

MODELO AHP PARA COMPARAÇÃO MULTIATRIBUTO DE SUSTENTABILIDADE

Antonio Lombardi (FEG - Guaratingueta)
antonio@lombardiandcompany.com

Valério Antonio Pamplona Salomon (FEG - Guaratingueta)
valerio.salomon@unesp.br

Otávio José de Oliveira (FEG - Guaratingueta)
otaviodeoliveira@uol.com.br



Na atual logística sustentável a criação de valor compartilhado é suplantada pelo entendimento de que os temas relacionados ao meio ambiente são mais relevantes que os demais (econômicos e sociais). Há variedade de metodologias na literatura acadêmica, dedicadas a acompanhar o desenvolvimento de programas de sustentabilidade. Entretanto, a possibilidade de comprar empresas sustentáveis permanece sem resposta. Os relatórios anuais de sustentabilidade emitidos por empresas industriais no Brasil raramente mencionam aspectos relacionados à produção. Com isso, não se pode conhecer o quanto são sustentáveis os produtos oferecidos por essas indústrias. A questão fundamental é: como comparar indústrias. Trata-se de uma questão multicritério, problema a ser tratada via AHP (“analytic hierarchy process”). O AHP demonstra ser adequado à solução da questão da comparação e gera resultados adequados. Neste artigo são comparadas de forma bem sucedida três empresas industriais, de setores diferentes, com relação à sustentabilidade ambiental por meio de AHP.

Palavras-chave: sustentabilidade industrial; AHP; comparação

1. Introdução

Na atual lógica sustentável todos os esforços econômicos, sociais e ambientais criam valor compartilhado de mesma importância. Entretanto, a lógica ecológica dominante é explícita em sua hierarquia, tendo os sistemas ambientais a mais elevada prioridade, seguidos pelos sistemas econômicos e sociais (MONTABON, et al., 2016). Segundo Elkington (2002), usualmente três dimensões interrelacionadas da sustentabilidade são reconhecidas: ambiental, social e econômica, ou seja, os três pilares da sustentabilidade. Esses três elementos constituem o *triple bottom line* (TBL).

Entretanto, de acordo com Swensson (2018), não há continuidade nas pesquisas empíricas que demonstrem as relações entre os elementos do TBL e as influências que cada um gera nos demais. O TBL resulta do desenvolvimento e implantação de programas de sustentabilidade. Contudo, não se verificam métodos para comparação entre programas, ou seja, entre indústrias. Objetiva este artigo desenvolver método de comparação entre empresas industriais no que toca a sustentabilidade ambiental.

Buscando atender ao objetivo da comparação entre indústrias, optou-se pela sustentabilidade ambiental. De acordo com Metaxas, Koulouriotis e Spartalis (2015), se define manufatura sustentável e desenvolvimento como sendo a integração de processos, tomada de decisão e preocupações ambientais de um sistema industrial ativo, que busca crescimento econômico sem destruir recursos preciosos ou o meio ambiente. O aspecto ambiental do TBL trata diretamente dos insumos necessários à produção. Sem avaliar a produção não é possível saber o quanto é, de fato, sustentável um produto acabado.

São analisados critérios referentes ao uso de matérias primas, consumo de água e emissões de gases de efeito estufa (GEE). É considerada e analisada a sustentabilidade ambiental do ponto de vista da produção. Para tanto, propõe-se solução que envolve o emprego de informações públicas (a partir dos relatórios anuais de sustentabilidade) e decisão multicritério. Este último visa o estabelecimento de comparação. Utilizou-se o *analytichierarchyprocess* (AHP) como método de decisão multicritério.

Trata-se de nova aplicação do AHP, considerando que a hierarquia produzida gera comparação entre as empresas industriais analisadas. As métricas disponíveis na literatura dependem de informações voluntariadas pelas empresas consideradas.

Este artigo apresenta, na seção 2, a revisão bibliográfica relativamente a sustentabilidade, manufatura e tomada de decisão, na seção 3 o método de pesquisa e a descrição sobre o emprego do AHP, na seção 4 discussão e resultados são apresentados e na seção 5 as conclusões, contribuições e questões de pesquisa em aberto são apresentadas.

2. Revisão bibliográfica

Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades(WCED, 1987). Assim é conceituado desenvolvimento sustentável no primeiro parágrafo do capítulo 2 do relatório Nosso Futuro Comum. Este documento, referido com seu título original (*Our Common Future*) é citado como fonte em mais de vinte e seis mil publicações acadêmicas. Citado como acima (WCED – *World Commission on EnvironmentandDevelopment*) figura como fonte em mais de nove mil publicações acadêmicas. Na primeira 9,2% das publicações são oriundas da área de engenharia; na segunda, 11,9%. Trata-se de conceito seminal para sustentabilidade.

A partir disso a evolução do conceito permitiu o surgimento de definições que adequam sustentabilidade a áreas específicas, p. ex., sustentabilidade industrial. Nesse caso trata-se do quanto seja sustentabilidade do ponto de vista industrial ou, noutras palavras, quais os caminhos da sustentabilidade para uma indústria.

Sustentabilidade organizacional – que também se aplica à indústria – foi definida com base no conceito de TBL. Este indica que a gestão de empresas em geral deve endereçar questões ambientais, aspectos econômicos e sociais relativos às atividades que desempenham. Sustentabilidade tem sido reconhecida como um tema multidimensional. Atualmente o desempenho empresarial não se mede apenas por sua posição financeira, mas também pela capacidade de atração de mais negócios que sustentam a produção sustentável e políticas de proteção ambiental (THAKUR; MANGLA, 2019).

Portanto, sustentabilidade industrial é o conjunto de decisões gerenciais que conduz a organização à adoção de práticas que permitam que seus resultados financeiros ao mesmo tempo que sejam positivos, reduzam ou neutralizem os impactos ambientais e sociais oriundos de suas atividades. Este artigo, como já mencionado, considera apenas empresas industriais. Logo, o mesmo conceito de sustentabilidade aplica-se à manufatura.

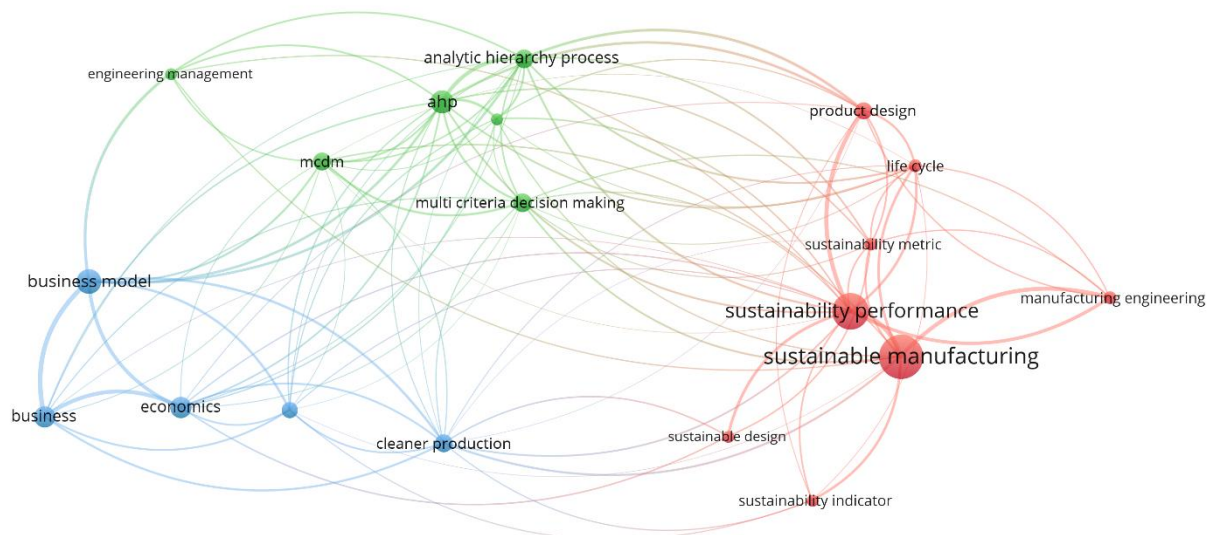
Quanto a classificação, este artigo apresenta-se:

- Natureza: aplicada;
- Objetivo: exploratório;
- Abordagem: quantitativa;
- Procedimento: modelagem.

Sendo objetivo deste artigo a comparação, do ponto de vista da sustentabilidade ambiental entre empresas industriais, a revisão bibliográfica procedeu no sentido de identificar a literatura referente a manufatura, manufatura sustentável e métodos de tomada de decisão multicritério. Identificou-se que um dos problemas atuais com as ferramentas corporativas para relato de programas de sustentabilidade (*SRTs – sustainability reporting tools*) é a completa falta de padronização, tanto em termos de critérios quanto em termos de métodos propostos. Isso dá causa às dificuldades em se comparar e estabelecer pontos de referência com relação ao desempenho sustentável de corporações (SIEW, 2015). Sustentabilidade no desenvolvimento e manufatura de novos produtos é estratégia amplamente aceita, em princípio, embora não seja ainda amplamente praticada (KAEBERNICK, KARA e SUN, 2003).

Entretanto, a fim de que empresas possam tomar decisões que apoiem os três pilares, ou seja, decisões nas dimensões social, ambiental e econômica, ferramentas e métodos são necessários a fim de que essas decisões sejam vinculadas a seus impactos sustentáveis (HUTCHINS, 2019). Com base nessas premissas utilizou-se o AHP como ferramenta para comparação entre empresas.

Figura 1 – visualização em rede das principais palavras chave e temas de artigos



A Figura 1 apresenta o resultado da análise das palavras chave dos artigos identificados na bibliometria. Demonstra-se a preponderância de “manufatura sustentável” e “desempenho sustentável” ao lado de AHP, *analytichierarchyprocess* e “tomada de decisão”. Este foi o resultado da análise de 71 artigos, dos quais identificaram-se as 150 palavras chave mais utilizadas (Tabela 1). As 3 palavras chave mais usadas, representam 56% do total e são aderentes ao objetivo deste artigo. Consideradas as 4 primeiras verifica-se 69% do total. A bibliometria é consistente e oferece fundamentos suficientemente sólidos. Identificam-se lacunas de pesquisa e oportunidades de pesquisa que podem ser condensadas da seguinte maneira:

- Métricas para sustentabilidade associadas a métodos de decisão multicritério;

Fonte: elaborado pelo autor com auxílio do VOSviewer

- Métricas para manufatura sustentável;
- Métodos de comparação entre empresas.

Tabela 1 - distribuição das palavras chave mais relevantes

palavras chave	nº de ocorrências	% do total
tomada de decisão	88	27
desenvolvimento sustentável	54	16
manufatura	42	13
engenharia de produção	41	13
análise de sustentabilidade	32	10
manufatura + sustentabilidade	26	8
desempenho sustentável	24	7
sustentabilidade corporativa	10	3
negócios	9	3

Fonte: elaborado pelo autor

Partindo dessas lacunas desenvolveu-se comparação entre empresas industriais por meio do método AHP. O AHP oferece hierarquização de critérios, ou seja, uma classificação por meio de comparações. As métricas disponíveis consideram em geral os programas de sustentabilidade das empresas que avaliam, sem comparações com outras indústrias. É essencial que se utilize o AHP com classificação absoluta.

3. Método de pesquisa

Foi empregado o método AHP. Criado por Thomas L. Saaty na década de 1970, esse método consiste na elaboração de um modelo que reflita o funcionamento da mente humana na avaliação das alternativas diante de um problema de decisão complexo. Além disso, o método permite lidar com problemas que envolvem tanto os valores tangíveis como os intangíveis, graças a sua capacidade de criar medidas para as variáveis qualitativas com base em julgamentos subjetivos emitidos pelos decisores (DE CARVALHO RESSIGUIER RIBEIRO; DA SILVA ALVES, 2016) (SAATY, 1990).

Foram usados dados públicos, extraídos dos relatórios anuais de sustentabilidade das empresas utilizadas nessa análise. São informações públicas e acessíveis por meio da base de dados do *Global Reporting Initiative* (GRI, 2018). Com isso, a comparação proposta poderá ser verificada e replicada. Foram selecionadas empresas industriais brasileiras ou que operam no Brasil e emitem relatórios a partir da operação brasileira.

A seleção das empresas foi baseada na contribuição potencial de cada uma, no quanto cada uma dessas empresa potencialmente representa para a economia nacional, a saber:

- E1: setor têxtil e de vestuário, tem ampla interação com o agronegócio, é manufatureira, intensiva em mão de obra e chega até o varejo;
- E2: setor químico, alto nível de tecnologia em processos e produtos, fornece matérias primas e produtos para diversos outros setores da economia;
- E3: siderurgia, tem produtos que vão da infraestrutura à produção de bens de consumo duráveis e bens de capital.

A emissão de relatórios integrados é o desejável. Entretanto, há questões contábeis envolvendo esse modelo. De acordo com Saaty (1990), a aplicação do método AHP pode ser resumida nas seguintes etapas: definição e especificação do objeto a ser estudado, estabelecimento dos critérios e alternativas a serem empregados no julgamento, coleta dos julgamentos pelo(s) tomador(es) de decisão, cálculo das prioridades de acordo com os julgamentos e estabelecimento da classificação das alternativas inicialmente consideradas. O grau de consistência dos julgamentos feitos deve ser verificado a fim de que se apresente, ao final, uma classificação viável.

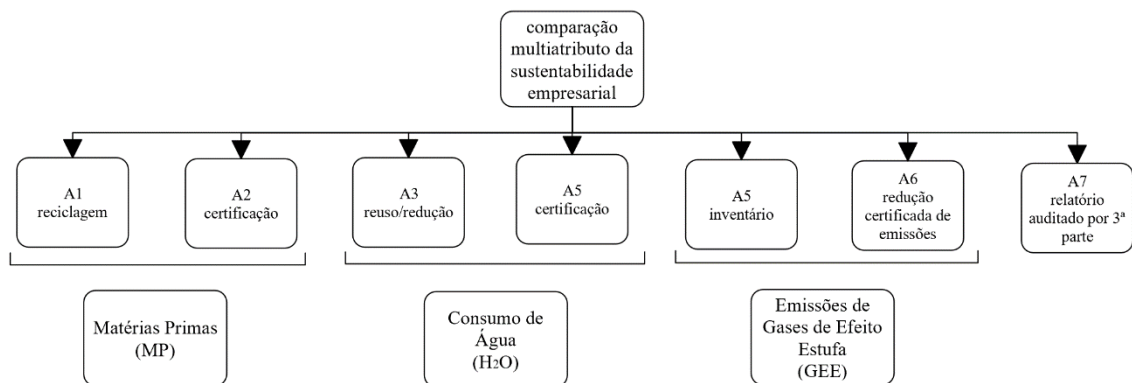
Permite o AHP de Saaty (1977, 1986 e 1990), lidar com problemas que envolvem tanto valores tangíveis como os intangíveis, graças a sua capacidade de criar medidas para as variáveis qualitativas com base em julgamentos subjetivos emitidos pelos decisores (DE CARVALHO RESSIGUIER RIBEIRO; DA SILVA ALVES, 2016). As etapas de aplicação do AHP foram organizadas de modo a se obter o resultado pretendido (classificação). Todavia,

uma vez que se considera a aplicação de AHP deve-se considerar a possibilidade de inversão de classificação (*ranking reversal* – RR). Para evitar RR o AHP deve ser aplicado com síntese ideal e classificação absoluta. O primeiro passo é a síntese ideal dos níveis de performance (Tabela2) segundo os quais serão julgados os atributos definidos na hierarquia de atributos (Figura 2).

Tabela 2 – síntese ideal

	E	MB	B	R	F	autovetor normalizado
Excelente (E)	1	3	5	7	9	0,50
Muito Bom (MB)	1/3	1	3	5	7	0,26
Bom (B)	1/5	1/3	1	35	5	0,13
Razoável (R)	1/7	1/5	1/3	1	5	0,08
Fraco (F)	1/9	1/7	1/5	1/5	1	0,03

Fonte – preparada pelo autor



Fonte: preparado pelo autor
 Figura 2 - hierarquia de atributos

A classificação absoluta estabelece grau de relevância, independentemente dos critérios e de seu desempenho. Com isso, não se tem a atribuição de peso aos critérios, mas a adição de pontos obtidos sob determinada classificação. Sendo assim, os atributos a serem avaliados foram distribuídos em 3 grupos (Figura 2):

- Matérias primas;
- Consumo de água;

- Emissão de gases de efeito estufaGEE.

A próxima etapa é a avaliação de desempenho de atributos. A Figura 2 apresenta a hierarquia definida. Para cada um dos atributos indicados foi estabelecido um percentual de prioridade (Tabela 3). À avaliação de desempenho (Tabela 4) segue a conversão dos conceitos em valores (Tabela 5).

A matriz resultante da aplicação dos valores dos conceitos de avaliação de desempenho é normalizada e em seguida aplicados os percentuais de prioridades (Tabela 6). Cada um desses grupos, por meio de seus atributos, relaciona-se com o TBL. O último atributo (A7) é transversal a todos os grupos. Indica a auditoria de relatório por terceira parte independente. Considerado de elevada relevância, representa 20% da importância global. Ou seja, é essencial que terceira parte confirme o quanto é relatado para fins de confiança e credibilidade.

Tabela 3 – prioridades locais

atributos por grupos	%
matérias primas – A1 – reciclagem	14
matérias primas – A2 – certificação	17
água – A3 – reuso/redução	11

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Tabela 3 – prioridades locais

atributos por grupos	%
água – A4 – certificação	14
GEE – A5 – inventário	10
GEE – A6 – red. cert. emissões	14
relatório anual auditado -	20

Fonte: elaborado pelo próprio autor

Segundo Salomon, Tramarico e Marins (2016), a comparação de alternativas por padrões (classificação absoluta), oferece mensuração menos parcial e com reduzido viés em relação à síntese ideal, como tradicionalmente se reconhece método AHP. Além disso, a síntese ideal está sujeita a RR (Saaty, 1977).

Tabela 4 – avaliação de desempenho

	matéria prima		água		GEE	auditoria	
	31%		25%		24%	20%	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
	14%	17%	11%	14%	10%	14%	20%
E1	R	F	F	F	R	B	F
E2	F	F	F	F	R	F	F
E3	B	F	B	F	R	B	F

Fonte: preparado pelo autor

Tabela 5 – avaliação de desempenho/valores

	matéria prima		água		GEE	auditoria	
	31%		25%		24%	20%	
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
	14%	17%	11%	14%	10%	14%	20%
E1	0,08	0,03	0,03	0,03	0,08	0,13	0,03
E2	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08	0,03	0,03
E3	0,05	0,03	0,13	0,03	0,08	0,13	0,03
Σ	0,16	0,09	0,19	0,09	0,24	0,29	0,09

Fonte: preparado pelo autor

Tabela 6 – matriz de classificação final

							<i>overall assessment</i>	
0,070	0,0567	0,0174	0,0467	0,033	0,0628	0,0667	0,050	2 ^a
0,0263	0,0567	0,0174	0,0467	0,0333	0,0145	0,0667	0,037	3 ^a
0,044	0,0567	0,08	0,0467	0,0333	0,0628	0,0667	0,055	1 ^a

Fonte: elaborado pelo autor

A matriz de classificação final (Tabela 6) resulta da aplicação da equação de agregação aditiva sobre os valores definidos para cada atributo (Tabela 5). A classificação geral (*overall assessment*), oferece a classificação das 3 empresas industriais avaliadas e comparadas com relação a sustentabilidade ambiental. Assim temos que E3 é a mais sustentável, seguida de E1 e E2 respectivamente.

4. Discussão e resultados

A literatura apresenta diversidade de métricas para aferição do progresso da sustentabilidade em indústrias. É o caso do CSMN (*Corporate Sustainability Measurement Network*), que pretende mensurar avanços e contratempos no desempenho da sustentabilidade corporativa; combinando dados qualitativos (opiniões de especialistas) e dados quantitativos (indicadores operacionais). A fim de atingir esse objetivo baseado em CSMN desenvolveu-se um índice composto para sustentabilidade a fim de colaborar no processo de tomada de decisão (MEDEL-GONZALES et al., 2016).

Entretanto, neste como em outros casos, métodos de tomada de decisão são utilizados de forma tradicional. A solução da questão da comparação com AHP é aplicação nova deste método. Engenheiros nas indústrias atualmente consideram medidas de desempenho tais como emissões de gases de efeito estufa (GEE), consumo de recursos, geração de resíduos, emissão de efluentes e emissão de toxinas.

Ter essas medidas ou métricas é crítico para a melhoria. Na ausência dessas métricas não há como julgar a eficácia das mudanças no sistema industrial, seja de forma positiva ou negativa impactando a sustentabilidade ambiental (HUTCHINS et al., 2019).

É oportuna a proposição de método de comparação, dado ser abundantes as métricas para aferição interna e que dependem de dados da indústria avaliada. O AHP produziu a comparação e classificação esperadas. Entretanto, significativa variabilidade no tipo de informação prestada entre empresas e por empresas ao longo do tempo é um impedimento para as funções de informação e transformação dos relatórios corporativos. Será difícil para terceiros, que não têm condições de comparar ou referenciar o desempenho de uma empresa face a seus competidores, escolher entre empresas para alocação de seus recursos. Além disso, ser incapaz de comparações entre empresas e ao longo do tempo, faz com que seja mais difícil para terceiros estabelecer expectativas e engajar-se em processos de transformação com essas mesmas empresas (ECCLES; SERAFEIM, 2015).

Utilizar dados públicos é, por tanto, essencial. Deve-se, igualmente, considerar a oportunidade para que indústrias, sendo comparadas, sejam estimuladas a oferecer melhores informações. Depende da qualidade dessas informações o julgamento e avaliação. As notas e os percentuais designados a cada atributo e grupo de atributos são coerentes. Logo, a percepção do avaliador face as informações disponibilizadas nos relatórios de sustentabilidade analisados é também coerente. Portanto, é válida a classificação final das empresas industriais comparadas no que toca a sustentabilidade ambiental industrial da forma proposta.

Há inconsistência na prestação de informações verificada em outras áreas da sustentabilidade. Estudo elaborado sobre 10 relatórios de empresas australianas que voluntariamente

participaram do *Carbon Disclosure Project* (CDP) revelam diferenças nas informações relativas às emissões de gases de efeito estufa, particularmente no que se refere ao período de tempo considerado, especificamente quanto a diferença entre ano fiscal e ano calendário, as unidades usadas na medição e a natureza das informações disponibilizadas (SIEW, 2015). Porém, isso não inibe o desenvolvimento de métodos de comparação, sendo os dados de relatórios anuais fonte relevante cujo conteúdo deve ser melhorado.

5. Conclusão

Este artigo atingiu o objetivo inicial de comparar empresas indústrias no tocante a sustentabilidade ambiental. Esse objetivo foi conseguido por meio de uma nova aplicação do AHP. A contribuição pretendida é consistente no que toca à apresentação de método inovador para comparar indústrias. Demonstra-se a possibilidade de que empresas industriais sejam comparadas, por meio de informações públicas, no tocante a sua posição em relação a sustentabilidade.

A avaliação das três indústrias selecionadas para este projeto demonstrou possível estabelecer uma classificação baseada em critérios de sustentabilidade ambiental e relacionados à produção. As comparações executadas mostraram-se viáveis, privilegiando a retificação por terceira parte independente (certificações e auditoria). Os relatórios de sustentabilidade usados como fonte de dados são, como a literatura trata, falhos. Contudo, são ainda a melhor fonte disponível e tornam uniforme a avaliação.

Há oportunidade para que novas comparações sejam desenvolvidas utilizando-se o mesmo método e até mesmo a combinação de métodos de tomada de decisão. Neste caso com número maior de indústrias a fim de se aferir, p. ex., a consistência das avaliações. Essa oportunidade será buscada e apresentada futuramente. Da mesma forma, resta em aberto comparar outros aspectos da sustentabilidade (social e econômico). Dadas essas circunstâncias, a avaliação proposta poderá ser executada anualmente, com o mesmo conjunto de indústrias, gerando informação quanto ao progresso das mesmas ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

- de Carvalho Ressiguier Ribeiro, M. C. & da Silva Alves, A., 2016. Aplicação do Método Analytic Hierarchy Process (AHP) com a Mensuração Absoluta num Problema de Seleção Qualitativa. **Sistemas & Gestão**, Volume 3, pp. 270 - 281.
- Eccles, R. G., Ioannou, I. & Serafeim, G., 2014. The impact of corporate sustainability on organizational processes and performance. **Management Science**, pp. 2835-2857.
- Eccles, R. G., Krzus, M. P., Rogers, J. & Serafeim, G., 2012. The need for sector-specified materiality and sustainability reporting standards. **Journal of Applied Corporate Finance**, 24(nº 2), pp. 64-71.
- Elkington, J. & Roelands, I. H., 1999. Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century. **Alternatives Journal**, Volume 25, pp. 42-43.

Global Reporting Initiative - **GRI** - database, 2016. Disponível em:<<http://database.globalreporting.org/search/>>

Medel-Gonzalez, F. et al., 2016. Sustainability performance measurement with Analytic Network Process and balanced scorecard: Cuban practical case. **Production**, 07/09, Volume 26, pp. 527-539.

Metaxas, I. N., Koulouriotis, D. E. & Spartalis, S. H., 2016. A multicriteria model on calculating the sustainable business excellence index of a firm with fuzzy AHP and TOPSIS. **Benchmarking: An International Journal**, Volume 23, pp. 1522-1557.

Saaty, T. L., 1977. A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. **Journal of Mathematical Psychology**, Issue 15, pp. 234 - 281.

Saaty, T. L., 1986. Absolute and Relative Measurement with the AHP. The Most Livable Cities in the United States. **Socio-Economic Planning Science**, Volume 20, pp. 327-331.

Saaty, T. L., 1990. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, pp. 9 - 26.

Salomon, V. A. P., Tramarico, C. L. & Marins, F. A. S., 2016. Analytic Hierarchy Process Applied to Supply Chain Management. Em: **Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process - Decision Making for Strategic Decisions**. s.l.:IntechOpen, pp. 2 - 16.

Sebhatu, S. P., 2008. **Sustainability Performance Measurement for sustainable organizations: beyond compliance and reporting**. Helsingborg, s.n., pp. 75-87.

Siew, R. Y. J., 2015. A review of corporate sustainability reporting tools (SRTs). **Journal of Environmental Management**, Volume 164, pp. 180-195.

World Commission on Environment and Development, 1987. **Our Common Future**, s.l.: Oxford University Press.