



Encontro Internacional sobre Gestão
Empresarial e Meio Ambiente

ISSN: 2359-1048
Dezembro 2016

A METROLOGIA COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM EMPRESAS

NATÁLIA APARECIDA BRACONARO DE ARAUJO
natalibraconaro@gmail.com

ANDREZA PORTELLA RIBEIRO
andrezp@uni9.pro.br

MAURO SILVA RUIZ
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE
maurosilvaruiz@gmail.com

A METROLOGIA COMO FERRAMENTA PARA A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL EM EMPRESAS

RESUMO

A inovação é um dos principais propulsores da economia atual. A metrologia pode ser compreendida como um dos pilares da qualidade e inovação, visto que é a ciência responsável pelas medições e medidas. Sua atuação, aliada à normalização e à avaliação de conformidade, favorece o desenvolvimento sustentável e a expressiva participação no comércio internacional. Seu uso na sustentabilidade, como metrologia ambiental, auxilia na garantia da qualidade dos ecossistemas e meios bióticos, na conformidade de produtos e equipamentos entregues ao consumidor e na certificação ambiental e melhoria interna das empresas. Por meio de levantamento bibliográfico, este estudo realizou uma análise do papel da metrologia na melhoria da sustentabilidade em empresas, verificando que o crescimento no rigor da legislação e obrigatoriedade da adoção de práticas de sustentabilidade levaram as empresas à adotarem medidas que garantam que seus processos e produtos se caracterizam como ambientalmente corretos. Pôde-se observar que os principais resultados dessa ferramenta nas organizações estão associados ao aumento da competitividade e à manutenção de nichos de mercado, o que melhora a oferta de produtos, aumenta a sustentabilidade empresarial, facilita a eliminação de barreiras técnicas ao comércio e promove maior confiança entre o intercâmbio de medição dos países.

Palavras-chave: Medição, metrologia, normalização, qualidade ambiental, sustentabilidade

METROLOGY AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY IN COMPANIES

ABSTRACT

Innovation is one of the main drivers of the current economy. Metrology might be understood as one of the pillars of quality and innovation, since it is the science responsible for measurements. Its performance, coupled with the standardization and conformity assessment, promotes sustainable development and meaningful participation in international trade organizations that recognize metrology importance for technological innovation. Its use in sustainability as environmental metrology assists in ensuring the quality of ecosystems and biota, the conformity of products and equipment delivered to the consumer and environmental certification and companies' internal improvement. Through literature, this study carried out an analysis of the role of metrology in improving sustainability in companies, verifying that the growth in severity of legislation and mandatory adoption of sustainability practices led companies to adopt measures to ensure that its processes and products are characterized as environmentally friendly. It was observed that the main results of this tool in organizations are associated with increased competitiveness and maintaining market niches, which improves the product offering, increase corporate sustainability, facilitates the elimination of technical barriers to trade and promotes greater trust between the exchange of measuring countries.

Keywords: Environmental quality, measurement, metrology, standardization, sustainability

1. Introdução

Em termos gerais, o desenvolvimento sustentável pode ser entendido como uma forma de crescimento aliado ao bem-estar das gerações atuais sem prejuízo às gerações futuras (da Veiga, 2005). Por outro lado, essa definição é complexa, abrangente e difusa, uma vez que muitos parâmetros e variáveis, de ordem econômica, social, física, química, entre outros, tornam difíceis as condições para se controlar o chamado desenvolvimento sustentável.

Dando o enfoque nas organizações, o desenvolvimento sustentável se tornou uma necessidade básica do mercado. A cobrança cada vez maior dos consumidores por produtos ambientalmente corretos e cuja origem siga determinadas regras (por exemplo, ausência de compostos de origem animal e redução da emissão de carbono no processo produtivo), forçaram as empresas a adotarem novos meios de produção que garantam a sustentabilidade e o “selo verde” de seus processos. (Layrargues, 2000). Com isto, o mercado começou a apresentar uma nova preocupação: a garantia da qualidade dos novos produtos aliada à garantia da preocupação e cuidado com as condições ambientais, gerando processos focados no *Triple Bottom Line* (TBL) (Barata, 2007). Neste contexto, a metrologia surgiu como uma ferramenta que auxilia tanto nas medições ambientais quanto na garantia da qualidade do produto.

A metrologia é a ciência responsável pelas medidas e medições (Faruolo & Fernandes, 2005). Consequentemente, sua abrangência vai ao encontro das mais diversas áreas do conhecimento, sendo, portanto, considerada como a base para a competitividade de empresas de todos os setores (Brandi, H., & de Souza, T. 2009; Castro, S., Morel, E., Leão, G., & Sellitto, M., 2005; de Oliveira, A. L. M, Donatelli, G. D., 2014; Layrargues, P. P., 2000; Mossini, S. A. G. & Kemmelmeier, C. 2005).

O uso de medidas padronizadas e fundamentadas por normas garante a qualidade de produtos entregues ao consumidor, a comparabilidade com empresas do mesmo setor, além de garantir o aumento da produtividade com a calibração e medição correta dos insumos e equipamentos utilizados pelas indústrias de todos os setores (Silva, Frota & Ohayon, 2004). A metrologia é a única ciência que se baseia diretamente em um tratado internacional, criado em 20 de maio de 1875, durante a Convenção do Metro (CM), na qual 17 países, incluindo o Brasil, decidiram criar uma estrutura para coordenar e uniformizar as medições nos países participantes visando dar suporte e facilitar o comércio internacional. Nesta mesma convenção, foi criado o laboratório Bureau Internacional de Pesos e Medidas (BIPM), no qual seriam mantidos os padrões internacionais do metro e do quilograma e de outras grandezas julgadas de interesse e também seria responsável por efetuar pesquisas e estudos pertinentes (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia [Inmetro], 2015).

Assim, considerando a relevância do tema como estratégia sustentável para as organizações, o objetivo deste artigo foi analisar quais resultados diretos e indiretos a metrologia confere às empresas, no que diz respeito ao crescimento da vantagem competitiva, criação de valor sustentável e redução de barreiras técnicas ao comércio, além de melhorias em processos e produtos geradas pela mesma. Para realizar esta análise, foi aplicada a metodologia de pesquisa descritiva, com coleta de dados secundários e análise de bibliografia a respeito do tema.

2. Referencial Teórico

A preocupação com o meio ambiente se tornou um tema crescente a partir do século XX, em especial na segunda metade do século. O uso de pesticidas prejudiciais a animais e seres humanos, a crescente poluição aérea oriunda dos combustíveis fósseis e do uso de carvão como fontes de energia, levaram a realização de conferências como a ECO 92 e ao estabelecimento de metas e acordos para redução das emissões de poluição, como o protocolo de Kyoto em 1997 (Pereira, França, & da Rocha, 2015).

Para as empresas, a consequência da preocupação ambiental se refletiu na demanda crescente dos consumidores por produtos com “selo verde”; isto é, rotulagens que certifiquem que o produto é ambientalmente correto. Houve, então, a criação de um novo nicho de mercado, gerando novas estratégias de venda, propaganda e *design* de produtos (marketing verde), o qual define que as organizações devem atender às necessidades dos consumidores mantendo o equilíbrio entre os das organizações, os interesses dos consumidores e o bem-estar da sociedade (Dias, R. 2011; de Oliveira, & Waissman, 2002).

Para que uma empresa seja sustentável, ela deve cumprir os requisitos do TBL, ou seja: preocupação ambiental e responsabilidade social, ao mesmo tempo em que mantém seu crescimento econômico e os lucros. Tais requisitos também são alcançados por meio de indicadores de desempenhos, os quais podem ser definidos pela metrologia robusta. Esta ainda atua como suporte para decisões como a seleção de parceiros, internalização ou não de custos, definição de projetos, melhoria da cadeia produtiva por meio da calibração de equipamentos e auxílio na escolha de insumos e estratégias de produção (de Oliveira & Donatelli, 2014).

No caso da sustentabilidade, a metrologia serve como parâmetro de qualidade ambiental, auxiliando na definição e medição de índices de qualidade ambiental. Quando é utilizada para este fim, esta recebe o nome de metrologia legal, sendo definida como a área da metrologia relacionada a atividades oriundas de obrigações e exigências de medição, instrumentos, métodos de medição e estabelecimento de parâmetros, exigidos por organismos competentes (Inmetro, 2015). No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável por editar e publicar as normas regulamentadoras de índices e parâmetros, sendo estas baseadas na *International Organization for Standardization* (ISO).

Para a área de meio ambiente e sustentabilidade, são utilizadas como base as normas da série ISO 14000, que são equivalentes a um Sistema de Gestão Ambiental (SGA). Elas apresentam orientações para realização de auditorias ambientais, avaliação do desempenho ambiental, rotulagem ambiental e análise do ciclo de vida dos produtos, de modo a orientar as organizações sobre como formular suas políticas e objetivos, respeitando requisitos legais e evitando riscos ao meio ambiente. Quando utilizada na área de sustentabilidade e meio ambiente, a metrologia recebe a denominação de metrologia ambiental (Cascio, Woodside, & Mitchell, 1996).

A metrologia, tanto ambiental quanto em suas outras áreas de atuação, é considerada um dos pilares na inovação tecnológica e industrial, sendo os seus benefícios observados em relação à transferência de tecnologias de países desenvolvidos para países em desenvolvimento, além do aprimoramento da eficiência produtiva e facilitação do comércio internacional com a criação de novas técnicas, estratégias e equipamentos para atender à normas internacionais e sistemas de avaliação da conformidade (Souza, & Brandi, 2012).

3. Metodologia

Este trabalho baseia-se na metodologia proposta por Vergara (2000), a qual define a metodologia de pesquisa segundo os fins e meios da mesma. Neste estudo, a investigação tem finalidade descritiva, já que busca apresentar as características da metrologia quando utilizada para a sustentabilidade. Para essa proposta, utilizou-se a pesquisa bibliográfica, delimitada à artigos publicados em revistas científicas, trabalhos acadêmicos de relevância na área e anais de eventos, bem como a documentos e normas técnicas relacionados aos termos metrologia, sustentabilidade, marketing verde e gestão ambiental.

Para a descrição das técnicas e termos utilizados em metrologia, foram utilizados guias de base como o *Guide to Expression of Uncertainty in Measurement* (BIPM, 1995), o Vocabulário Internacional de Metrologia (Inmetro & SENAI, 2000), além da experiência pessoal dos autores na área.

A delimitação dos trabalhos utilizados foi realizada utilizando como base a data de publicação dos mesmos, sendo utilizados artigos publicados a partir de 1996, quando as normas da série ISO 14000 para realização de auditorias voltadas à área ambiental foram consolidadas.

4. Resultados

4.1 Metrologia e o mercado

Por meio das pesquisas realizadas, observou-se que, com a constante queda das tarifas comerciais, os 136 países membros da Organização Mundial do Comércio [OMC] tiveram que colocar praticamente todos os seus produtos sob algum tipo de acordo, para garantir sua lucratividade. Tendo isto em vista, a OMC criou o Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio, ou *Technical Barriers to Trade* [TBT], o qual prevê regras que garantem que padrões, regulamentos técnicos e procedimentos não caracterizem obstáculos para o comércio. Estes itens devem ser, sempre que possível, baseados em padrões internacionais (da Silva, & de Campos, 2001; Garrido, 2004).

Com a criação do TBT, vários países desenvolvidos começaram a questionar a confiabilidade dos sistemas metrológicos e a qualidade dos produtos oriundos de países em desenvolvimento, resultando no aumento da demanda destes países por análises metrológicas para manter sua atividade comercial junto aos países de maior capital comercial (Pombo & Magrini, 2008; Santana, Guimarães, Thomaz e Arlino, 2008).

Da Silva e de Campos (2001) citaram o caso da indústria aeronáutica brasileira, que foi obrigada a comprovar a confiabilidade de seu sistema metrológico. Isto comprova a importância da metrologia na manutenção da competitividade empresarial, no auxílio à produção de bens e oferta de serviços com segurança e qualidade.

4.2 Metrologia e a sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade almeja o um modelo de desenvolvimento que priorize condições de vida de forma justa e saudável, o que se traduz no acesso democrático de toda a população, aos gêneros, bens e serviços, ao estabelecimento de políticas públicas que se harmonizem e amparem os anseios da sociedade (Pinto, 2014; Santana, et al. 2008).

Por outro lado, verificou-se que esse modelo sustentável não reflete a realidade mundial que, há cerca de duas décadas, vem reunindo esforços para articular um bom desempenho sócio-político-econômico e tecnológico e corrigir atitudes perniciosas do homem em relação ao equilíbrio e harmonia do planeta. Para tanto, notoriamente, percebe-se cada vez mais, a necessidade de controles permanentes das ações sustentáveis, tomando-se por base os dados obtidos de medições das mais diversas grandezas, métodos diferenciados, e procedimentos metrológicos que garantam a confiabilidade das informações de base, necessárias às tomadas de decisão (Pinto, 2014; Felipe, 2013).

No tocante à medidas embasadas na obtenção de informações direcionadas à gestão da sustentabilidade, definidas como “metrologia da sustentabilidade”, observa-se que estas incluem indicadores e outras formas de obtenção de informações, que definem qualitativamente parâmetros gerais indicativos da evolução de ocorrências (pobreza, desigualdades, agricultura, segurança alimentar, no progresso da saúde e os aspectos socioeconômicos); ou seja, definem o bem-estar e a qualidade de vida das pessoas (Pinto, 2014; Santana et al., 2008; Bertrand-Krajewski, Barraud, & Chocat, 2000).

Verifica-se, portanto, que para o desenvolvimento sustentável realmente se efetive são necessárias ações convergentes dos três setores da economia. Restringindo-se aqui, no âmbito das organizações, ao que se refere à metrologia da sustentabilidade, para que exista uma infraestrutura com qualidade técnica (considerada como essencial para a competitividade, inovação e participação no mercado internacional), é necessário que se respeite os três pilares da qualidade: normalização, avaliação da conformidade e metrologia (Brandi & de Souza, 2009; Bertrand-Krajewski, et al. 2000).

No entanto, para que o uso destes pilares seja realizado de maneira eficaz, outros aspectos ainda devem ser considerados. A escolha de normas alinhadas aos objetivos da empresa, a definição de indicadores, a escolha do modelo de processo e gestão a ser incorporado nas empresas são essenciais para que se alcance a qualidade empresarial (Brandi & de Souza, 2009; Pombo & Magrini, 2008).

A metrologia tem papel imprescindível nas relações de comércio, tendo-se em vista que as medições estão presentes, direta ou indiretamente, em praticamente todos os processos de tomada de decisão. Com o aumento da complexidade e sofisticação dos modernos processos industriais, surge a necessidade de medições de alto refinamento e confiabilidade para um grande número de grandezas (Fermam, R. K. S. 2013, p.115; Santana et al., 2008).

A metrologia incorpora, além de um referencial teórico reconhecido internacionalmente, um conjunto de ferramentas que auxiliam a compreender o impacto das ações de uma empresa no índice de sustentabilidade (por meio da definição e medição dos indicadores definidos pela companhia); avaliar os riscos associados aos indicadores selecionados, com a realização de avaliações de incerteza, agrupar sistemas e processos utilizando como referência seu índice de sustentabilidade e incertezas associadas e combinar os índices e técnicas de medição da sustentabilidade com técnicas de medição da incerteza (Brandi, & dos Santos 2016; Pombo & Magrini, 2008; Bertrand-Krajewski, et al. 2000).

A medição de um parâmetro que apresente limites muito acima dos aceitáveis ou que traga consigo uma incerteza muito alta, tem como consequências prejuízos econômicos e ambientais sérios. Para evitar isto, os parâmetros são estabelecidos e analisados utilizando-se materiais de referência certificados, provenientes de órgãos reconhecidos internacionalmente (*European Association of National Metrology Institutes [EURAMET]*, 2012).

Em 2010, a Europa lançou uma proposta de projeto de pesquisa para o estabelecimento de uma infraestrutura de medição reconhecida e aceita internacionalmente de forma a suportar o Esquema Europeu de Comércio de Emissões (*European Emissions Trading Scheme, ETS*), bem como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, relativo ao Acordo de Kyoto. Conforme esta proposta, elaborada no âmbito da Associação Europeia de Institutos Nacionais de Metrologia (*European Association of National Metrology Institutes, EURAMET*), a melhoria nas medições é necessária para garantir a rastreabilidade e a comparabilidade entre a diferentes abordagens de estimativas e de cálculo utilizadas atualmente (EURAMET, 2010).

Se a UE não desenvolver uma infraestrutura de medição harmonizada e rigorosa para apoiar o ETS, as indústrias da UE e os governos estarão em desvantagem na negociação de acordos internacionais e no mercado de carbono global em desenvolvimento (Fermam, R. K. S. 2013, p.119).

Dentro da área da sustentabilidade, a metrologia pode ser dividida em quatro pilares: calibração, definição de indicadores, avaliação da conformidade e medição da performance ambiental.

A calibração é realizada em duas fases: descritiva e preditiva. Na fase descritiva, os equipamentos e produtos são comparados com padrões internacionais em uma série de medições, usadas como base para construir um modelo estatístico que relaciona a grandeza medida com a concentração ou medida de interesse. Já na fase preditiva, o modelo previamente construído é utilizado como comparação para a análise de novas amostras e verificação periódica de equipamentos (Pimentel & Neto, 1996).

Equipamentos como tacógrafos, radares, odômetros, hidrômetros e demais instrumentos de medição de qualidade ambiental requerem calibrações constantes, para garantir que suas medições estão dentro dos padrões internacionais e que não estejam ocorrendo emissões de poluentes excessivas, perda de matéria prima ou desperdício de insumos, o que torna tarefas como a calibração de instrumentos imprescindíveis tanto para a segurança do meio ambiente,

quanto para garantir a qualidade de produtos e equipamentos utilizados nos mais diversos setores da indústria (Pinto, 2014).

Um indicador é um parâmetro (propriedade medida ou observada) ou valor derivado de parâmetros que fornece informações sobre determinado fenômeno (OECD, 1993). Indicadores são utilizados para direcionar as ações e metas estabelecidas por uma empresa, avaliá-los ou mesmo para redefini-los (Brandi, & dos Santos 2016).

Níveis de emissão de CO₂, presença ou ausência de coliformes totais em água, presença ou não de um “selo verde” em um produto são alguns parâmetros utilizados para definir indicadores de qualidade ambiental (Machado, 1997).

O produto com conformidade avaliada é aquele que está de acordo com as normas ou regulamentações a ele aplicáveis. No âmbito da sustentabilidade, um produto com conformidade assegurada é certificado como ambientalmente seguro, demonstrando confiabilidade ao consumidor (Neto, 2012). Um exemplo disto foi a avaliação da conformidade da planta *Azadirachta indica* A. Juss, oriunda do oriente médio, como base para medicamentos e pesticidas naturais. Os resultados demonstrando sua conformidade e segurança, garantiram que a mesma tivesse sua certificação de uso, tornando-a então um insumo importante no controle de pragas de maneira ecologicamente correta (Mossini, S. A. G. & Kimmelmeier 2005).

Além da sustentabilidade ambiental, a metrologia ainda é imprescindível para a obtenção de indicadores de desempenho econômico, social e institucional (da Silva & de Campos, 2001). Porter e Kramer (2006), definem que a responsabilidade social em empresas é uma fonte de inovação, além de promover benefícios para a sociedade, para a sustentabilidade da empresa e criar vantagens competitivas. No âmbito social, a metrologia reduz as chances de abusos, explorações e fraudes por meio das medições e determinação de padrões, além de auxiliar na criação de indicadores sobre a qualidade dos serviços e produtos ofertados pela empresa (da Silva & de Campos, 2001; Brandi e dos Santos, 2016; Bertrand-Krajewski, Barraud, & Chocat, 2000, Felipe, 2013). A metrologia realiza a verificação de processos e calibração de equipamentos, garantindo a redução no desperdício de materiais e energia, diminuição do desgaste de peças e equipamentos, contribuindo assim para a verificação da eficácia de indicadores econômicos e institucionais em mensurarem as melhorias promovidas nas empresas (Sampaio, Pinto, de Assis, Réche, 2009, da Silva & de Campos, 2001, Brandi e dos Santos, 2016).

4.3 Normas e instrumentos envolvidos na sustentabilidade empresarial

O uso de normas e padrões de sustentabilidade na indústria demonstra ser uma atividade cada vez mais comum.

Sampaio et al. (2009) citam o uso da metrologia como ferramenta de política industrial, o que cria inovação e sustentabilidade nas empresas, promovendo aumento da competitividade do setor produtivo brasileiro além de promover a integração de vários setores da indústria. A metrologia legal se define como um conjunto de procedimentos estabelecidos pelo Estado ou órgãos e organizações competentes, sendo estes regulamentados por instrumentos legais e administrativos (Barradas, 2012).

Dentro deste conceito, diversos são os instrumentos e normas elaborados para mensurar e caracterizar a sustentabilidade em empresas, tendo cada um deles particularidades e vantagens direcionadas para os mais abrangentes objetivos. Alguns dos mais utilizados estão descritos no Quadro 1.

Instrumento	Responsável	Principais pontos	Benefícios de uso	Índices de uso
<p><i>Global Reporting Initiative (GRI)</i></p>	<p><i>Coalition for Environmental and Responsible Economics (Ceres) – ONG</i></p>	<p>Estabelecimento de 10 princípios da conduta ambiental (proteção da biosfera, uso sustentável de recursos naturais, redução e destinação de resíduos, conservação de energia, redução de risco, produtos seguros e serviços, restauração ambiental, informações ao público, compromisso de gestão, auditorias e relatórios)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Benchmarking</i>; • Avaliação do desempenho de sustentabilidade em comparação à normas, leis e padrões de desempenho; • Transparência de informações através da divulgação de relatórios anuais de acesso público; • Permite avaliação contínua dos processos e sistemas, com demonstração dos pontos positivos e negativos dos processos. 	<p>Cerca de 550 organizações em 45 países (Felipe, 2013).</p>
<p>Índice de Sustentabilidade Dow Jones (DJSI)</p>	<p>Dow Jones & Company (elaboração) e RobecoSAM (responsável por avaliar e ranquear as empresas de acordo com seu atendimento ao DJSI)</p>	<p>Através de um questionário estruturado, realiza um cálculo para avaliar os índices de desempenho de uma empresa, sendo as questões elaboradas especificamente para determinados tipos de empresas, baseados em seu setor.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Foi o primeiro índice de sustentabilidade a ser estabelecido e consolidado, o que gera maior confiabilidade e visibilidade para as empresas que a ele aderem; • Por basear-se em cálculos estatísticos precisos, tornou-se um dos índices mais utilizados em bolsas de valores para demonstrar a sustentabilidade de empresas, auxiliando na 	<p>Mais de 3000 empresas ao redor do mundo, sendo 68 destas brasileiras (RobecoSAM, 2015).</p>

			valorização de mercado das mesmas.	
Triple Bottom Line Index System (TBL)	Conceito criado por John Elkington, e mantido pela empresa SustainAbility	Baseado no <i>Balanced Scorecard</i> consiste em um índice elaborado para empresas, cujo intuito é avaliar a sustentabilidade das empresas do ponto de vista ambiental, econômico e social.	<ul style="list-style-type: none"> • Por ser um instrumento voltado à empresas, sua mensuração ocorre baseada em ganhos e gastos de capital no meio ambiental, econômico e social, promovendo a agregação de valor as ações e decisões tomadas pela empresa; • Como o instrumento ainda possui caráter voluntário para sua adoção, as empresas que demonstram seu uso geram vantagem competitiva em relação às demais de seu setor, ganhando espaço em áreas do mercado relacionadas à preocupação ambiental e sustentabilidade global. 	Cerca de 68% das multinacionais europeias e 41% das empresas norte-americanas declaram utilizar este sistema (Dias, 2011). No Brasil, o TBL foi utilizado como base pela Bovespa para criação do seu próprio índice de sustentabilidade (Silva, 2006).
ISO 14001	<i>Internacional Standards Organization</i>	Estabelece os requerimentos para que uma organização possa melhorar seu desempenho ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Gera certificação, que aumenta a visibilidade das ações ambientais da empresa; • Melhora os aspectos operacionais pós-certificação, pois estabelece a 	324 148 empresas certificadas por esta norma em 2014, sendo 3222 brasileiras (ISO, 2015)

			necessidade de melhoria contínua dos processos e produtos; • Aumenta a rentabilidade da empresa (de Vries, <u>Bayramoglu</u> , van der Wiele, (2012).	
--	--	--	--	--

Quadro 1. Síntese dos principais instrumentos e normas de mensuração de sustentabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

4.4 Casos de impacto da metrologia na sustentabilidade ambiental

Com o crescimento das obrigatoriedades legislativas para o cumprimento de padrões ambientais, cresce cada vez mais o número empresas que incorporam ações de calibração e controle de processos, além da adoção de sistemas de gestão ambiental, gerando melhorias no meio ambiente e integração social, sem com isso perder seus ganhos econômicos (Silva & Quelhas 2006). Com isto, o desenvolvimento de estudos voltados à análise da metrologia na sustentabilidade vem crescendo aos poucos, demonstrando a importância desta área no desenvolvimento e manutenção da sustentabilidade empresarial.

Santos e Brandi (2016) realizaram um estudo sobre a Sustentabilidade da Integração e Logística de Infraestrutura na Dimensão da cadeia de suprimentos do biodiesel (ILISD) em seis países (China, França, Brasil, Alemanha, Argentina e Estados Unidos). Por meio da análise de normas e padrões internacionais, os autores realizaram medições utilizando o guia para expressão da incerteza de medições (*Guide to Expression of Uncertainty in Measurement* [GUM]), cujo método se concentra em duas abordagens: a estrutura de incerteza do GUM (GUF), também conhecido como método parcial derivado.

Com o uso do GUM, o qual baseia-se na lei de propagação de incerteza, caracterizando a quantidade produzida por uma distribuição gaussiana ou uma distribuição t escalados, e a simulação de Método Monte Carlo, a qual provém resultados próximos da realidade e costuma ser utilizada para analisar e ultrapassar as limitações do GUF. Com estas análises, os autores conseguiram definir um conjunto de indicadores essenciais para se avaliar a sustentabilidade da produção de biodiesel: o consumo de diesel no setor rodoviário *per capita*; a qualidade da infraestrutura das estradas, a qualidade da infraestrutura dos portos, qualidade das estradas, mortalidade infantil, tratamento de águas, amplitude da cadeia de valores, nível da dependência energética e número de indivíduos usando internet. A análise baseia-se na comparação dos dados obtidos, considerando-se os valores mais altos (mais sustentáveis) entre os casos estudados como indicadores-chave para análise (valores a serem alcançados). Após a definição dos valores, os dados são então comparados e os países ranqueados de acordo com o grau de alcance de seus indicadores.

No caso do estudo realizado pelos autores, os valores obtidos pela Alemanha demonstraram ser os mais sustentáveis, gerando assim os indicadores de comparação, através dos quais realizaram-se medições e análises de incertezas da cadeia produtiva dos países. Assim, foi constatado que o Brasil possui a pior cadeia de suprimentos do biodiesel (Figura 2), o que requer maiores investimentos em infraestrutura e análise dos problemas socioambientais enfrentados no país e que influenciam na comercialização deste tipo de produto, enquanto a Alemanha possui a maior sustentabilidade em sua cadeia de produção (Figura 1).

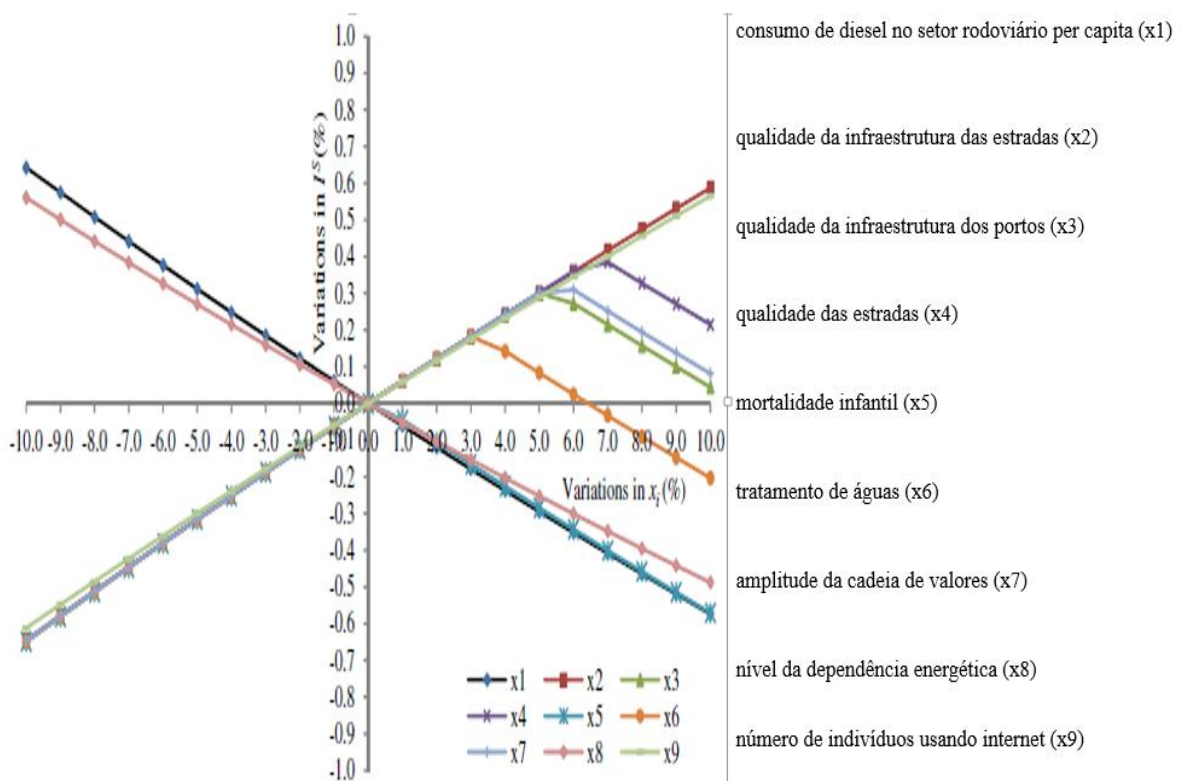


Figura 1. Variação nos indicadores alemães que afetam o índice de sustentabilidade na Alemanha. Fonte: Adaptado de Santos & Brandi, 2016, p. 368.

A Figura 1 demonstra que, apesar da queda nas variações significantes de x 3, 4, 6 e 7, o aumento exponencial na queda desses indicadores poderia indicar a perda da sustentabilidade do sistema, considerando-se o valor limite (indicador) para os mesmos (6.53, 6.72, 96.91, 6.50), sendo este o seu valor de referência. Caso o sistema apresente variáveis que demonstrem queda na sustentabilidade após ultrapassar o valor de referência, a definição de novos valores para os indicadores deve ser realizada, gerando novas análises para todos os países em estudo (Santos & Brandi, 2016).

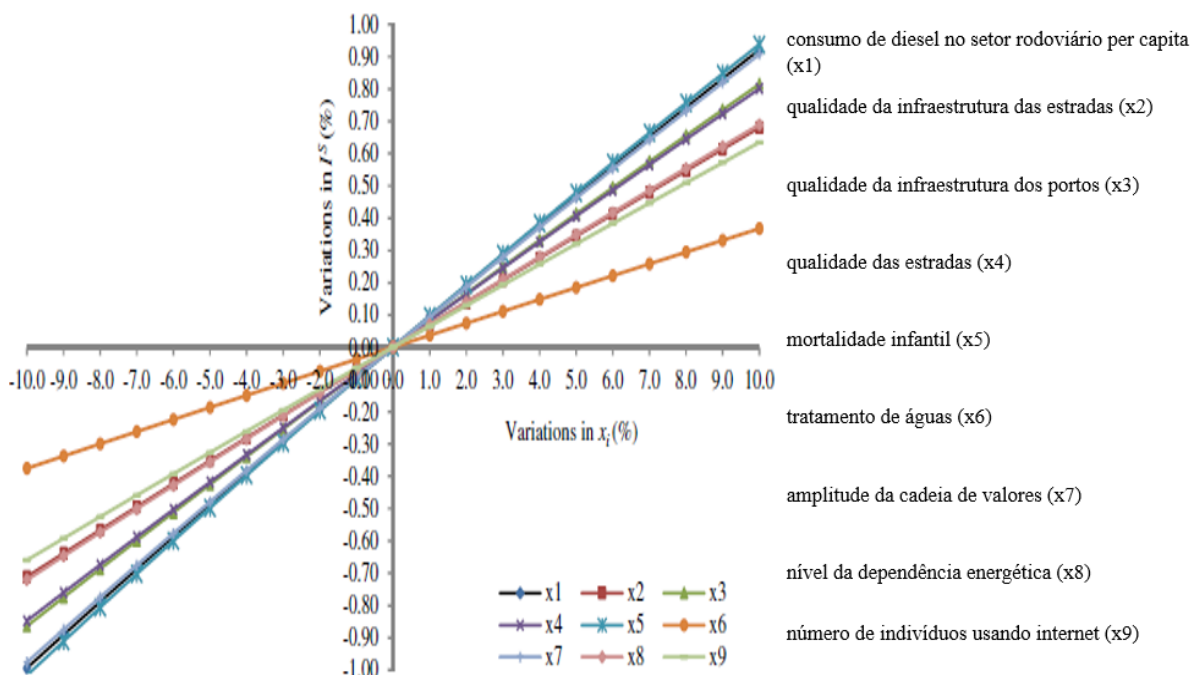


Figura 2. Variação nos indicadores brasileiros que afetam o índice de sustentabilidade. Fonte: Santos & Brandi, 2016, p. 368.

Na Figura 2 observa-se a ausência de sustentabilidade no sistema, que requer maiores estudos das influências externas nestes fatores. Embora o Brasil configure entre as dez maiores economias em paridade de poder compra e se apresente entre as maiores taxas de câmbio de mercado, com extensivo e desenvolvido segmento da agricultura, manufatura e serviços, esses resultados (Figura 2) indicam o reflexo de um país no qual as tomadas de decisões, nos mais diversos segmentos, são suportadas por uma infraestrutura precária e que também enfrenta as desigualdades sociais e seus impactos no ambiente (Santos & Brandi, 2016). Este estudo demonstrou que a metrologia não é um valor fixo e imutável, mas sim que esta se adapta as variações do tempo e auxilia na definição de novos indicadores e critérios para avaliar a sustentabilidade como um todo.

Da Silva & de Campos, (2001) citam o caso da Unidade de Negócio da Petrobrás localizada em Macaé-RJ, a qual utilizou recursos para implantação de laboratórios de calibração e evolução da confiabilidade metrológica. Os recursos utilizados foram superiores à US\$ 400 mil distribuídos entre os Laboratórios de Metrologia (Dimensional, Elétrica, Força, Temperatura e Pressão). Dentre os benefícios alcançados, destacam-se: maior continuidade operacional, melhoria da qualidade dos produtos, atendimento aos requisitos normativos, maior segurança dos equipamentos, instalações e das pessoas envolvidas no processo, graças à inovação em técnicas e equipamentos gerada pela análise metrológica do sistema produtivo.

Martins & Nascimento (1998) citam o caso da Xerox Corporation, que no início dos anos 90, pensando na redução do desperdício da fábrica, realizou medições e estudos em seus equipamentos, com o intuito de reutilizar ou reciclar suas peças, tornando-se ambientalmente mais correta. A empresa também buscava a inovação técnica, uma tendência mercado utilizada até hoje por diversas marcas de copiadoras. Assim, os equipamentos da Xerox passaram a ser projetados para durarem mais e imprimirem mais cópias, utilizando menos produtos químicos e recursos. Como consequência, observou-se um aumento de 60% na reutilização de cartuchos e uma economia de receita de mais de US\$ 200 milhões ao ano.

Felipe (2013) realizou um estudo sobre os impactos da adoção de normas e padrões nas indústrias de papel e celulose. Por meio de um estudo de caso, aliado à revisão bibliográfica de

normas e instrumentos de mensuração da sustentabilidade e qualidade industrial, o autor concluiu que a adoção de normas ISO pela empresa estudada, Suzano Papel e Celulose, gerou melhorias na gestão da cadeia de suprimentos, operações florestais (plantio e colheita de eucalipto), o que reduziu as emissões de poluentes e perda de matéria prima e aumentou a eficiência na produção de papel e celulose. Portanto, a empresa adquiriu valor sustentável e sua relação com investidores e comunidade foi impulsionada, resultando na melhoria do ambiente de trabalho e redução de acidentes.

5. Considerações Finais

Os estudos de casos relatam a importância de investimentos em infraestrutura apropriada para estimular os processos de inovação. Em se tratando de organizações empresariais, nas quais uma das metas principais é o fomento do comércio local e global, verifica-se a necessidade da incorporação à inovação e práticas regulatórias, que incluam a metrologia, normas e procedimentos de avaliação de conformidade. Tais instrumentos se traduzem como questões afetas ao aprimoramento dos processos produtivos, independentemente da área de interesse, para que o resultado final seja o produto de qualidade que atenda às expectativas do consumidor e incorpore a variável ambiental em suas responsabilidades.

Nesse sentido, compulsoriamente, o aumento dos requisitos ambientais por parte do comércio e da sociedade levaram às empresas à adotarem medidas que garantam que seus processos e produtos se caracterizam como ambientalmente corretos. Para isto, a metrologia mostrou-se então fundamental para a definição de padrões e normas internacionais e para a calibração, definição de incertezas de mensuração, definição de indicadores e construção dos sistemas de gestão ambiental das empresas.

Com isto, a competitividade no mercado (pelo uso da comparabilidade de produtos) a manutenção de nichos de mercado e marketing voltados à sustentabilidade e criação de marcas “verdes” tem crescido exponencialmente, melhorando a oferta de produtos, aumentando a sustentabilidade empresarial e garantindo a entrega de produtos de qualidade para o consumidor, além de facilitar a eliminação de barreiras técnicas ao comércio e promover maior confiança entre o intercâmbio de medição dos países, ampliando as negociações internacionais.

Embora os benefícios da metrologia sejam verificados com resultados quantitativos e qualitativos, como demonstrado neste artigo, o Brasil ainda necessita de infraestrutura técnica e estímulos para garantir e divulgar a sustentabilidade nos setores comerciais do país, o que requer estudos futuros que avaliem a abrangência atual das ações de metrologia voltada a sustentabilidade no país e sua influência no comércio internacional.

Referências

- Barata, M. M. D. L. (2007). O setor empresarial e a sustentabilidade no Brasil. *Revista Pensamento Contemporâneo em Administração*, 1(1), 70-86.
- Barradas, J. (2012). *A importância da certificação segundo a norma Iso 9001 e da acreditação segundo a norma ISO/IEC 17025 num laboratório de metrologia*. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho, Braga, Portugal.
- Bertrand-Krajewski, J. L., Barraud, S., & Chocat, B. (2000). Need for improved methodologies and measurements for sustainable management of urban water systems. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), 323-331.
- Brandi, H. S., & dos Santos, S. F. (2016). Introducing measurement science into sustainability systems. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 1-13.
- Brandi, H., & de Souza, T. (2009). Metrology infrastructure for sustainable development of the Americas: the role of SIM. *Accred Qual Assur* 14(10):567-573.

- Bureau International des Poids et Mesures, Commission électrotechnique internationale, & Organisation internationale de normalisation. (1995). *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. International Organization for Standardization.
- Cascio, J., Woodside, G., & Mitchell, P. (1996). ISO 14000 guide: The new international environmental management standards. McGraw-Hill.
- CASTRO, S., MOREL, E., LEÃO, G., & SELLITTO, M. (2005). Metodologia para avaliação de desempenho ambiental em fabricação utilizando um método de apoio à decisão multicriterial. *Estudos tecnológicos*, 1(2), 21-29.
- da Silva, E. A., & de Campos, R. (2001). A importância da metrologia na gestão empresarial e na competitividade do país. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2001, Salvador, BA, 8.
- da Veiga, J. E. (2005). Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI. Editora Garamond.
- de Oliveira, A. L. M, Donatelli, G. D.(2014) Da Medição à Geração de Valor pela Garantia da Qualidade na MPME. Anais do 14º Congresso Encontro da Qualidade em Laboratórios – ENQUALAB, São Paulo, SP, Brasil. 11.
- de Oliveira, J. A. P., & Waissman, V. (2002). Integrando ação e comunicação para uma estratégia de marketing ambiental: o caso Aracruz Celulose. *Revista Eletrônica de Administração*, 8(6).
- de Vries, H. J., Bayramoglu, D. K., van der Wiele, T. (2012). Business and environmental impact of ISO 14001. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 29 (4), 425 – 435.
- Dias, R. (2011). *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade*. In *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade*. Atlas.
- Dias, R. (2011). *Gestão Ambiental - Responsabilidade Social e Sustentabilidade*. São Paulo: Atlas.
- European Association of National Metrology Institutes [EURAMET] cg-19 (2.1) (2012.), Guidelines on the determination of uncertainty in gravimetric volume calibration, Braunschweig: EURAMET.
- Faruolo, L. B., & Fernandes, J. L. (2005). A importância do ensino de metrologia, com foco na incerteza de medição, na formação de engenheiros.
- Fermam, R. K. S. (2013). O papel da metrologia no desenvolvimento sustentável: o caso das emissões de gases de efeito estufa. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 3(2), 112-124.
- Garrido, A. E. (2004). As barreiras técnicas ao comércio internacional. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro. 31
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia [Inmetro], (2015). Portaria Inmetro nº, 242 de 18 de maio de 2015. *Vocabulário internacional de termos de metrologia legal*. Duque de Caxias - RJ. Recuperado em 18 abril de 2016, de <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002256.pdf>
- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia [Inmetro], S. E. N. A. I. (2000). *Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia*. Inmetro e SENAI, 2ª ed., Brasília, SENAI/DN.
- International Standards Organization [ISO] (2015). The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2014. Recuperado em 26 julho, 2016, de http://www.iso.org/iso/iso_survey_executive-summary.pdf?v2014
- International Organization for Standardization (2015). *The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2014*. Recuperado em 15 julho, 2016, de http://www.iso.org/iso/iso_survey_executive-summary.pdf?v2014

- Layrargues, P. P. (2000). Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. *Revista de Administração de empresas*, 40(2), 80-88.
- Machado, L. (1997). Qualidade Ambiental: indicadores quantitativos e perceptivos. In: Martos, H. & Maia, N. (org.). *Indicadores Ambientais*. Sorocaba, SP: Editora USP.
- Martins, G., & Nascimento, L. F. (1998). TQEM: A introdução da variável ambiental na qualidade total. Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica, 20.
- Mossini, S. A. G. & Kimmelmeier, C. (2005). A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. *Acta Farm. Bonaerense*, 24(1), 139-48.
- Neto, J. C. D. S. (2012). *Metrologia e controle dimensional: conceitos, normas e aplicações* (Vol. 1). Elsevier Brasil.
- Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (1993). OECD Core set of indicators for environmental performance reviews. a synthesis report by the Group on the State of the Environment. *Environment Monographs*, 83. 39 f.
- Pereira, A. L. L., França, C. M., da Rocha, G. M. (2015, novembro). *Metrologia para o Desenvolvimento Sustentável*. Anais do Congresso Brasileiro de Metrologia. Bento Gonçalves, RS, Brasil, 8.
- Pimentel, M. F., & Neto, B. B. (1996). Calibração: uma revisão para químicos analíticos. *Química Nova*, 19(3), 268-277.
- Pinto, L. F. M. (2014). A relação entre metrologia e sustentabilidade. *Banas Qualidade*, 263, 89-93.
- Pombo, F. R., & Magrini, A. (2008). Panorama de aplicação da norma ISO 14001 no Brasil. *Gestão & Produção*, 15(1), 1-10.
- Porter, & Kramer. (2007). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility-Reply. *Harvard Business Review*, 85(4), 133-133.
- RobecoSAM (2016). DJSI Annual Review 2015 – Results. Recuperado em 12 julho, 2016, de <http://www.sustainability-indices.com/review/annual-review-2015.jsp>
- Sampaio, F. E. L., Pinto, M. A. C., de Assis, A. S., Réche, M. M. (2009). *O Papel da Metrologia Legal no Inmetro como Ferramenta de Política Industrial*. V CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA “Metrologia para a competitividade em áreas estratégicas”. Salvador, BA, Brasil. 5.
- Santana, M. A. A., Guimarães, P. L. O., Thomaz Jr, J. C., & Arlino, P. R. A. (2008). Rastreabilidade Metrológica e os Critérios de Aceitação para a Instrumentação Meteorológica/Ambiental. *Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, 32(1).
- Brandi, H. S., & dos Santos, S. F. (2016). Introducing measurement science into sustainability systems. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18(2), 359–371.
- Silva, L. S. A. da, & Quelhas, O. L. G. (2006). Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo de capital próprio das empresas de capital aberto. *Gestão & Produção*, 13(3), 385-395.
- Silva, Lílian Simone Aguiar da, & Quelhas, Osvaldo Luiz Gonçalves. (2006). Sustentabilidade empresarial e o impacto no custo de capital próprio das empresas de capital aberto. *Gestão & Produção*, 13(3), 385-395.
- Silva, P. P. A., Frota, M. N., & Ohayon, P. (2004). *Normalização Técnica: Fundamentos E Prática*. METROSUL IV–IV Congresso Latino-Americano de Metrologia. “A Metrologia e a Competitividade no Mercado Globalizado”. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 15.
- Souza, T. L., & Brandi, H. S. (2012). Metrologia: pilar da inovação. *Parcerias Estratégicas*, 15(31), 355-378.
- Vergara, S. C. (2000). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. Editora Atlas SA.