria extremamente difícil. A padronização permite o estímulo do comércio internacional por meio da eliminação de obstáculos que surgem de diferentes práticas nacionais (HEIRAS-SAZARBITORIA; BOIRAL, 2012).

Ainda, Heiras-Saizarbitoria e Boiral (2012) argumentam que no ambiente econômico em que a terceirização e a realocação das atividades das empresas se

tornaram elementos chave das cadeias de suprimentos globais, é necessário promover uma certa homogeneidade nos sistemas de gestão, a fim de favorecer o desenvolvimento desses processos e, as normas de sistemas de gestão podem ajudar a alcançar este objetivo.

Empresas líderes em cadeias de valor globais exigem que seus fornecedores demonstrem comprometimento com qualidade, sustentabilidade ambiental e condições de trabalho descentes. Esse comprometimento pode tomar a forma de certificações, que documentam a implementação de procedimentos e demonstram a aderência aos padrões internacionais apropriados (GOEDHUYS; SLEUWAEGEN, 2016).

As empresas podem adotar as normas internacionais para uma auto-regulamentação, na qual as ações podem até mesmo ir além das regulamentações governamentais e de instituições. Quando as regulamentações governamentais não são efetivas, as normas vêm como substitutas, colocando as empresas em um mesmo padrão, em termos de práticas gerenciais, linguagem de negócios e procedimentos de resolução de conflitos, reduzindo a distância institucional entre elas (GOEDHUYS; SLEUWAEGEN, 2016).

Durante a década de 1990, as normas internacionais de sistemas de gestão se tornaram cada vez mais importantes para a coordenação da produção internacional e para ganhar acesso ao mercado internacional (FREITAS; IIZUKA, 2012).

De acordo com Hikichi et al. (2016), muitas abordagens têm sido utilizadas para entender o processo de evolução no número de certificações ISO em diversos países, pois entender essa evolução ao longo dos anos em níveis geográficos, setoriais e organizacionais é relevante para todas as partes interessadas nessas normas.

Em relação à difusão global da ISO 9001 e ISO 14001, Alonso-Almeida (2013) constataram que a literatura pesquisada mostrou que a taxa de difusão dessas normas depende de dois fatores: a localização geográfica; e o histórico de implementação de alguma outra norma, que por exemplo, um grande número de certificações ISO 9001 em um país parece levar à subsequente difusão da ISO 14001 no mesmo país.

Ainda, Alonso-Almeida et al. (2013) concluíram que diferentes países estão em diferentes estágios na evolução da difusão das certificações internacionais, já que países que são mais experientes na implementação de sistemas de gestão

certificados (como países da Europa) iriam alcançar a saturação da ISO 9001 e ISO 14001 em um curto período de tempo, enquanto outros países, em que as certificações em padrões da qualidade possuem um histórico, estariam em uma fase muito mais recente no processo de difusão.

Goedhuys e Sleuwaegen (2016) constataram a partir dos resultados obtidos em sua pesquisa em empresas de 89 países em desenvolvimento e países em transição, a importância da certificação em gestão da qualidade para a participação no mercado de exportações e para o nível de vendas de exportação para empresas individuais.

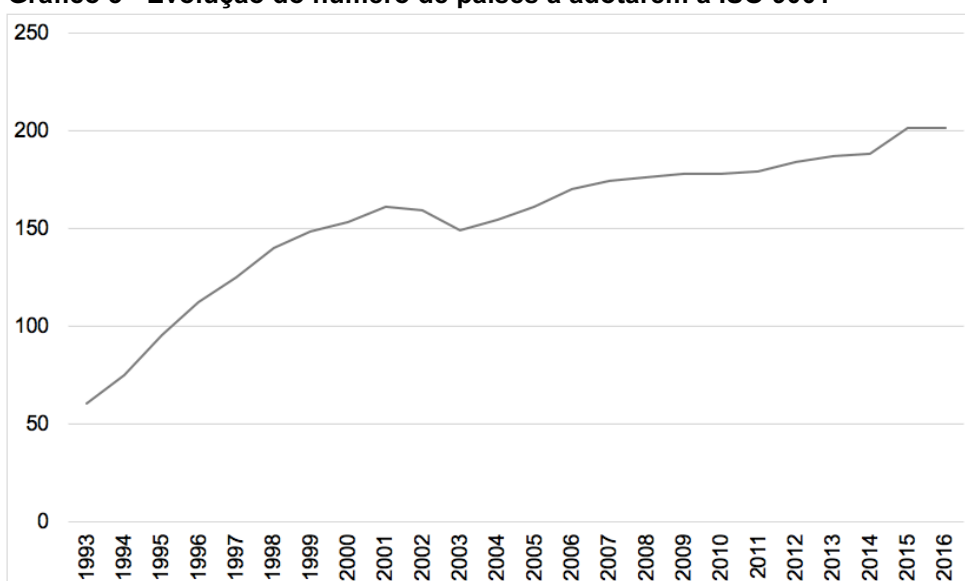
Segundo Freitas e Iizuka (2012), nos países desenvolvidos, entre os anos de 1980 e 1990, associações governamentais e industriais fizeram um grande esforço para apoiar empresas nacionais a desenvolverem sistemas de gestão da qualidade por meio de campanhas de conscientização, subsídios financeiros, desenvolvimento de infraestrutura tecnológica e serviços de suporte adequados.

A maioria dos países em desenvolvimento possuem um quadro regulamentar pobre. Políticas ambientais efetivas geralmente não estão em ordem devido à falta de investimentos, pessoal capacitado, infraestrutura pública e, em alguns casos, vontade política (FIKRU, 2014).

Em seu estudo, Fikru (2014) usou dados de 12.352 empresas de 35 países em desenvolvimento para analisar quais fatores internos e externos que eram determinantes na adoção de certificações internacionais.

Segundo ele, os fatores externos desempenham um forte papel nessa questão. Empresas que exportam, de propriedade estrangeira e que são conectadas internacionalmente possuem maior probabilidade de possuir certificação. Ainda, os fatores internos como requisitos burocráticos relacionados à poluição e seus efeitos e, a influência dos sindicatos de trabalhadores podem influenciar a adotar a certificação de um sistema de gestão.

De acordo com Salgado et al. (2015), a evolução da norma ISO 9001 no mundo evoluiu desde o seu lançamento, mesmo depois de período de estabilização em 2002 e 2003, que provavelmente foi causado pela transição entre versões da norma, mostrando a sua importância e a sua consolidação como uma padronização implementada no mundo todo. Essa evolução pode ser visualizada no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Evolução do número de países a adotarem a ISO 9001

Fonte: ISO Survey (2016)

Uma estimativa feita por Freitas e Iizuka (2012) sugere que o número de certificações da ISO 9001 na América Latina é maior em países que possuem um maior PIB per capita, maior força de trabalho, maior setor de agricultura, bem como crescimento na velocidade do conhecimento de propriedade estrangeira e ativos utilizados. Eles ainda afirmam que em vez do grau de abertura, investimentos e tamanho do país, foi o desenvolvimento econômico, o crescimento dos serviços, e a velocidade da internacionalização dos mercados da América Latina que suportaram a difusão da ISO 9001.

Comparando os dados utilizados por Salgado et al. (2015) em seu estudo, que leva em consideração dados da ISO Survey de 2011, houve mudanças na composição do *ranking* dos dez principais países a adotarem a ISO 9001.

A China e a Itália continuam na primeira e segunda posição, respectivamente, porém a Espanha que ocupava a terceira posição, caiu para a oitava, dando lugar para Japão, Reino Unido, Índia e Estados Unidos, este que não fazia parte do *ranking*. Brasil e República da Coreia que ocupavam a nona e a décima posição saíram do ranking, dando lugar a França e Romênia.

Ainda, Salgado et al. (2015) argumentam que de acordo com a evolução no número de certificações ISO 9001, é possível afirmar que quase todos os países do mundo adotaram o processo de certificação. Além disso, 180 países possuem agentes de certificação credenciados.

Nas últimas décadas, um número crescente de abordagens voluntárias tem sido implementado nas políticas ambientais de muitos países em adição às regulações obrigatórias existentes (DADDI et al., 2015).

A prática ambiental voluntária mais comum é a adoção de certificações reconhecidas internacionalmente (FIKRU, 2014). Empresas de países com adoção tardia da ISO 14001, geralmente mais pobres e países subdesenvolvidos, sofreram pressão principalmente de partes externas para certificar as suas plantas.

De acordo com Hikichi et al. (2016) embora a ISO 14001 tenha sido criada para atrair organizações de diferentes condições nacionais e corporativas, a sua difusão se deu de forma desigual entre as organizações da maioria dos países e em vários setores da economia.

To e Lee (2014) realizaram um estudo para entender como ocorreu a difusão na norma ISO 14001 no mundo de acordo com o de desenvolvimento dos países. Eles argumentam que novas ideias e práticas geralmente são adotadas por países desenvolvidos devido à maior disponibilidade de recursos; mas, com a contribuição de empresas em cadeias de suprimentos em diversos países, a ISO 14001 começou a se difundir dos países desenvolvidos para os principais países exportadores do extremo Oriente.

Com todo o processo de rápida globalização, nações emergentes como Brasil, Rússia, Índia e alguns países do Oriente Médio e da África começaram a promover a ISO 14001 para aumentar a competitividade entre as organizações nacionais.

A velocidade com que a difusão ocorreu mostra a variação entre regiões do mundo, pois enquanto na Ásia e na Europa Oriental o crescimento foi rápido, na África e na América Latina o crescimento certificações foi baixo, mas considerado em expansão; na Europa ocidental, onde a ISO 14001 foi originalmente introduzida, a taxa de crescimento e participação no mundo sofreu redução (HIKICHI et al, 2016; ISO SURVEY, 2015).

Hikichi et al. (2016) analisaram o número de certificações ISO 14001 na América Latina e argumentaram que esse número ainda estava aumentando, apesar de sofrer algumas quedas. A difusão nessa região não foi um fenômeno sincronizado, pois alguns países se interessaram na adoção da norma na metade da década de 1990, enquanto outros apenas nos últimos anos.

Outro exemplo é o estudo feito por McGuire (2014) em empresas chinesas, onde é discutido o tamanho da empresa, o seu *status* como exportadora e os fundos

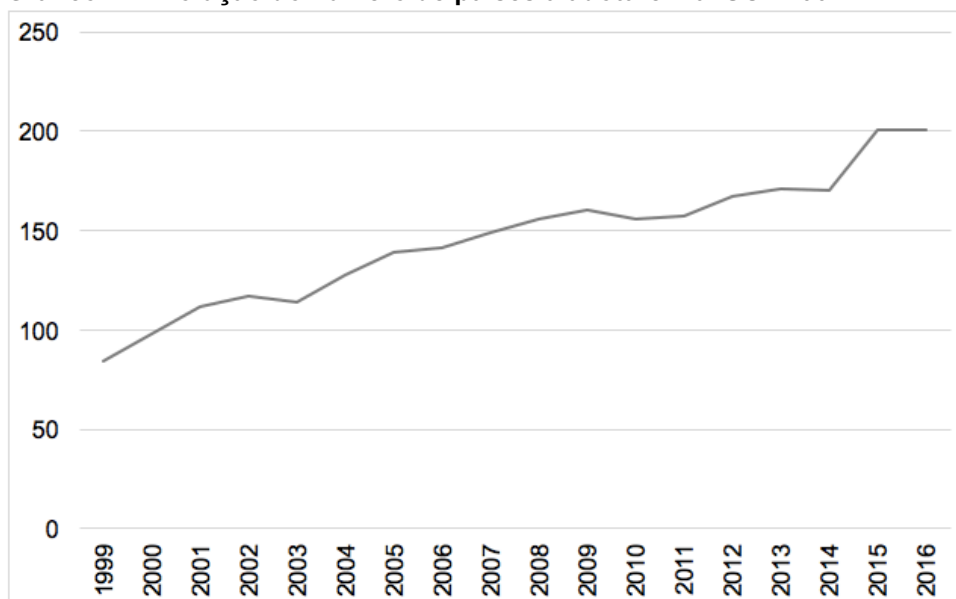
para proteção ambiental são fatores para a adoção da ISO 14001. Ainda, que a positiva relação entre possuir certificação e atender a requisitos de clientes conscientes reforça a ideia de que as empresas adotam a ISO 14001 como resposta a incentivos do mercado. Por fim, a relação positiva entre a adoção da ISO 14001 e a conformidade com regulamentações ambientais.

Daddi et al. (2015) realizaram uma pesquisa para verificar se o número de certificações ISO 14001 possuem relação com o aumento de índices econômicos (PIB per capita; e valor de indústria) e, também, com os índices de desenvolvimento (gastos públicos na educação; gastos com pesquisa e desenvolvimento; e desemprego).

Os resultados indicaram correlação positiva entre o número de certificações ISO 14001 com o PIB e uma correlação positiva significativa entre o número de certificações e o valor de indústria, confirmando que existe aumento nas certificações relacionado ao aumento nos índices econômicos. Para os índices de desenvolvimento, nenhuma relação significativa foi encontrada.

Em comparação com a ISO 9001, que alcançou o número de 201 países e economias em 22 anos, a ISO 14001 alcançou esse número em 16 anos. Além disso, de acordo com os dados da ISO Survey (2016), a ISO 9001 no ano de 1993 (primeiro ano do registro dos números de certificações ISO 9001) constava com 60 países, enquanto a ISO 14001 em 1999, constava com 84. A evolução do número de países a adotarem a ISO 14001 pode ser observada no Gráfico 4.

Gráfico 4 - Evolução do número de países a adotarem a ISO 14001



Fonte: ISO Survey (2016)

Assim, é possível observar que o crescimento do número de certificações ISO 14001 se deu de uma forma ainda mais rápida que a ISO 9001, em um menor espaço de tempo.

2.3 INDICADORES DE DESENVOLVIMENTO MUNDIAL

O *World Bank* ou Banco Mundial foi estabelecido em 1944 em Washington, D.C. e é uma fonte vital de assistência financeira e técnica para países em desenvolvimento, visando a redução da pobreza e o suporte ao desenvolvimento econômico, garantindo o aumento sustentável na qualidade de vida das pessoas de países em desenvolvimento (WORLD BANK, 2017).

No *World Bank* existe um grupo chamado *Development Data Group* que coordena o trabalho estatístico e de dados, mantendo bases de dados gerais, financeiras e por setores, em que os dados provêm dos sistemas estatísticos dos países membros.

O *World Bank* ajuda os países em desenvolvimento a aumentar a capacidade, eficiência e efetividade dos sistemas estatísticos nacionais, pois acredita que sem dados confiáveis e compreensíveis, é impossível desenvolver políticas, monitorar a implementação de estratégias de redução da pobreza ou monitorar o progresso dos objetivos globais (WORLD BANK DATA, 2017a).

Uma das bases de dados do *World Bank Data* é a de Indicadores de Desenvolvimento Mundial, que foi compilada a partir de fontes internacionais reconhecidas e que apresenta os dados de desenvolvimento mais recentes e precisos, incluindo também estimativas globais, nacionais e regionais (WORLD BANK DATA, 2017b).

Os indicadores são divididos em vinte categorias que englobam diferentes aspectos, como Agricultura e Desenvolvimento Rural, Mudanças Climáticas, Economia e Crescimento, Educação, Setor Financeiro, Saúde, Pobreza, Ciência e Tecnologia, Desenvolvimento Social, entre outros. Em cada uma dessas categorias existem diversos indicadores, como alguns mais conhecidos: PIB, exportações,

inflação, população, força de trabalho, expectativa de vida, emissões de CO₂ entre muitos outros (WORLD BANK DATA, 2017c).

Como discutido na seção anterior, alguns autores relacionam a difusão da ISO 9001 e da ISO 14001 a alguns desses indicadores, buscando por correlações entre o crescimento ou o declínio do número de certificações válidas com os valores dos indicadores.

Uma análise da literatura existente acerca do assunto foi realizada, resultando nos estudos resumidos no Quadro 1.

Quadro 1 - Estudos em relação à difusão da ISO 9001 e ISO 14001

(continua)

Referência	Estudo	Indicadores Analisados
Freitas e Iizuka (2012)	Difusão da conformidade com certificações internacionais em nível de empresas, indústrias e países	PIB per capita; Exportações (% PIB); IED; exportações de alta tecnologia; setor de serviços (% PIB); setor de agricultura (% PIB); Força de Trabalho.
Zeng e Eastin (2012)	Efeito do Investimento Estrangeiro Direto (IED) na adoção da ISO 14001	IED; PIB; PIB per capita; exportações (% PIB);
Berliner e Prakash (2013)	Influência da corrupção e outros indicadores na adoção da ISO 14001	Exportações (% PIB); IED; PIB; PIB per capita; exportações do setor primário (% exportações).
Heras-Saizarbitoria et al. (2013)	Adoção da ISO 9001 na União Europeia e nos Países Bálticos	PIB
Hudson e Orviska (2013)	Fatores que influenciam as empresas na adoção de certificações internacionais	RNB
Potoski e Prakash (2013)	Fatores que influenciam o nível de poluição e nos países; Redução da poluição com o aumento de certificações ISO 14001	PIB; PIB per capita; População; valor de indústria (% PIB); população urbana; exportações (% PIB); IED;
Fikru (2014)	Fatores internos e externos que influenciam a adoção de certificações internacionais em países em desenvolvimento	Propriedade de mulheres; Receitas (% PIB); exportações (% PIB); emissões de CO ₂ ; PIB per capita.
Grajek e Clougherty (2014)	Relação entre certificações internacionais e comércio internacional	Exportações (% PIB); PIB; População;
Lim e Prakash (2014)	Relação entre adoção da ISO 14001 e nível de inovação das tecnologias em gestão ambiental	PIB; PIB per capita; IED; gastos com P&D; exportações de alta tecnologia; taxa de matrícula no ensino terciário;
Sampaio et al. (2014)	Novo indicador de difusão da ISO 9001 (E9S)	-
To e Lee (2014)	Difusão da ISO 14001 em nível global, regional e em países	Exportações (% PIB)

Quadro 1 - Estudos em relação à difusão da ISO 9001 e ISO 14001

(conclusão)		
Referência	Estudo	Indicadores Analisados
Daddi et al. (2015)	Relação entre a ISO 14001 e indicadores de desenvolvimento	PIB; valor de indústria (% PIB); gastos com educação; P&D; desemprego.
Goedhuys & Sleuwaegen (2015)	Importância das certificações internacionais para a participação no mercado de exportações e o nível de vendas exportadas de empresas	exportações; importações (% PIB); facilidade de fazer negócio.
Salgado et al. (2015)	Relação entre a ISO 9001 e indicadores econômicos na América Latina	RNB; RNB per capita; exportações (% PIB); Total de reservas (US\$)
Hikichi et al. (2016)	Análise da Difusão da ISO 14001 em países e setores da América	-
Fikru (2016)	Determinantes institucionais das certificações internacionais na África Subsaariana	-

Fonte: Autoria Própria

Os estudos citados no quadro acima realizaram, de certa forma, uma busca pelos fatores determinantes na difusão das normas ISO 9001 e ISO 14001, ou então, pelos efeitos causados por certos indicadores na sua difusão.

A maioria desses estudos relacionam indicadores de ordem econômica, ou que foram selecionados de acordo com o interesse de cada pesquisa com o número de certificações ISO em geral, especificando ISO 9001 e ISO 14001, ou para ambas. Ainda, a maioria dos autores realizaram o estudo em localidades específicas como países ou regiões.

2.4 MINERAÇÃO DE DADOS E DESCOBERTA DE CONHECIMENTO

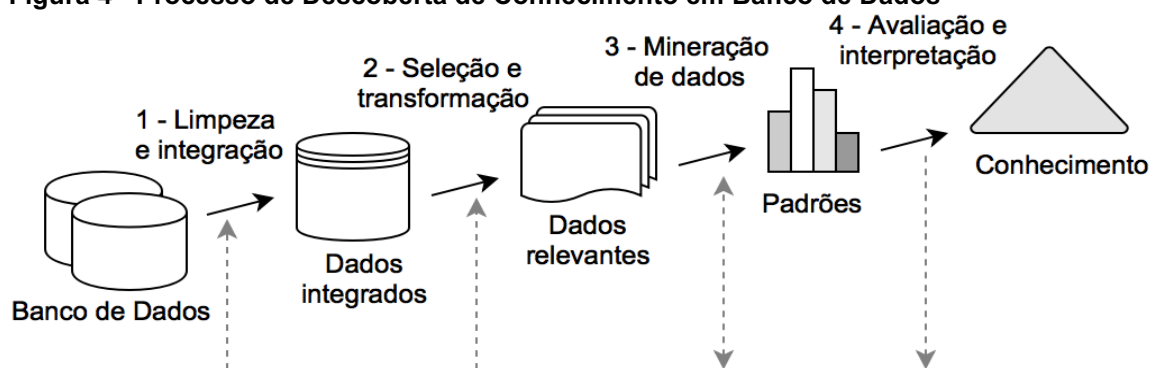
O explosivo crescimento do volume de dados disponíveis é resultado da informatização da sociedade e do rápido desenvolvimento de poderosas coleções de dados e ferramentas de armazenamento. Dessa maneira, tornou-se necessário o uso de ferramentas como a mineração de dados (*data mining*) para descobrir informações valiosas dentro de tamanhas fontes de dados e transformá-las em conhecimento organizado (KAMBER; HAN; PEI, 2012).

Assim, ferramentas como a mineração de dados surgiram com a intenção de facilitar a análise e a visualização de dados, bem como descobrir o conhecimento útil

para propósitos de tomada de decisão. A mineração de dados é um dos estágios de um processo mais largo, chamado de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados (*Knowledge Discovery in Databases – KDD*) (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Esse processo de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados é dividido em uma sequência iterativa de etapas, que podem ser visualizadas na Figura 4.

Figura 4 - Processo de Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados



Fonte: Adaptado de Kamber, Han e Pei (2012)

Pode-se dizer que o KDD é dividido em três partes principais: pré-processamento, em que os dados são preparados para o processo de mineração; mineração de dados, que é o processo de descoberta de padrões interessantes e conhecimento a partir de grandes quantidades de dados; e pós-processamento, que avalia e apresenta os resultados (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Na fase de pré-processamento dos dados, a limpeza e a integração de dados são realizadas para remover ruídos e dados inconsistentes de um certo conjunto de dados, e combinar múltiplas fontes de dados, respectivamente, para então realizar-se o pré-processamento dos dados.

Ainda na mesma fase, a seleção de dados é responsável pela busca por dados relevantes para a análise em questão na base de dados. A transformação de dados garante que os dados sejam transformados e consolidados em formas apropriadas para a mineração.

A importância desta etapa é eliminar dados sem importância ou redundantes, que atrapalham o processo como um todo e preparar o conjunto de dados para a mineração (SOUZA, 2017).

Assim, a redução de dimensionalidade pode ser aplicada para obter uma representação reduzida da seleção de dados, que apesar de conter um volume menor,

ainda mantém a integridade próxima à dos dados originais (KAMBER; HAN; PEI, 2012).

Existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para a redução de dimensionalidade, uma delas é a seleção de atributos, que de acordo com Wang et al. (2013), quando comparada com outras técnicas, a seleção de atributos não altera a representação original dos dados, pois faz a seleção de um subconjunto ótimo destes.

A geração de um subconjunto de dados é o procedimento de busca que cria candidatos de subconjuntos de atributos baseados em uma estratégia de busca a ser avaliada. Cada subconjunto gerado é avaliado e comparado com o melhor encontrado antes deste, de acordo com os critérios de avaliação. Se o novo subconjunto encontrado é melhor que o anterior, então o substitui, até que não existam mais opções, e o subconjunto ótimo seja identificado (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Depois da fase do pré-processamento, os dados estão prontos para a fase de mineração de dados, a extração de padrões a partir dos dados observados, sendo um processo essencial para a descoberta de conhecimento (SOUZA, 2017). Logo após a fase de avaliação de padrões, realiza-se a identificação dos padrões que realmente são interessantes para representar o conhecimento.

Por fim, a apresentação de resultados é a fase em que as técnicas de visualização e representação do conhecimento são utilizadas para apresentar o conhecimento minerado para os usuários.

2.4.1 Seleção de Atributos para Redução de Dimensionalidade

A seleção de atributos é uma das técnicas de pré-processamento de dados mais utilizadas, pois reduz o número de atributos de uma base de dados, bem como dados irrelevantes ou redundantes, além de melhorar a precisão e interpretação dos dados (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Em sua forma mais simples, a seleção de atributos é o cálculo de um subconjunto da base de dados, o qual mantém apenas os atributos mais relevantes, mas que preserva a habilidade de realizar análises como no conjunto de dados por inteiro (TRABELSI; ELOUEDI, 2010).

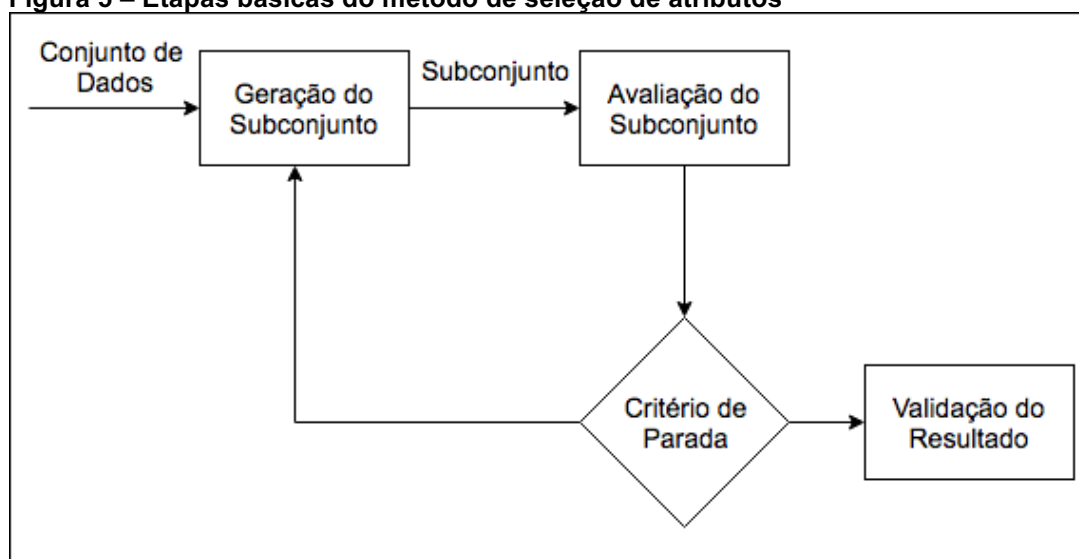
Encontrar o melhor subconjunto de dados envolve um procedimento de busca que cria vários subconjuntos de dados, que são avaliados e comparados entre si, de

acordo com a estratégia de um algoritmo, até que seja encontrado o melhor subconjunto para representar os dados (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Entretanto, segundo Dash e Liu (1997), este procedimento pode se tornar uma busca exaustiva, mesmo para uma base de dados que não contém muitos atributos, necessitando de um método com critério de parada.

Ainda, Dash e Liu (1997) consideram quatro etapas básicas para o método de seleção de atributos, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Etapas básicas do método de seleção de atributos



Fonte: Adaptado de Dash e Liu (1997)

A geração dos subconjuntos de dados pode ser classificada em três grupos: exponencial, o qual utiliza todas as combinações de atributos possíveis antes de retornar o melhor subconjunto; sequencial, dividido em seleção sequencial *forward*, que inicia com um subconjunto vazio e vai selecionando os melhores atributos para a sua composição; e, seleção sequencial *backwards*, o qual inicia o subconjunto com todos os atributos e remove aqueles não relevantes a cada iteração.; e, por fim, algoritmos aleatórios, os quais geram subconjuntos com atributos aleatórios (BORGES; NIEVOLA, 2012).

A qualidade de um subconjunto de dados precisa ser avaliada utilizando um critério de avaliação. De acordo com Macedo (2012), as abordagens para avaliação dos subconjuntos seguem diferentes critérios, em que as abordagens são: *Filter* e *Wrapper*.

A abordagem *Filter* avalia um atributo ou um subconjunto de atributos explorando características intrínsecas dos dados, sem nenhuma dependência com

um algoritmo de mineração, a partir da importância de um subconjunto de atributos baseada na habilidade preditiva de cada atributo e no grau de correlação entre eles (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Existem alguns filtros de seleção de atributos que permitem escolher um método de avaliação e uma estratégia de busca, como o *InfoGainAttributeEval*, que avalia o valor de um atributo pela medida do ganho de informação, com respeito à classe, e o *ClassifierAttributeEval*, que avalia o valor de um atributo usando um algoritmo classificador específico (KROUSKA et al., 2016).

Já para a abordagem *Wrapper* é necessário pré-determinar um algoritmo de mineração, em que o seu desempenho, quando aplicado a um subconjunto de dados, é utilizado como critério de avaliação da qualidade dos atributos selecionados (SOUZA, 2017). Entretanto, segundo Macedo (2012), quando comparado ao modelo *Filter*, o modelo *Wrapper* gera bons resultados, porém tende a exigir mais computacionalmente. Assim, para grandes bases de dados, o modelo *Filter* torna-se mais eficiente.

O critério de parada estabelece quando um processo de seleção de atributos deve ser finalizado, ou seja, quando a busca é finalizada, ou quando o objetivo é atingido, em que este pode ser uma situação específica, como por exemplo, um número máximo de iterações, ou quando um subconjunto de dados suficientemente bom é encontrado (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Uma forma de validação, citada por Borges e Nievola (2012), para verificar se um subconjunto é suficientemente bom, pode-se comparar o erro classificador do subconjunto de atributos encontrado com o erro classificador do conjunto de dados por completo.

2.4.2 Classificação e Algoritmos Classificadores

O objetivo da classificação é construir um modelo de distribuição de um atributo, o qual podemos chamar de classe, em função de todos os outros atributos dos dados de entrada (BORGES; NIEVOLA, 2012).

Quando os dados de entrada já possuem classes definidas, pode-se dizer que é uma aprendizagem supervisionada, em que o algoritmo verifica uma relação entre cada atributo e a classe. Caso contrário, são utilizados algoritmos de aprendizagem

não-supervisionada, os quais criam agrupamentos de entrada com características próximas e os classificam em grupos (SANTOS, 2013).

Existem diferentes categorias algoritmos classificadores, como redes neurais artificiais, árvores de decisão, algoritmos genéticos, entre outros, mas o algoritmo a ser utilizado é aquele que melhor se ajusta aos dados do conjunto em questão (MACEDO, 2015).

No Quadro 2 são descritos alguns algoritmos escolhidos a partir de diferentes categorias, que podem ser utilizados para classificação.

Quadro 2 – Algoritmos de Classificação por Categoria

Categoria	Algoritmo	Descrição
<i>Bayesian</i>	<i>Naive Bayes</i>	Algoritmo de classificação simples, baseado no Teorema de Bayes, o qual assume hipóteses de independência entre os atributos (SANTOS, 2013). É um algoritmo estatístico que prediz a probabilidade de um atributo pertencer a uma classe (SOUZA, 2017).
Árvore de Decisão	<i>Random Forest</i>	É um classificador composto de múltiplas árvores de decisão, em que em seu crescimento, cada nó de uma determinada árvore é dividido utilizando o melhor atributo entre um subconjunto de atributos aleatoriamente escolhido (GHOSAL et al., 2009). Por meio de um mecanismo de votação, escolhe a árvore que recebeu mais votos entre todas as árvores da floresta (DINIZ et al., 2013).
Regras	<i>Decision Table</i>	É um classificador que constrói uma tabela de classificação que seleciona aqueles que são considerados os melhores atributos pela performance obtida a partir da avaliação de diferentes subconjuntos (WITTEN et al, 2011).
Funções	<i>Linear Regression</i>	É um algoritmo que pode ser naturalmente expresso em uma equação matemática, que aplicada o método de regressão linear para realizar a seleção de atributos (WITTEN et al., 2011). É um modelo que tenta explicar uma variável y em relação a outras variáveis x (SANTOS, 2013).
Redes Neurais	<i>Multilayer Perceptron</i>	É um algoritmo que utiliza propagação reversa, que em uma dada estrutura de rede com pesos definidos entre as conexões, ajusta esses valores para predizer o resultado final (WITTEN et al., 2011).
<i>Lazy</i>	<i>K-Nearest Neighbors</i>	É um algoritmo baseado na busca dos k vizinhos mais próximos, utilizando uma medida de distância entre eles, para encontrar o resultado final (SANTOS, 2013).

Fonte: Autoria Própria

A classificação pode ser realizada utilizando todo o conjunto de atributos. Entretanto, para um grande número de atributos, o método de validação cruzada entre

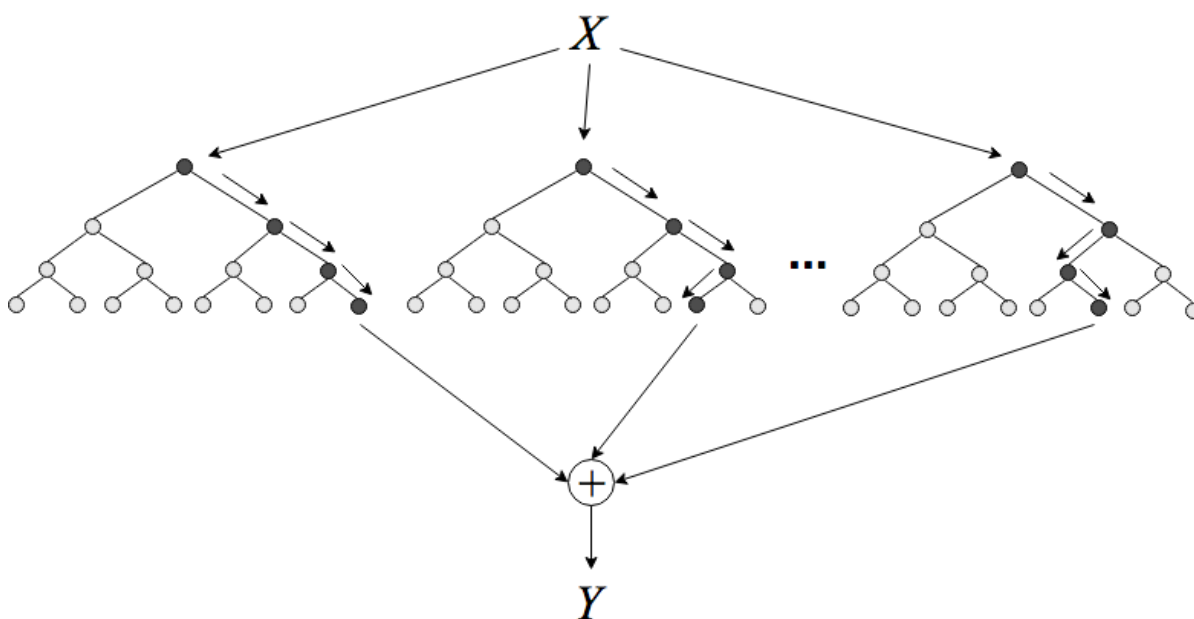
um número k de subconjuntos, é mais recomendada para avaliar a performance de um algoritmo de classificação (WONG, 2016).

De acordo com Diniz et al. (2013), no algoritmo classificador *Random Forest*, cada árvore gerada possui uma amostra de atributos diferente e, em cada nó de cada árvore, são escolhidos aleatoriamente subconjuntos de atributos que orientam o direcionamento de novos nós, de acordo com a melhor discriminação em relação à classe.

Sendo assim, a seleção de atributos é realizada simultaneamente à construção do modelo e, no final, será dado como resultado o melhor subconjunto gerado dentre todas as árvores da floresta (DINIZ et al., 2013).

É possível observar a geração do subconjunto ótimo na Figura 6.

Figura 6 – Ilustração do Algoritmo *Random Forest*



Fonte: Adaptado de Lorenzzet e Telochen (2016)

A partir da entrada de um conjunto de dados X , várias árvores aleatórias são geradas, as quais são submetidas a diferentes critérios para a tomada de decisão nos nós, até a geração do subconjunto final Y (LORENZZET; TELOCHEN, 2016).

De acordo com Cutler et al. (2011), X representa os valores dos dados de entrada e Y uma variável de saída, em que o objetivo é encontrar uma função para prever Y , minimizando a distância entre os valores de X e Y .

2.4.3 Ferramenta para Mineração de Dados

De acordo com o KDnuggets (2017), existem mais de cem *softwares* no mercado que possuem ferramentas para mineração e análise de dados voltados para o KDD, em que a maioria deles são pagos e alguns são ferramentas gratuitas e de livre acesso. Um dos que possuem livre acesso é o *Waikato Environment for Knowledge Analysis* (WEKA), desenvolvido pela Universidade de Waikato, na Nova Zelândia.

O WEKA é uma coleção de algoritmos de aprendizado de máquinas e processamento de dados que, por meio da sua interface chamada *Explorer*, fornece um suporte extensivo em todo o processo de mineração de dados experimentais, incluindo a preparação dos dados de entrada, a avaliação estatística dos esquemas de aprendizagem, e a visualização dos dados de entrada e o resultado do aprendizado (FRANK; HALL; WITTEN, 2016).

Além disso, o WEKA é uma biblioteca Java com uma grande seleção de sofisticados algoritmos de aprendizado de máquina e, pode ser usado em aplicações customizadas Java ou por meio da interface de integração gráfica ao usuário. Ainda, contém ferramentas para pré-processamento de dados, classificação, regressão, agrupamento, regras de associação e visualização (LAUSCH; SCHMIDT; TISCHENDORF, 2015).

2.5 CORRELAÇÃO DE PEARSON

O coeficiente de correlação de Pearson é um dos métodos mais utilizados para o estudo do relacionamento entre variáveis (MU et al., 2017).

Uma correlação positiva significa que quando uma variável x aumenta, a variável y também aumenta e, uma correlação negativa significa que quando uma variável x aumenta, y diminui (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

De acordo com Figueiredo Filho e Silva Júnior (2009), o coeficiente de correlação de Pearson (r) é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis, segundo a Fórmula 1 a seguir:

$$r = \sum \left(\frac{x_i - \bar{x}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{s_y} \right) \quad (1)$$

onde x_i e y_i são os valores de cada par de dados para duas variáveis, \bar{x} e \bar{y} são as suas médias e, s_x e s_y os seus desvios padrões, para um conjunto de dados de tamanho n .

O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida de associação entre duas variáveis quantitativas, onde seu valor varia de -1 a 1, em que quanto mais próximo de 1 maior é o grau de correlação entre as variáveis e, quanto mais próximo de zero, menor é o grau de correlação (FIGUEIREDO FILHO et al., 2014).

Dancey e Reidy (2005) classificam o valor do coeficiente para as correlações em fraco, para $r = 0,10$ a $r = 0,30$, moderado, para $r = 0,40$ a $r = 0,60$ e, forte, para $r = 0,70$ a $r = 0,9$, ou seja, quanto mais próximo de 1 for o valor do coeficiente de correlação de Pearson, maior o grau de relacionamento entre duas variáveis. Já para $r = 1$, existe uma correlação perfeita.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é explicitada a base metodológica utilizada como suporte à pesquisa realizada. Na primeira seção é apresentada a classificação da pesquisa segundo a sua natureza, abordagem, aos seus objetivos e aos procedimentos técnicos. Já na segunda seção são discutidos os procedimentos da pesquisa, os quais envolvem as fases, as etapas e os passos necessários para realização do trabalho, bem como os resultados gerados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

3.1.1 Natureza da Pesquisa

A finalidade de uma pesquisa pode ser classificada em razões de ordem básica, a qual objetiva gerar novos conhecimentos e contribuir com o já existente, sem aplicação prática, e razões de ordem aplicada, a qual procura gerar novos conhecimentos a partir dos já existentes, com soluções para problemas específicos (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Esta pesquisa se classifica como aplicada porque utiliza de conhecimento prévio existente, porém com uma abordagem em um quadro mais amplo, alcançando resultados mais eficazes sobre o assunto abordado.

3.1.2 Abordagem da Pesquisa

As pesquisas podem ser classificadas segundo a sua natureza em qualitativas, quantitativas ou um misto entre os dois tipos.

De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa se concentra na objetividade, e dispõe da linguagem matemática para explicar tanto um fenômeno, quanto as relações entre diferentes variáveis, a partir de informações quantificáveis e que serão classificadas e analisadas.

Desse modo, como o atual estudo tem o objetivo de analisar dados numéricos, utilizar de métodos matemáticos e estatísticos para classificar e analisar variáveis, a pesquisa é classificada como quantitativa.

3.1.3 Objetivos da Pesquisa

Segundo Lakatos e Marconi (2001), as pesquisas podem ser classificadas quanto aos seus objetivos em exploratórias, descritivas ou explicativas.

Para Gil (2006), a pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição de uma população e/ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre determinadas variáveis. Cerro, Bervian e Silva (2006) argumentam que a pesquisa descritiva se caracteriza por observação, registro, análise e correlação de fatos ou variáveis sem manipulação e, seu objetivo é encontrar com precisão a frequência em que um fenômeno ocorre.

Vergara (2000) ainda complementa que a pesquisa descritiva pode estabelecer correlações entre essas variáveis e definir a sua natureza, sem ter o compromisso de explicar os fenômenos em questão, embora possua base para isso.

Sendo assim, esta pesquisa se enquadra nesta classificação, pois tem como objetivo estudar a relação entre indicadores em relação ao fenômeno de difusão das certificações internacionais ISO 9001 e ISO 14001.

3.1.4 Procedimentos Técnicos da Pesquisa

A parte mais importante para um delineamento de pesquisa é o procedimento adotado para realizar a coleta de dados, que pode ser feito a partir de fontes existentes ou de dados fornecidos por pessoas (GIL, 2002).

A pesquisa documental, assim como a pesquisa bibliográfica, é caracterizada pelo uso de materiais já elaborados, entretanto, o que diferencia é que a pesquisa documental utiliza fontes mais diversificadas e dispersas como tabelas estatísticas, relatórios de empresas, documentos oficiais, entre outros (FONSECA, 2002).

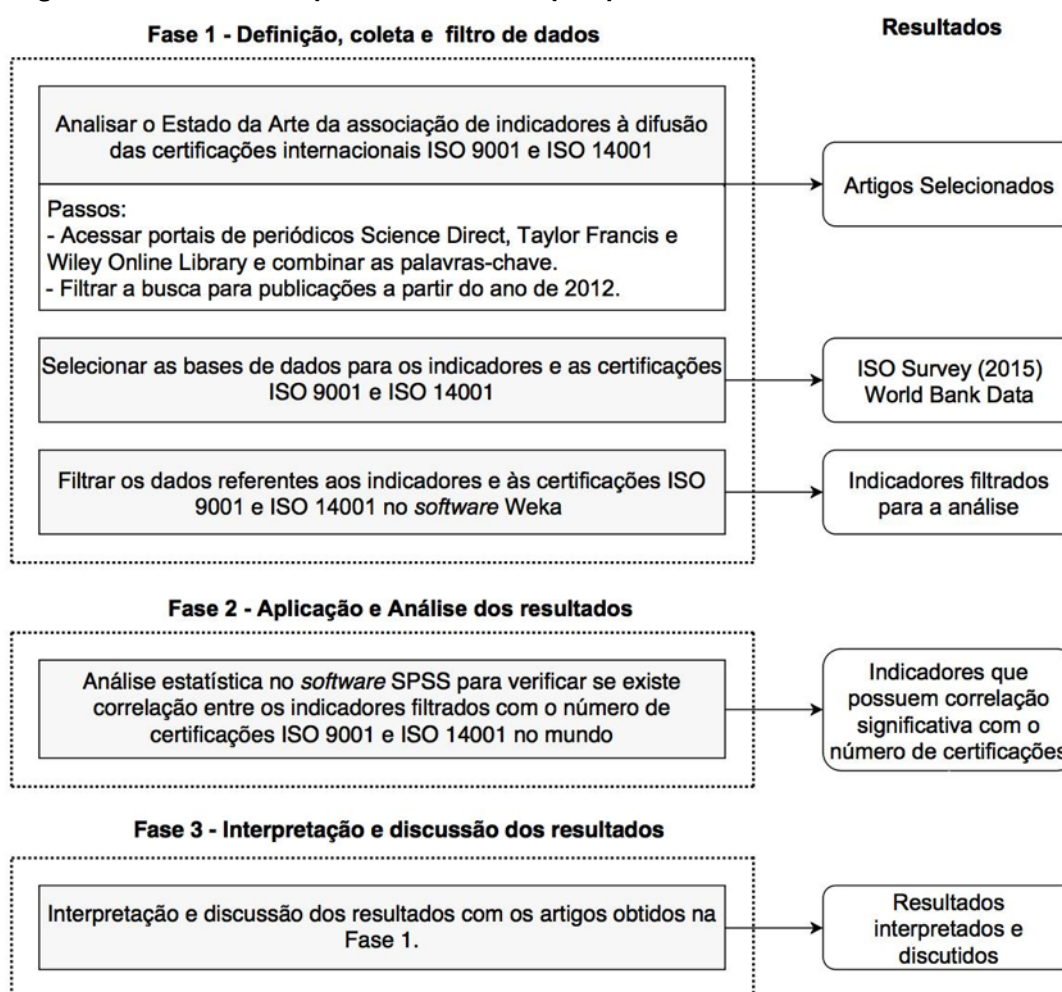
De acordo com Gil (2002), a pesquisa documental é caracterizada pela utilização de materiais que ainda não receberam um tratamento analítico, ou que podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

O estudo em questão vale-se de material já elaborado presente em relatório realizado pela *ISO Survey (2015)*, bem como dados de indicadores mundiais encontrados no *World Bank Data*. Portanto, pode-se dizer que a pesquisa assume um caráter documental em termos dos seus procedimentos técnicos de delineamento de pesquisa.

3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Nesta seção são apresentadas as fases, etapas e os passos para a realização da pesquisa, assim como os resultados obtidos em cada etapa. Os procedimentos da pesquisa foram divididos em três fases que são apresentadas na Figura 7.

Figura 7- Estrutura dos procedimentos de pesquisa



Fonte: Autoria própria

3.2.1 Seleção de Artigos e Análise do Estado da Arte

A primeira fase consistiu na definição dos critérios de seleção de trabalhos científicos, na seleção de bases de dados e na filtragem de dados relevantes ao estudo.

Na primeira etapa foi realizada a análise do estado da arte da literatura existente acerca da difusão das normas internacionais ISO 9001 e ISO 14001 e a sua relação com os indicadores do *World Bank Data*.

Os artigos foram selecionados a partir de bases de periódicos *Science Direct*, *Taylor Francis* e *Wiley Online Library*. Apesar dessas bases não serem as mais utilizadas, foram escolhidas devido ao maior número de estudos relevantes encontrados para esta pesquisa.

A busca resultou em dezesseis estudos acerca do tema abordado, os quais foram descritos no Quadro 1 (pág. 32 e 33).

3.2.2 Definição e Coleta de Dados

Na segunda etapa, foram definidas as bases de dados da ISO Survey (2015) para coleta de valores referentes às normas, e do *World Bank Data* para coleta dos valores de indicadores. Os dados foram integrados em duas bases, cada qual contendo os valores de ISO para cada uma das certificações (ISO 9001 e ISO 14001), e os dados indicadores.

Para a análise, foram selecionados 241 indicadores que poderiam ser mais relevantes de acordo com um filtro utilizando as seguintes categorias do *World Bank Data*: economia, educação, meio ambiente, setor financeiro, infraestrutura, setor privado e comércio, e setor público. A base de dados conta com um período amostral de dez anos (2007 a 2016).

Além disso, foram selecionados para a análise os países que apresentavam uma variação superior a 10 certificações no período de 10 anos. De um total de 217 países listados no *World Bank Data* foram selecionados 158 para a base ISO 9001 e 133 para a base ISO 14001.

Essa seleção deve-se à baixa contribuição dos números de ISO dos países que foram eliminados para o contexto do estudo, para o qual foi definido o objetivo de encontrar forte relação entre indicadores e números mais altos de certificações.

Ainda, a análise de todos os países e indicadores existentes exigiria muito do sistema computacional, que não suporta uma base de dados com tantos registros.

3.2.3 Pré-processamento e Mineração de Dados

No pré-processamento de dados, os valores dos indicadores foram transformados a partir do *z-score*, pois apresentavam unidades de medidas diferentes.

A transformação pelo *z-score* ou padronização é dada a partir da subtração da média da variável (\bar{x}) em todos os valores (x), seguida pela divisão do resultado pelo desvio padrão (s) da variável, como descrito na Fórmula 2. Esta etapa foi realizada no software SPSS, pela facilidade e rapidez, considerando o tamanho das bases de dados.

$$y = \frac{x - \bar{x}}{s} \quad (2)$$

A mineração de dados foi realizada no *software* WEKA (versão 3.8.2), utilizando o método *ClassifierAttributeEval*, tendo como algoritmo classificador o *Random Forest*. O objetivo da utilização do algoritmo foi filtrar os indicadores e selecionar apenas aqueles que possam ter correlação com o número de normas ISO 9001 e ISO 14001.

Este *software* foi utilizado no presente estudo, pois segundo Macedo (2012), o WEKA é um dos *softwares* mais utilizados na literatura para a mineração de dados e, possui características como fácil acesso, domínio público e disponibilidade para diferentes sistemas operacionais.

A escolha do algoritmo classificador deve-se à análise realizada com os algoritmos *Random Forest*, *Decision Table*, *Linear Regression*, *Multilayer Perceptron* e *K-Nearest Neighbors* na classificação. O algoritmo que melhor se adapta a um conjunto de dados analisado é aquele que apresenta maior acuracidade em relação ao coeficiente de correlação e menores índices de erros (KROUSKA et al., 2016).

O erro relativo absoluto e a raiz do erro relativo ao quadrado comparam valores reais com valores estimados e indicam o quanto o modelo se distancia da realidade, sendo assim, quanto menores os valores dos erros, melhor o modelo estimado (BIFET, 2012).

O algoritmo *Naive Bayes* foi eliminado, pois não pode ser utilizado considerando uma classe numérica supervisionada, sendo bloqueado pelo próprio WEKA.

Na mineração de dados, os atributos obedeceram a um *rank* realizado pelo WEKA, por uma unidade de medida chamada Mérito, em que o método *ClassifierAttributeEval* avalia o “mérito” de um atributo em relação à classe, onde maiores valores para o mérito significam uma maior relação com a classe (DEMISSE, 2017).

Logo após foi realizada a análise estatística dos dados no *software* SPSS (versão 23) em busca de correlações significantes entre os indicadores que foram filtrados na fase anterior e o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001 no mundo.

O teste realizado foi a correlação por meio do coeficiente de correlação de Pearson, com os dados padronizados para um intervalo de confiança de 95%.

3.2.4 Interpretação e Discussão dos Resultados

A última fase foi a interpretação e discussão dos resultados encontrados na segunda etapa. Nesse momento foi realizada a interpretação dos resultados da análise estatística, obtendo os indicadores que possuem correlação significativa com o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001, sendo possível assim responder à pergunta problema do estudo.

Por fim, realizou-se a discussão dos resultados em relação à literatura apresentada na revisão teórica que foi selecionada na Fase 1, a fim de corroborar ou diferir resultados encontrados por outros autores, auxiliando no conhecimento e na elaboração de pesquisas posteriores.

4 ANÁLISES DOS RESULTADOS

Este capítulo descreve os testes, as análises e os resultados encontrados de acordo com os procedimentos metodológicos. Na seção 4.1 são apresentados os testes para a escolha do algoritmo classificador mais adequado. Na seção 4.2 são apresentados os resultados da seleção de e na seção 4.3 são apresentados os resultados da análise de correlações. Por fim, na seção 4.4 são discutidos os resultados encontrados.

4.1 MINERAÇÃO DE DADOS

Para encontrar o algoritmo de classificação mais adequado aos dados das bases e Indicadores de Desenvolvimento Mundial, foram realizados testes com os algoritmos de classificação já descritos no Quadro 2 (pág. 38), utilizando o método de validação cruzada com $k=10$ partições, no *software* WEKA.

Nas subseções seguintes, serão apresentados os resultados obtidos com a mineração de dados especificamente para as bases ISO 9001 e ISO 14001.

4.1.1 Base ISO 9001

Para a base ISO 9001 e Indicadores de Desenvolvimento Mundial, os resultados dos coeficientes de correlação e dos erros obtidos a partir da classificação para os algoritmos selecionados podem ser observados no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultado dos algoritmos de classificação para a Base ISO 9001

Algoritmo	Coefficiente de Correlação	Erro relativo absoluto	Raiz do erro relativo ao quadrado
<i>Random Forest</i>	0,978	18,45%	26,16%
<i>Decision Table</i>	0,787	30,44%	61,79%
<i>Linear Regression</i>	0,925	57,31%	37,93%
<i>Multilayer Perceptron</i>	0,631	117,51%	1363,43%
<i>K-Nearest Neighbors</i>	0,893	30,49%	48,01%

Fonte: Autoria própria

O algoritmo com maior coeficiente de correlação e menores percentuais de erro foi o *Random Forest*. Tal algoritmo foi utilizado como classificador na seleção de atributos para a base ISO 9001.

4.1.2 Base ISO 14001

Para a Base ISO 14001 e Indicadores de Desenvolvimento Mundial, os resultados dos coeficientes de correlação e dos erros obtidos a partir da classificação para os algoritmos selecionados podem ser observados no Quadro 4.

Quadro 4 - Resultado dos algoritmos de classificação para a Base ISO 14001

Algoritmo	Coefficiente de Correlação	Erro relativo absoluto	Raiz do erro relativo ao quadrado
<i>Random Forest</i>	0,970	22,00%	31,19%
<i>Decision Table</i>	0,737	37,71%	67,91%
<i>Linear Regression</i>	0,876	85,17%	48,99%
<i>Multilayer Perceptron</i>	0,038	218,93%	2353,20%
<i>K-Nearest Neighbors</i>	0,901	37,98%	46,81%

Fonte: Autoria própria

Assim como para a Base ISO 9001, o algoritmo com maior coeficiente de correlação e menores percentuais de erro foi o *Random Forest*. Este também foi utilizado como classificador na seleção de atributos, utilizando os mesmos métodos, para a base ISO 14001.

4.2 SELEÇÃO DE ATRIBUTOS

Na etapa de seleção de atributos foi utilizado o método de avaliação *ClassifierAttributeEval*. Foram realizados dois testes de seleção com os dois algoritmos classificadores melhores avaliados para cada base, com o objetivo de encontrar o subconjunto de atributos (indicadores) mais relevantes em relação ao número de certificações ISO 9001 e ISO 14001.

O critério de busca selecionado foi a partir de um *rank* dos atributos mais relevantes para os menos relevantes, tendo como base o valor do coeficiente de correlação dos atributos em relação à classe (certificações).

4.2.1 Base ISO 9001

A partir da seleção de atributos utilizando o algoritmo classificador *Random Forest*, pode-se observar no Quadro 5, os indicadores selecionados a partir da base de dados ISO 9001.

Quadro 5 – Indicadores selecionados ISO 9001

Mérito	Indicadores Selecionados
1,042	Área terrestre (km ²)
0,969	População (total)
0,932	Força de Trabalho (total)
0,905	Transporte aéreo, registros de decolagens
0,896	Linhas férreas (km)
0,885	Transporte aéreo, número de passageiros
0,872	Linhas férreas, transporte de passageiros (pessoas/km)
0,855	Produto Interno Bruto - PIB (U\$S)
0,853	Rendimento Nacional Bruto - RNB (U\$S)
0,801	Emissões de CO ₂ (kt)
0,797	Exportações de mercadorias (U\$S)
0,795	Tempo para construir um depósito (dias)
0,778	Documentos para exportar (número)
0,735	Artigos científicos e técnicos (número)
0,734	Documentos para importar (número)
0,732	Indústria de média ou alta tecnologia (%)
0,723	Tempo para cumprir uma obrigação contratual (dias)
0,695	Área de agricultura (% da área terrestre)
0,697	Importações de mercadorias (U\$S)
0,697	Tempo para obter eletricidade (dias)
0,680	Emissões de metano (kt de CO ₂ equivalente)
0,675	Custo para exportar (U\$S por container)
0,664	Emissões de gases de efeito estufa (kt de CO ₂ equivalente)
0,661	Tempo para exportar (dias)
0,649	Custo para importar (U\$S por container)
0,642	Tempo para importar (dias)
0,624	Emissões de óxido nitroso (mil ton de CO ₂ equivalente)
0,582	Exportação de serviços comerciais (U\$S)
0,583	Produção de eletricidade de fontes nucleares (% do total)
0,545	Emissão de outros gases HFC, PFC e SF6 (mil ton de CO ₂ eq.)
0,524	Exportação de manufaturados (% de exportações)
0,503	Crescimento da população rural (% anual)

Fonte: Autoria própria

Foram selecionados apenas os indicadores que apresentavam a medida do mérito maior do que 0,5, ou seja, que podem ter uma relação maior com o número de certificações ISO 9001.

4.2.2 Base ISO 14001

Para a ISO 14001 partir da seleção de atributos utilizando o algoritmo classificador *Random Forest*, e o método de busca por meio de um *rank* do coeficiente de correlação, pode-se observar no Quadro 6, os indicadores selecionados a partir da base de dados ISO 14001.

Quadro 6 – Indicadores selecionados ISO 14001

(continua)

Mérito	Indicadores
0,976	Força de Trabalho (total)
0,964	Produto Interno Bruto - PIB (U\$S)
0,964	Rendimento Nacional Bruto - RNB (U\$S)
0,964	População (total)
0,964	Área terrestre (km ²)
0,939	Linhas férreas (km)
0,934	Transporte aéreo, registros de decolagens
0,915	Transporte aéreo, número de passageiros
0,852	Exportações de mercadorias (U\$S)
0,833	Tempo para construir um depósito (dias)
0,801	Tempo para obter eletricidade (dias)
0,784	Linhas férreas, transporte de passageiros (pessoas/km)
0,730	Emissões de CO ₂ (kt)
0,752	Tempo para cumprir uma obrigação contratual (dias)
0,705	Indústria de média ou alta tecnologia (%)
0,686	Documentos para importar (número)
0,668	Documentos para exportar (número)
0,660	Importações de mercadorias (U\$S)
0,632	Área de agricultura (% da área terrestre)
0,627	Densidade de população (pessoas por km ²)
0,616	Custo para exportar (U\$S por container)
0,609	Crescimento da população rural (s anual)
0,585	Tempo para importar, confiança de fronteira (horas)
0,563	Artigos científicos e técnicos (número)
0,562	Exportações de mercadorias (U\$S)
0,552	Emissões de gases de efeito estufa (kt de CO ₂ equivalente)

Quadro 6 – Indicadores selecionados ISO 14001

(conclusão)

Mérito	Indicadores
0,544	Exportação de serviços comerciais (U\$\$)
0,540	Tempo para exportar (dias)
0,539	Tempo para importar (dias)
0,529	Custo para importar (U\$\$ por container)
0,523	Emissões de metano (kt de CO ₂ equivalente)
0,514	Tempo para exportar, confiança de fronteira (horas)

Fonte: Autoria própria

Como para a base ISO 9001, foram selecionados apenas os indicadores que apresentavam a medida do mérito maior do que 0,5, ou seja, que podem ter uma relação mais forte com o número de certificações ISO 14001.

4.3 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

Para encontrar as correlações entre os indicadores e o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001, foi utilizado o *software* SPSS e realizada a análise de correlação por meio do coeficiente de correlação de Pearson.

4.3.1 Base ISO 9001

Para a análise de correlações entre o número de certificações ISO 9001 e indicadores de desenvolvimento mundial, foi utilizada uma amostra para um período de 10 anos (2007 a 2016), contendo os dados dos indicadores filtrados na mineração de dados, considerando os países selecionados e, os dados do número de certificações de cada país, no mesmo período especificado.

Os resultados da correlação de Pearson encontrados são apresentados de acordo com a ordem decrescente do coeficiente de correlação, ou seja, dos indicadores que possuem uma correlação forte positiva com o número de certificações para aqueles que possuem uma correlação forte negativa com o número de certificações.

Tais resultados podem ser observados no Quadro 7, de correlações entre indicadores de desenvolvimento mundial e o número de certificações ISO 9001.

Quadro 7 – Correlação de Indicadores com a ISO 9001

Coeficiente de Correlação	Indicadores Selecionados
0,776	Força de Trabalho (total)
0,748	Exportações de mercadorias (U\$S)
0,699	Artigos científicos e técnicos (número)
0,691	População (total)
0,677	Emissões de CO ₂ (kt)
0,649	Linhas férreas, transporte de passageiros (pessoas/km)
0,645	Importações de mercadorias (U\$S)
0,559	Produto Interno Bruto - PIB (U\$S)
0,556	Emissões de gases de efeito estufa (kt de CO ₂ equivalente)
0,553	Rendimento Nacional Bruto - RNB (U\$S)
0,545	Emissões de metano (kt de CO ₂ equivalente)
0,520	Emissões de óxido nitroso (mil ton de CO ₂ equivalente)
0,474	Transporte aéreo, número de passageiros
0,436	Exportação de serviços comerciais (U\$S)
0,386	Linhas férreas (km)
0,371	Área terrestre (km ²)
0,368	Transporte aéreo, registros de decolagens
0,291	Exportação de manufaturados (% de exportações)
0,256	Indústria de média ou alta tecnologia (%)
0,115	Emissão de outros gases HFC, PFC e SF6 (mil ton de CO ₂ equivalente)
0,103	Produção de eletricidade de fontes nucleares (% do total)
0,068	Área de agricultura (% da área terrestre)
-0,024	Tempo para obter eletricidade (dias)
-0,066	Tempo para construir um depósito (dias)
-0,069	Tempo para cumprir uma obrigação contratual (dias)
-0,085	Custo para exportar (U\$S por container)
-0,093	Tempo para exportar (dias)
-0,098	Custo para importar (U\$S por container)
-0,100	Tempo para importar (dias)
-0,109	Documentos para exportar (número)
-0,139	Documentos para importar (número)
-0,223	Crescimento da população rural (s anual)

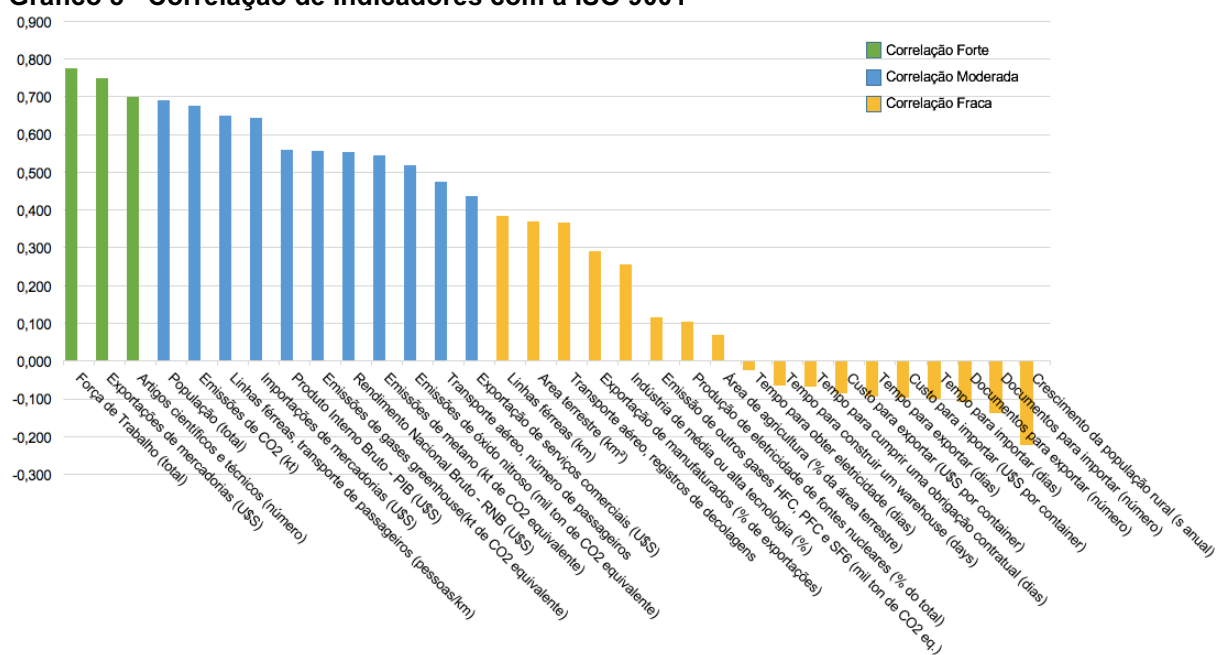
Fonte: A autoria própria

Pode-se observar que os indicadores que possuem uma correlação forte positiva com o número de certificações ISO 9001 são: força de trabalho (total), exportações de mercadorias (US\$), artigos científicos e técnicos (número) e população (total). Já os que possuem uma correlação moderada são aqueles que

possuem o valor do coeficiente de correlação entre 0,4 e 0,7, os quais representam a maioria

Valores de correlação menores de 0,4 apresentam um grau de correlação baixo com o número de certificações. E, ainda é possível observar valores de coeficiente de correlação negativos, o que representam uma correlação negativa com o número de certificações. O grau de correlação de cada indicador pode ser melhor observado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Correlação de Indicadores com a ISO 9001



Fonte: Autoria própria

De acordo com os resultados obtidos, tem-se que apenas 3 indicadores possuem uma correlação forte positiva, enquanto 11 indicam uma correlação moderada positiva e, 18 indicam uma correlação fraca.

4.3.2 Base ISO 14001

Para a análise de correlações entre o número de certificações ISO 14001 e indicadores de desenvolvimento mundial, foi utilizada uma amostra para um período de 10 anos (2007 a 2016), contendo os dados dos indicadores filtrados na mineração de dados, considerando os países selecionados e, os dados do número de certificações de cada país, no mesmo período especificado.

Os resultados da correlação de Pearson encontrados são apresentados de acordo com a ordem decrescente do coeficiente de correlação, ou seja, dos indicadores que possuem uma correlação forte positiva com o número de certificações para aqueles que possuem uma correlação forte negativa com o número de certificações. Tais resultados podem ser observados no Quadro 8.

Quadro 8 – Correlação de Indicadores com a ISO 9001

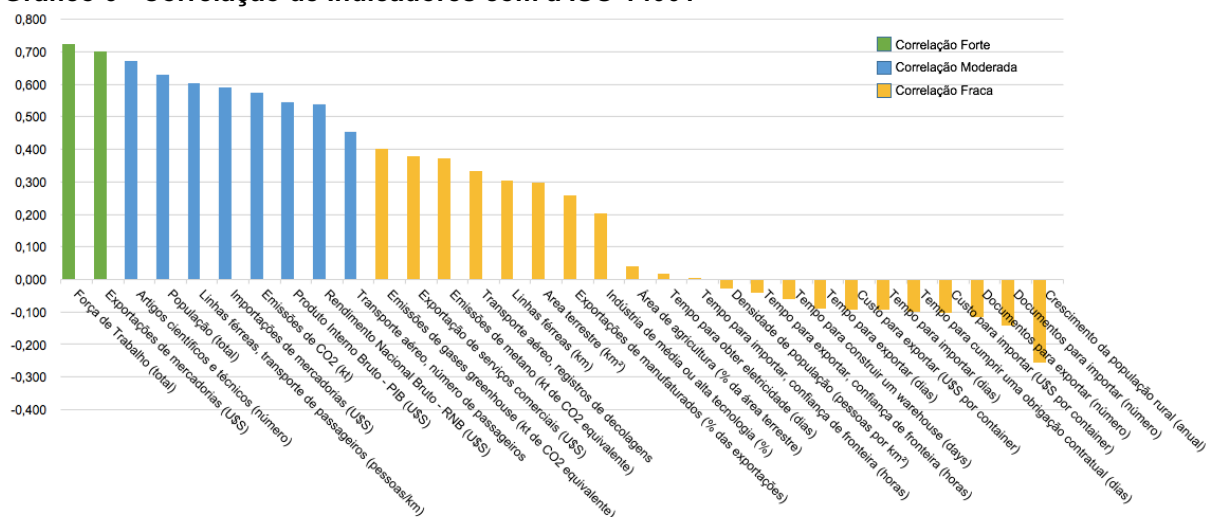
Coeficiente de Correlação	Indicadores
0,723	Força de Trabalho (total)
0,700	Exportações de mercadorias (U\$S)
0,671	Artigos científicos e técnicos (número)
0,631	População (total)
0,602	Linhas férreas, transporte de passageiros (pessoas/km)
0,591	Importações de mercadorias (U\$S)
0,574	Emissões de CO ₂ (kt)
0,544	Produto Interno Bruto - PIB (U\$S)
0,539	Rendimento Nacional Bruto - RNB (U\$S)
0,453	Transporte aéreo, número de passageiros
0,402	Emissões de gases de efeito estufa (kt de CO ₂ equivalente)
0,378	Exportação de serviços comerciais (U\$S)
0,372	Emissões de metano (kt de CO ₂ equivalente)
0,332	Transporte aéreo, registros de decolagens
0,303	Linhas férreas (km)
0,296	Área terrestre (km ²)
0,260	Exportações de manufaturados (% das exportações)
0,203	Indústria de média ou alta tecnologia (%)
0,040	Área de agricultura (% da área terrestre)
0,018	Tempo para obter eletricidade (dias)
0,003	Tempo para importar, confiança de fronteira (horas)
-0,029	Densidade de população (pessoas por km ²)
-0,041	Tempo para exportar, confiança de fronteira (horas)
-0,061	Tempo para construir um depósito (dias)
-0,091	Tempo para exportar (dias)
-0,093	Custo para exportar (U\$S por container)
-0,094	Tempo para importar (dias)
-0,099	Tempo para cumprir uma obrigação contratual (dias)
-0,101	Custo para importar (U\$S por container)
-0,115	Documentos para exportar (número)
-0,142	Documentos para importar (número)
-0,255	Crescimento da população rural (anual)

Fonte: Autoria própria

Pode-se observar que os indicadores que possuem uma correlação forte positiva com o número de certificações ISO 9001 são: força de trabalho (total), e exportações de mercadorias (US\$). Já os que possuem uma correlação moderada são aqueles que possuem o valor do coeficiente de correlação entre 0,4 e 0,7, os quais representam a maioria

Valores de correlação menores de 0,4 apresentam um grau de correlação baixo com o número de certificações. E, ainda é possível observar valores de coeficiente de correlação negativos, o que representam uma correlação negativa com o número de certificações. O grau de correlação de cada indicador pode ser melhor observado no Gráfico 6.

Gráfico 6 - Correlação de Indicadores com a ISO 14001



Fonte: Autoria própria

De acordo com os resultados obtidos, tem-se que apenas 2 indicadores possuem uma correlação forte positiva e 8 indicam uma correlação moderada positiva. Ainda, 22 indicam uma correlação fraca, sendo 11 correlações fracas positivas e 11 correlações fracas negativas.

4.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos na busca de correlações entre os números de ISO 9001 e ISO 14001 e os Indicadores de Desenvolvimento Mundial, foi possível identificar algumas semelhanças e diferenças com a literatura existente, que analisou

a influência de indicadores ou outros fatores no número de certificações, descritas no Quadro 1 (p. 32 e 33).

O quadro 9 mostra uma comparação das correlações entre indicadores de desenvolvimento mundial mais significativas encontradas neste trabalho, com as correlações encontradas na literatura existente, de maneira geral, ou especificamente para uma das certificações, sendo ISO 9001 e ISO 14001.

Quadro 9 – Comparação dos resultados obtidos com a literatura existente

	Certificação	Força de Trabalho (total)	Exportações de mercadorias (US\$)	Artigos científicos e técnicos (número)	População (total)	Emissões de CO2 (kt)	Linhas férreas (pessoas/km)	Importações de mercadorias (US\$)	Produto Interno Bruto - PIB (US\$)	Emissões de GEE (kt de CO2 equivalente)	Rendimento Nacional Bruto - RNB (US\$)
Freitas e Iizuka (2012)	Geral	X	X						X		
Zeng & Eastin (2012)	ISO 14001		X						X		
Berliner & Prakash (2013)	ISO 14001		X						X		
Heras-Saizarbitoria et al. (2013)	ISO 9001								X		
Hudson & Orviska (2013)	Geral										X
Potoski & Prakash (2013)	ISO 14001		X		X				X		
Fikru (2014)	Geral		X			X			X		
Grajek & Clougherty (2014)	Geral		X		X				X		
Lim & Prakash (2014)	ISO 14001		X						X		
To & Lee (2014)	ISO 14001		X								
Daddi et al. (2015)	ISO 14001								X		
Goedhuys & Sleuwaegen (2015)	Geral		X					X			
Salgado et al. (2015)	ISO 9001		X								X

Fonte: Autoria própria

É possível observar que a maioria dos estudos apresenta correlação entre o número de certificações e os indicadores PIB (US\$) e Exportações de mercadorias (US\$). E, alguns estudos apresentam semelhança ao apresentarem correlações entre as certificações e os indicadores de População e RNB (US\$).

Goedhuys e Sleuwaegen (2016) constataram a importância da certificação ISO em empresas de 89 países em desenvolvimento para a participação no mercado de exportações. Fikru (2014) usou dados de 12.352 empresas de 35 países em desenvolvimento e constatou que empresas que exportam, de propriedade estrangeira e que são conectadas internacionalmente possuem maior probabilidade de possuir certificação. Ainda, McGuire (2014) analisou empresas chinesas e relatou encontrar relação entre o número de certificações e exportações realizadas. Freitas e

lizuka (2012) encontraram correlações entre o número de certificações ISO 9001 e os indicadores PIB per capita, exportações e força de trabalho.

Os resultados encontrados nos estudos citados corroboram a correlação existente entre o número de certificações ISO e o status de um país como exportador.

Daddi et al. (2015) encontraram correlações entre o número de certificações ISO 14001 e os indicadores PIB e valor de Indústria. Esse resultado se assemelha a este estudo pela correlação com o PIB, entretanto nenhuma relação foi identificada entre as certificações e o valor de indústria.

Apesar das semelhanças encontradas com a literatura existente, nenhum dos estudos analisados apresentou uma correlação entre o número de certificações e os indicadores do número de artigos científicos, do transporte de passageiros, de emissões de GEE.

Para o número de artigos científicos, esta correlação pode indicar a importância do desenvolvimento científico nos países, principalmente em estudos que mostrem os benefícios da adoção das normas para as empresas e seus processos. Já para o transporte de passageiros e emissão de GEE e CO₂, as correlações podem estar atreladas à qualidade dos serviços de transporte oferecidos aos seus clientes, bem como à preocupação com a minimização das emissões de poluentes e demonstrativos de responsabilidade socioambiental às partes interessadas.

Em relação às importações, assim como para as exportações, é importante que clientes e fornecedores de uma mesma cadeia de suprimentos estejam no mesmo nível em termos de qualidade e padronização de seus produtos e serviços. Muitas vezes isso pode ser um pré-requisito em termos contratuais.

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 7 (p.53) e no Quadro 8 (p.55), podem ser observadas algumas correlações negativas entre o número de certificações e alguns indicadores: Documentos para importar e exportar e custo para importar e exportar. Isso mostra que apesar de as certificações possuírem uma grande correlação com as exportações, a burocracia e os custos envolvidos neste processo talvez possam influenciar na adoção das normas.

De maneira geral, os resultados obtidos neste estudo mostram semelhanças nas correlações encontradas entre certificações ISO 9001 e certificações ISO 14001 com os indicadores de desenvolvimento mundial já estudadas por diversos autores e, ainda, apresentam algumas correlações inexploradas na literatura e, que podem servir como temas para futuras pesquisas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cenário em que as empresas se encontram é caracterizado por mudanças constantes, em que seu maior desafio é o atendimento dos requisitos exigidos pelos clientes. Em resposta a isso, a ideia de uniformização passou a fazer parte dos sistemas de gestão das empresas, as quais passaram a utilizar padronizações como as normas ISO 9001, para Sistemas de Gestão da Qualidade e, ISO 14001, para Sistemas de Gestão Ambiental.

As duas normas sofreram uma grande difusão desde que foram publicadas e, por essa razão, muitos estudos foram conduzidos com o objetivo de encontrar respostas sobre o que poderia influenciar o número de certificações ISO em diferentes países, como indicadores, localização geográfica, população, etc.

Este trabalho teve como objetivo geral encontrar correlações entre os Indicadores de Desenvolvimento Mundial e o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001. De um total de 217 países listados no *World Bank Data* foram selecionados 158 para a base ISO 9001 e 133 para a base ISO 14001, considerando um período de dez anos (2007 a 2016). Para isso, foi realizada a mineração de dados para filtrar os indicadores mais relevantes, os quais foram utilizados posteriormente para realizar a análise de correlações, resultando nos indicadores que possuem uma correlação significativa com o número de certificações.

Os resultados encontrados possuem semelhanças com os estudos existentes na literatura, mostrando que indicadores como Exportações de mercadorias (US\$), Produto Interno Bruto - PIB (US\$), Força de Trabalho (total), Rendimento Nacional Bruto - RNB (US\$) e População (total) possuem relação com o número de certificações ISO 9001 e ISO 14001 no mundo.

Ainda, este estudo encontrou correlações que não foram encontradas na literatura existente. São correlações entre o número de certificações e os indicadores do número de artigos científicos, do transporte de passageiros, de emissões de GEE, emissões de metano e emissões de óxido nitroso.

A aplicação desse estudo contribui para o entendimento de gestores, pesquisadores e agentes de certificação sobre a identificação de indicadores que podem influenciar na adoção das normas internacionais ISO 9001 e ISO 14001 em diversos países. Também mostra que o desenvolvimento, a economia e a

infraestrutura, bem como o desenvolvimento científico dos países, estão relacionados com a adoção das normas.

Entretanto, este estudo pretendia identificar tais indicadores e discutir os resultados, e não explicar a razão (causalidade) pela qual estes influenciam no número de certificações no mundo. Desse modo, futuras pesquisas poderão ser direcionadas para estudar causalidade de indicadores específicos, com foco na comparação dos valores de indicadores para países com diferença significativa para as certificações ISO 9001 e ISO 14001. Também poderiam ser analisados cenários específicos, como análises anuais, por regiões e por países.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Definição**, 2017. Disponível em:<<http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>>. Acesso em: 28 de abril de 2017.

ALONSO-ALMEIDA, M. D. M., MARIMON, F., Bernardo, M. Diffusion of quality standars in the hospitality sector. **International Journal of Operations & Production Mngement**, v. 33, iss. 5, p.504-527.

BASARAN, B. The effect of ISO quality management system standards on industrial property rights in Turkey. **World Patent Information**. 2016, v.45, p. 33–46.

BARD, J. T. **Boas práticas na implantação de sistemas de gestão da qualidade – estudo de caso: laboratório de métodos computacionais em engenharia**. 2015. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

BERNARDO, M., SIMON, A., TARÍ, J.J., MOLINA-AZORÍN, J.F. Benefits of management systems integration: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, 2015, v.94, p. 260-267.

BOGUE, R. Sustainable manufacturing: a critical discipline for the twenty-first century. **Assembly Automation**, 2014, v. 34, p. 117-122.

BORGES, H.B., NIEVOLA, J. C. Comparing the dimensionality reduction methods in gene expression databases. **Expert Systems with Applications**, 2012, v. 39, p. 10780-10795.

CAMPOS, L.M.S. Environmental management systems (EMS) for small companies: a study in Southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 2012, v. 32, p. 141-148.

CAMPOS, L.M.S., HEIZEN, D.A. de M., VERDINELLI, M.A., MIGUEL, P.A.C. Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. **Journal of Cleaner Production**, 2015, v. 99, p. 286-296.

CARPINETTI, RIBEIRO, L. C. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2012. 256 p.

CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A.; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CUTLER, A. Cutler, D. R. STEVENS, J. R. Random Forests. **Machine Learning - ML**. 2011, 45, p. 157-176.

DADDI, T., FREY, M. DE GIACOMO, M.R., TESTA, F., IRALDO, F. Macro-Economic and development indexes and ISO 14001 certificates: a cross national analysis. **Journal of Cleaner Production**, 2015, v. 108, part A, p. 1239-1248.

DASH, M. LIU, H. Feature Selection for Classification. **Intelligent Data Analysis 1**, 1997, p. 131-156.

DEMISSE, G.B., TADESSE, T., BAYISSA, Y. Data mining attribute selection approach for drought modelling: a case study for greater horn of Africa. **International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process**, 2017, v. 7, n. 4, p. 1-16.

DINIZ, F. A., NETO, F. M. M., JÚNIOR, F. C. L., FONTES, L. M. O. RedFace: um Sistema de reconhecimento facial baseado em técnicas de análise de componentes principais e autofaces: comparação com diferentes classificadores. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, 2013, v.5, n. 1, p-42-54.

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

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FRANK, E., HALL, M.A., WITTEN, I. H. **The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques"**. 4 ed. Morgan Kaufmann, 2016.

FREITAS, I.M.B., IIZUKA, M. Openness to international markets and the diffusion of standards compliance in Latin America. A multi level analysis. **Research Policy**, 2012, v. 41, p. 201-215.

GAVRONSKI, I., PAIVA, E. L., TEIZEIRA, R., ANDRADE, M.C.F de. ISO 14001 certified plants in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, 2013, v. 39, p. 32-41.

GERHARDT, T. E., SILVEIRA D.T. **Métodos de Pesquisa**. 1ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009;

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas S/A, 2002.

GOEDHUYS, M., SLEUWAEGEN, L. International Standards certification, institutional voids and exports from developing country firms. **International Business Review**, 2016, v. 25, p. 1344-1355.

GHOSAL, V., TIKMANI, P., GUPTA, P. Face Classification Using Gabor Wavelets and Random Forest. **Canadian Conference on Computer and Robot Vision**, 2009, p. 68-73.

GRAJEK, M., CLOUGHERTY, J.A. International standard and international trade: Empirical evidence from ISO 9000 diffusion. **International Journal of Industrial Engineering**. 2014, v.36, p. 70-82.

HIKICHI, Suzana E., SALGADO, Eduardo G., BEIJO, L. A .Characteriation of dissemination of ISO 14001 in countries and economic sectors in the America. **Journal of Environmental Planning and Management**, 2016, p. 1-21.

INOUE, E., ARIMURA, T.H., NAKANO, M. A new insight into environmental innovation: Does the maturity of environmental management systems matter? **Ecological Economics**, 2013, v. 94, p. 156-163.

ISO. International Organization for Standardization. **About ISO**, 2017a. Disponível em:<<https://www.iso.org/about-us.html>>. Acesso em: 10 de abril de 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 9000 – Quality Management**, 2017b. Disponível em: <<https://www.iso.org/iso-9001-quality-management.html>>. Acesso em: 16 de abril de 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14000 Family - Environmental management**, 2017c. Disponível em: < <https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>>. Acesso em: 28 de abril de 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **ISO 14001:2015**, 2015a. Disponível em: <<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>>. Acesso em 28 de abril de 2017.

ISO. International Organization for Standardization. Introduction to **ISO 14001:2015**, 2015b. Disponível em: <<https://www.iso.org/publication/PUB100371.html>>. Acesso em: 28 de abril de 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **Management Systems Standards**, 2017d. Disponível em:<<https://www.iso.org/management-system-standards.html>>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

ISO. International Organization for Standardization. **Selection and use of the ISO 9000 family of standards**, 2016. Disponível em: <<https://www.iso.org/publication/PUB100208.html>>. Acesso em: 19 de abril de 2017.

ISO Survey. International Organization for Standardization. **Executive Summary**, 2016. Disponível em: < <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>>. Acesso em: 19 de março de 2018.

KAMBER, M.; HAN, J.; PEI, J. **Data mining: Concepts and techniques**. Elsevier, 2012.

KDNUGGETS. **Software**, 2017. Disponível em: <<http://www.kdnuggets.com/software/index.html>>. Acesso em: 23 de maio de 2017.

KROUSKA, A. T., VIRVOU, M. The effect of preprocessing techniques on Twitter sentimento analysis. **Information Intelligence Systems & Appications**, 2016, 7th International Conference, p. 1-5.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 4.ed., São Paulo, Atlas, 2001. 288p.

LORENZZET, C. D. C.; TELÖCHEN, A. V. Estudo comparativo entre os algoritmos de Mineração de Dados Random Forest e J48 na tomada de decisão. **Revista eletrônica Unicruz**. 2016. Disponível em: <<http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/computacao/article/view/4023>>. Acesso em: 03 de junho de 2018.

MACEDO, Dayana Carla de. **Comparação da redução de dimensionalidade de dados usando seleção de atributos e conceito de framework: um experimento no domínio cliente**. 2012. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

MARTENS, A.E. Estudo de viabilidade de implantação de um sistema de gestão da qualidade conforme requisitos da ISO 9001:2008 no centro de Ciências Agrárias da UFSC. **Revista GUAL**, Florianópolis, 2012, v.5, n.1, p.104-119.

MARTÍN-PEÑA, M. L., DÍAS-GARRIDO, E., SÁNCHEZ-LÓPEZ, J. M. Analysis of benefits and difficulties associated with firms' Environmental Management Systems: the case of the Spanish automotive industry. **Journal of Cleaner Production**, 2014, v. 70, p. 220-230.

MAZZI A., TONIOLO, S., MASON, M., AGUIARI, F., SCIPIONI, A. What are the benefits in adopting an environmental management system? The opinion of Italian organizations. **Journal of Cleaner Production**, 2016, v. 139, p. 873-885.

MCGUIRE, W. The effect of ISO 14001 on environmental regulatory compliance in China. **Ecological Economics**, 2014, v. 105, p. 254-264.

MONTGOMERY, D. C., PECK, E. A., VINING, G. **Introduction to linear regression analysis**. 5 ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2012.

NISHITANI, K., SHINJI, K., FUJII, H., KOMATSU, S. Are firms' environmental management activities beneficial for the environment and business? An empirical study focusing on Japanese manufacturing firms. **Journal of Environmental Management**, 2012, v. 105, p. 121-130.

NBR ISO 9001:2015. **Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, O. J. de. Guidelines for the integration of certifiable management systems in industrial companies. **Journal of Cleaner Production**, 2013, v. 57, p. 124-133.

OLIVEIRA, J. A., OLIVEIRA, O. J., OMETTO, A. R., FERRAUDO, A. S., SALGADO, M.H. Environmental Management System ISO 14001 factors for promoting the adoption of Cleaner Production practices. **Journal of Cleaner Production**, 2016, v. 133, p. 1384-1394.

PEREIRA, J. A.; GRACIANO, D. A.; VERRI, R. A. O processo de preparação para a implantação de um sistema de gestão da qualidade: estudo das dificuldades na ótica do pessoal do setor de gestão da qualidade. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, Ano 11, nº 4, out-dez/2016, p. 61-81.

POTOSKI, M., PRAKASH, A. Do voluntary programs reduce pollution? Examining ISO 14001's effectiveness across countries. **The Policy Studies Journal**, v. 41, n. 2, p. 273-294.

SALGADO, E.G., BEIJO, L.A., SAMPAIO, P., MELLO, C.H.P., SARAIVA, P. ISO 9011 certification in the American Continent, a statistical and modeling. **International Journal of Production Research**, 2015, v.54, iss. 18, p. 5416-5433.

SANTOS, F. **Mineração de opinião em textos opinativos utilizando algoritmos de classificação**. 2013. 70 f. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SILVA JUNIOR, M. T. **Benefícios e dificuldades na adoção de um sistema de gestão da qualidade no Rio Grande do Norte**. 2013. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SOUZA, Jovani Taveira de. **Métodos de Seleção de Atributos e Análise de Componentes Principais: um estudo comparativo**. 2017. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

SPSS: Statistics for MAC. Version 23.0. Chicago: **SPSS Inc.**, 2015.

STARKE, F., EUNII, R. V., FOUTO, M. M. D., ANGELO, C. F. Impact of ISO 9000 certification on firm performance: evidence from Brazil. **Management Research Review**, 2012, v. 35, n.10, p. 974-997.

SU, H.-C., DHANORKAR, S., LINDERMAN, K. A Competitive Advantage from the Implementation Timing of ISO Management Standards. **Journal of Operations Management**, 2015, v.37, p. 31-44.

TARÍ, J.J., MOLINA-AZORÍN, J.F., HERAS, I. Benefits of the ISO 9001 and ISO 14001 standards: a literature review. **Journal of Industrial Engineering and Management**, 2012, v.5, n.2, p. 297-322.

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

TRABELSI, S., ELOUEDI, Z. Heuristic method for attribute selection from partially uncertain data using rough sets. **International Journal of General Systems**, 2010, v.39:3, p. 271-290.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WEISBERG, S. **Applied linear regression**. 3 ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

WEKA: Data Mining. Version 3.8.2. Waikato, NZ: **Machine Learning Group At The University Of Waikato**, 2018.

WITTEN, I. H., EIBE, F., HALL, M. A. **Data Mining: practical machine learning tools and techniques**. 3 ed. Burlington: Elsevier, 2011.

WORLD BANK. **History**, 2017. Disponível em: <<http://www.worldbank.org/en/about/history>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

WORLD BANK DATA. **About**, 2017a. Disponível em:<<http://data.worldbank.org/about>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

WORLD BANK DATA. **Data Bank**, 2017b. Disponível em:<<http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

WORLD BANK DATA. **Indicators**, 2017c. Disponível em:<<http://data.worldbank.org/indicator>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.