

# APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO AMBIENTAL POR MEIO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Letícia Magalhães Rosa

Fatec José Crespo Gonzales – Sorocaba - leticia.rosa3@fatec.sp.gov.br

Mônica de Oliveira Pinheiro da Silva

Fatec José Crespo Gonzales – Sorocaba

Ana Carolina Camargo Francisco

Fatec José Crespo Gonzales – Sorocaba - ana.francisco2@fatec.sp.gov.br

## 1. Introdução

As discussões acerca do tema sustentabilidade iniciaram-se em 1972, após um time de especialistas e pesquisadores do meio ambiente lançar um alarme sobre os efeitos catastróficos do consumo desregrado e extração de recursos naturais em “Os Limites do Crescimento”, gerando debates em torno dos impactos das decisões humanas sobre o meio ambiente. O relatório defendia a necessidade de se conquistar um equilíbrio global baseado em limites ao crescimento da população, no desenvolvimento econômico dos países menos desenvolvidos e em uma atenção aos problemas ambientais [1]. Alguns meses depois, realizou-se a Conferência de Estocolmo, que abordou pela primeira vez os impactos da industrialização na natureza. Os primeiros registros sobre o tema desenvolvimento sustentável surgiram na década de 1970, na Conferência de Estocolmo, onde foi criado um documento chamado “Nosso Futuro Comum”. O documento atentava para a necessidade de um novo tipo de desenvolvimento econômico, capaz de manter o progresso e garantir que as próximas gerações tivessem suas necessidades atendidas [2]. Diversas outras conferências ocorreram, campanhas de conscientização se tornaram frequentes e políticas públicas foram criadas para tentar minimizar os impactos. No entanto, o assunto continua sendo uma das maiores preocupações da humanidade, não houve mudanças positivas, pelo contrário, a situação agravou-se.

Em setembro de 2015, líderes mundiais reuniram-se na sede das Nações Unidas em Nova York [3], e aprovaram em a Agenda 2030 que contém os “Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)”. A agenda é um plano de ação colaborativo, ou seja, não depende de uma única pessoa para realizá-lo e sim da união de todos, para alcançar a erradicação da pobreza extrema, combater as desigualdades e minimizar as mudanças climáticas [4]. A Agenda consiste em 17 objetivos e 169 metas, para auxiliar o planejamento, implantação, monitoramento e controle por parte dos governos. Corresponde aos governos a criação de políticas públicas que busquem alcançar as metas, assim como é fundamental o auxílio do setor privado. No tópico 41 da introdução da Agenda 2030, o papel do setor privado (microempresas, cooperativas e multinacionais, bem como organizações

da sociedade civil e as organizações filantrópicas) na tomada de ações para a implementação da agenda [3].

Como citado, cabe as empresas privadas colaborarem para que os ODS se concretizem, por isso o termo sustentabilidade empresarial se torna essencial nesse assunto. A sustentabilidade empresarial é uma forma de a empresa colaborar com a preservação do meio ambiente por meio da elaboração de políticas internas e indicadores que meçam o desempenho dela. Sustentabilidade passou a ser uma vantagem competitiva, e os benefícios para as empresas são concretos e quantificáveis [2].

Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo a identificação de critérios relevantes para uma indústria operar de forma sustentável considerando o âmbito ambiental, selecionando um conjunto de indicadores baseados na literatura e seguinte aplicação do método estatístico Analytic Hierarchy Process (AHP) para hierarquização dos indicadores selecionados.

## 2. Metodologia

O trabalho iniciou em uma pesquisa exploratória a partir da revisão bibliográfica de artigos, livros e teses em relação ao desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, principalmente sobre a Agenda 2030. Após o entendimento destes conceitos e das discussões geradas sobre eles ao longo das décadas, focou-se em analisar artigos sobre sustentabilidade empresarial, sustentabilidade organizacional, logística reversa e indicadores de sustentabilidade em empresas. Na sequência, foi realizado o estudo do Método de Análise Hierárquica (AHP), quando pode-se entender seu funcionamento e diversas aplicações. Foram realizados seminários sobre os temas estudados para que se pudesse ganhar maturidade em relação a todos os assuntos e para que se pudesse compreender a relação entre eles. Como fruto de tais seminários obteve-se a seleção de indicadores de sustentabilidade ambiental, que forma objetos de aplicação do método AHP. O terceiro passo, foi a construção das matrizes para aplicação do método AHP utilizando o software Microsoft Excel. Na sequência essas matrizes foram enviadas para análise de especialistas: professores universitários da área ambiental e profissionais de indústria e universidades atuantes no tema sustentabilidade, localizadas na cidade

de Sorocaba-SP.

### 3. Resultados e Discussões

Foram selecionados 14 indicadores divididos nas dimensões: Resíduos, Infraestrutura, Água e Transporte (Tabela 1).

**Tabela 1** – Indicadores de Sustentabilidade Ambiental.

Dimensão	Indicadores
Infraestrutura	Percentual de área de espaço aberto em relação à área total
	Percentual da área total do campus coberta por vegetação florestal
	Percentual da área do campus para absorção de água além da área de floresta e de vegetação plantada
Resíduos	Número de programas de reciclagem de lixo do campus
	Número de programas para reduzir o uso de papel e plástico no campus
	Tratamento de resíduos orgânicos
	Tratamento de resíduos inorgânicos
Água	Tratamento de resíduos tóxicos
	Número de programas e implementação de conservação de água
	Implementação do programa de reciclagem de água
Transporte	Consumo de água tratada
	O número total de veículos (carros e motocicletas) dividido pela população total do campus Serviços de transporte
	Relação da área de estacionamento no solo para a área total do campus
	Número de iniciativas para diminuir veículos particulares no campus caminho de pedestres no campus

Fonte: autora.

As matrizes para julgamento foram construídas com base nos critérios e subcritérios, sendo ao todo desenvolvidas cinco matrizes. Uma matriz para julgamento dos critérios ambientais (dimensões) (Figura 1), e uma matriz julgamento para cada um dos subcritérios Resíduos, Infraestrutura, Água e Transporte e seus devidos indicadores.

Na sequência as matrizes de julgamento foram enviadas aos especialistas, que julgaram as dimensões ambientais, e depois os indicadores de cada uma delas, quanto à sua importância.

Este processo, demandou mais tempo que o esperado, visto a demora dos julgadores em entregarem uma devolutiva. Outro problema encontrado, foi a inconsistência de algumas matrizes, sendo necessário requisitar que fossem revisadas.

Após a devolutiva dos julgamentos, as planilhas foram revisadas para averiguar se os julgamentos estavam de fato consistentes. E com o objetivo de sintetizar os julgamentos do grupo, ou seja, chegar a uma decisão final a partir dos julgamentos individuais, foi realizado o cálculo da média geométrica das respostas de todos. Para isso, criou-se uma nova planilha nomeada “Julgamento Final”, com novas matrizes resultantes da média geométrica dos julgamentos.

Então, a importância de cada critério foi aplicada à priorização de seus respectivos indicadores, por meio da multiplicação do autovetor do critério (dimensões ambientais) pelos autovetores dos indicadores de cada um, o que permitiu uma classificação geral do resultado (meta global) (Figura 7).

Por exemplo, o autovetor do critério ‘Infraestrutura’ é 0,115 (Figura 1), então esse valor foi multiplicado por todos os autovetores dos indicadores da ‘Matriz Infraestrutura’ (Figura 2), então:  $0,115 \times 0,307 = 0,035$ ;  $0,115 \times 0,349 = 0,040$ ;  $0,115 \times 0,269 = 0,031$ . Esse processo repetiu-se para todos os critérios e seus respectivos indicadores. Por fim, as respostas dessas multiplicações foram classificadas do maior para o menor valor (Figura 7).

Pode-se perceber que os indicadores que possuem

maior importância na meta global são: Consumo de água tratada, Tratamento de resíduos tóxicos e Implementação do programa de reciclagem de água. Estes contribuem respectivamente em 18,93% (0,1893), 13,45% (0,1345) e 8,96% (0,0896) com a meta.

Para enfatizar o peso desses indicadores sob o objetivo final, o indicador “Consumo de água tratada” (18,93%) contribui cerca de quinze vezes mais que o indicador “Relação da área de estacionamento no solo para a área total do campus” que contribui em apenas 1,26% (0,0126).

Essa classificação é importante para que a empresa tome decisões de onde investir primeiro, na necessidade de se priorizar seus investimentos em sustentabilidade ambiental.

**Figura 1** – Matriz Critérios Ambientais – Julgamento Final.

	CRITÉRIOS AMBIENTAIS				
	Infraestrutura	Resíduos	Água	Transporte	AUTOVETOR
Infraestrutura	1,000	0,263716187	0,245559305	1,888175023	0,115
Resíduos	3,782	1,000	1,319507811	4,112288512	0,415
Água	4,072	0,758	1,000	4,78938853	0,382
Transporte	0,530	0,243	0,209	1,800	0,879
Total	9,394	2,265	2,774	11,790	0,990
Consistência da Resposta					0,033507843

Fonte: autora.

**Figura 2** – Matriz Critério Infraestrutura – Julgamento Final.

	INFRAESTRUTURA				
	Percentual de área de espaço aberto em relação à área total	Percentual da área total do campus coberta por vegetação florestal	Percentual da área do campus para absorção de água além da área de floresta e de vegetação plantada	AUTOVETOR	
Percentual de área de espaço aberto em relação à área total	1,000	1,00095981	0,69827119	0,307	
Percentual da área total do campus coberta por vegetação florestal	0,659	1,000	2,111785765	0,349	
Percentual da área do campus para absorção de água além da área de floresta e de vegetação plantada	1,431	0,414	1,000	0,269	
SOMA	3,130	2,965	3,811	0,925	
Consistência da Resposta					0,681

Fonte: autora.

**Figura 3** – Matriz Critério Resíduos – Julgamento Final.

	RESÍDUOS				
	Número de programas de reciclagem de lixo do campus	Número de programas para reduzir o uso de papel e plástico no campus	Tratamento de resíduos orgânicos	Tratamento de resíduos inorgânicos	AUTOVETOR
Número de programas de reciclagem de lixo do campus	1,000	0,0207884	0,0060884	0,0157605	0,02084
Número de programas para reduzir o uso de papel e plástico no campus	1,396	1,000	1,0777192	1,2782791	0,030884
Tratamento de resíduos orgânicos	1,574	0,076	1,000	1,0579609	0,008009
Tratamento de resíduos inorgânicos	2,001	0,208	0,008	1,000	0,0080271
Tratamento de resíduos tóxicos	2,102	1,000	0,276	1,000	0,030
SOMA	8,087	1,002	1,976	4,178	0,102
Consistência da Resposta					0,171

Fonte: autora.

**Figura 4** – Matriz Critério Água – Julgamento Final.

	ÁGUA				
	Número de programas e implementação de conservação de água	Implementação do programa de reciclagem de água	Consumo de água tratada	AUTOVETOR	
Número de programas e implementação de conservação de água	1,000	0,62483084	0,66821062	0,209	
Implementação do programa de reciclagem de água	1,000	1,000	0,37489837	0,275	
Consumo de água tratada	1,696	3,178	1,000	0,696	
SOMA	4,097	4,883	1,963	0,961	
Consistência da Resposta					0,872

Fonte: autora.

**Figura 5** – Matriz Critério Transporte – Julgamento Final.

	TRANSPORTE			AUTOVETOR	
	O número total de veículos (carros e motocicletas) dividido pela população total do campus Serviços de transporte	Relação da área de estacionamento no solo para a área total do campus	Número de iniciativas para diminuir veículos particulares no campus caminho de pedestres no campus		
O número total de veículos (carros e motocicletas) dividido pela população total do campus Serviços de transporte	1,000	2,53718865	0,88909536	0,484	
Relação da área de estacionamento no solo para a área total do campus	0,380	1,000	0,38012425	0,160	
Número de iniciativas para diminuir veículos particulares no campus caminho de pedestres no campus	1,125	2,631	1,000	0,445	
SOMA	2,505	6,261	2,269	1,089	
Consistência da Resposta					1,174

Fonte: autora.

**Figura 6 – Multiplicação Autovetor Critério x Autovetores Indicadores.**

Julgamento Final		
Critérios Ambientais	Autovetor	Critério x Indicadores
Industria	0,11938152	
Resíduos	0,414690886	
Água	0,381750088	
Transporte	0,076846653	
<b>Subcritérios Ambientais</b>		
Percentual da área de espaço aberto em relação à área total	0,306765003	0,036320349
Percentual da área total do campus coberta por vegetação florestal	0,349257492	0,040212881
Percentual da área do campus para absorção de água além da área de floresta e de vegetação plantada	0,289442403	0,031023095
Numero de programas de reciclagem de lixo no campus	0,11556111	0,046291303
Numero de programas para reduzir o uso de papel e plástico no campus	0,197927317	0,082078655
Tratamento de resíduos orgânicos	0,16489781	0,06381619
Tratamento de resíduos tóxicos	0,324418267	0,134533295
Numero de programas e implementação de conservação de água	0,220360517	0,064136889
Implementação do programa de reciclagem de água	0,234584613	0,08959729
Consumo de água tratada	0,495789116	0,189282402
O número total de veículos (carros e motocicletas) dividido pela população total do campus	0,402847931	0,021818477
Relação da área de estacionamento no solo para a área total do campus	0,159528781	0,012576343
Numero de iniciativas para diminuir veículos particulares no campus caminho de pedestres no campus	0,444832965	0,035073672

Fonte: autora.

**Figura 7 – Classificação dos Julgamentos.**

Classificação dos Julgamentos	
Consumo de água tratada	0,189282402
Tratamento de resíduos tóxicos	0,134533295
Implementação do programa de reciclagem de água	0,08959729
Numero de programas e implementação de conservação de água	0,064136889
Numero de programas para reduzir o uso de papel e plástico no campus	0,082078655
Tratamento de resíduos orgânicos	0,074710674
Tratamento de resíduos inorgânicos	0,068381619
Numero de programas de reciclagem de lixo do campus	0,046291303
Percentual da área total do campus coberta por vegetação florestal	0,040212881
Percentual da área de espaço aberto em relação à área total	0,036320349
Numero de iniciativas para diminuir veículos particulares no campus caminho de pedestres no campus	0,035073672
O número total de veículos (carros e motocicletas) dividido pela população total do campus	0,021818477
Percentual da área do campus para absorção de água além da área de floresta e de vegetação plantada	0,031023095
Relação da área de estacionamento no solo para a área total do campus	0,012576343

Fonte: autora.

[2]PAULA, Ana Carolina Pilatti de; WALTRICK, Maria Salete; PEDROSO, Sandra Mara. Sustentabilidade Organizacional: Desafio dos gestores frente às questões ambientais. Sustentabilidade e Responsabilidade Social - Volume 3, Belo Horizonte - Mg, v. 3, n. 1, p. 6-15, 2017.

[3]ONU. Organização das Nações Unidas. Transformando nosso mundo: A Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Nova York, 2015.

[4]OBJETIVOS de Desenvolvimento Sustentável IBGE Explica. [S.I.]: IBGE, 2016. Son., color.

### Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Iniciação Tecnológica (IT). Ao Centro Paula Souza e à Fatec Sorocaba pelo apoio e suporte à nossa pesquisa.

## 4. Conclusões

O Método de Análise Hierárquico (AHP), é uma excelente ferramenta para auxiliar a tomada de decisões nas mais diversas áreas, e esta pesquisa teve como objetivo demonstrar a aplicação na área de sustentabilidade, mais especificamente no desenvolvimento de indicadores de desempenho ambiental. Espera-se que os resultados obtidos a partir desta iniciação, sejam úteis ao planejamento estratégico e direcionamento da empresa rumo ao desenvolvimento sustentável, especificamente na dimensão ambiental.

Percebe-se que apesar de existirem discussões sobre o tema, durante o longo período de 50 anos, a sustentabilidade ainda é um assunto atual, que deve ser debatido por todos, ações concretas devem ser tomadas para que mudanças sejam feitas, com o intuito que o futuro para o qual caminhamos seja próspero e a sobrevivência das futuras gerações não seja afetado. Essas mudanças obviamente não aconteceram subitamente, porém depende de todos os seres humanos o discernimento de como mudar para melhor, até que se torne um hábito as ações para preservar a Terra.

Dito isso, é importante ressaltar que as indústrias possuem grande relevância na tomada de ações para a preservação ambiental e o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. É seu papel garantir que o processo produtivo não esteja retornando resíduos tóxicos ao meio ambiente, além de assegurar o fim adequado de seus produtos através da logística reversa. Por fim, espera-se que esse trabalho possa auxiliar a fomentar discussões em torno do desenvolvimento sustentável em todas as suas dimensões – especialmente a ambiental, da responsabilidade das empresas com o impacto de seu processo no meio ambiente e da implementação de políticas públicas que visem auxiliar o alcance dos objetivos dispostos na Agenda 2030.

## 5. Referências

[1] ARAÚJO, Geraldino Carneiro de et al. Sustentabilidade Empresarial: Conceito e Indicadores. In: III CONGRESSO VIRTUAL BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, 2006.