

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 4

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)



2535  
878

MODEL: 428

GMB

7739  
572

**Atena**  
Editora

Ano 2018

...ical idea, but no more radical an idea than that one day each of us would have a personal computer. Remember the skeptics who once doubted that anyone would ever purchase a personal computer.

The Artificial Intelligence (AI) market is predicted to grow in 2016 to in 2021, attaining Compound Annual Growth Rate (CAGR) of 20.5%.

barriers manufacturers face in evaluating and adopting technologies, and explores how global manufacturing companies can best capitalize on emerging technologies. The study defines exponential technologies, which are those that exhibit rapid, accelerating, nonlinear growth, and identifies the areas of substantial progress and cost reduction in the areas of computing power, bandwidth, and data storage.

All of this, of course, flies in the face of conventional wisdom that

what's interesting about the rise of the robot is not that it is a new technology, which has been around since the dawn of time, and could be poised to displace human labor in the near future. The real story is that it is a technology that has never before been used in a way that is so pervasive and so impactful. It is a technology that has never before been used in a way that is so pervasive and so impactful.

The robotics future could look a lot like we've ever thought. We're used to thinking about the robot as a futuristic, sci-fi concept. But in reality, it's a technology that is already here, and it's already making a difference. Consider some of the stories that have appeared in just the past week:

the robot stand-up comedian, the robot prison guards in South Korea, and even robot sex workers. All of these stories seem to suggest that it is just a matter of time before robots catch up to humans in intelligence.

AI is being used today to enable collaborative robots, improve predictive analytics, improve recruitment and retention, and optimize the supply chain. AI is being used to improve the efficiency of manufacturing processes, to improve the quality of products, and to improve the safety of workers. AI is being used to improve the efficiency of manufacturing processes, to improve the quality of products, and to improve the safety of workers.

Much as the computing industry moved from a mainframe to a PC to a mobile stage, with the large mainframe being replaced by the PC, and the PC being replaced by the mobile device, the robotics industry is moving from a futuristic, sci-fi concept to a reality. The robotics industry is moving from a futuristic, sci-fi concept to a reality.

future robots should look like us and think like us. Certainly, the story of the humanoid robot is a story that is easy to tell: it feeds into our notions that we are increasingly

headed to a world where man and machine co-exist, where robots play a daily active role in all of our lives. Consider some of the stories that have appeared in just the past week:

the robot stand-up comedian, the robot prison guards in South Korea, and even robot sex workers. All of these stories seem to suggest that it is just a matter of time before robots catch up to humans in intelligence.

the robot stand-up comedian, the robot prison guards in South Korea, and even robot sex workers. All of these stories seem to suggest that it is just a matter of time before robots catch up to humans in intelligence.

the robot stand-up comedian, the robot prison guards in South Korea, and even robot sex workers. All of these stories seem to suggest that it is just a matter of time before robots catch up to humans in intelligence.

Marcos William Kaspchak Machado  
(Organizador)

# A Engenharia de Produção na Contemporaneidade 4

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

M149e Machado, Marcos William Kaspchak  
A engenharia de produção na contemporaneidade 4 [recurso eletrônico] / Marcos William Kaspchak Machado. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (A Engenharia de Produção na Contemporaneidade; v. 4)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
Modo de acesso: World Wide Web.  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-001-8  
DOI 10.22533/at.ed.018180912

1. Engenharia de produção. 2. Segurança do trabalho.  
3. Sustentabilidade. I. Título.

CDD 658.5

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “*A Engenharia de Produção na Contemporaneidade*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. No volume IV apresenta, em seus 28 capítulos, os novos conhecimentos para a engenharia de produção nas áreas de sustentabilidade, responsabilidade social e segurança do trabalho.

As áreas temáticas de sustentabilidade, responsabilidade social e segurança do trabalho tratam de temas relevantes para otimização dos recursos organizacionais. A constante mutação neste cenário torna necessária a inovação na forma de pensar e fazer gestão, planejar e controlar as organizações, para que estas tornem-se agentes de desenvolvimento técnico-científico, econômico e social.

As organizações desenvolvem um papel de transformação no espaço onde atuam. Dessa forma, são responsáveis por garantir o equilíbrio entre o uso eficiente e seu impacto nas reservas de recursos existentes, sejam eles naturais ou humanos.

Este volume dedicado à sustentabilidade, responsabilidade social e segurança do trabalho traz artigos que tratam de temas emergentes sobre a gestão ambiental e políticas de conservação, gestão de resíduos sólidos e recursos hídricos, responsabilidade social, ética empresarial e estudos ergonômicos do ambiente de trabalho.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos e inovações, e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Marcos William Kaspchak Machado

## SUMÁRIO

### SUSTENTABILIDADE, RESPONSABILIDADE SOCIAL E SEGURANÇA DO TRABALHO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
GESTÃO AMBIENTAL DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE LÁCTEOS SOB A PERSPECTIVA DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA	
Felipe Ungarato Ferreira Sabine Robra Luciano Brito Rodrigues	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0181809121</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
AUTOAVALIAÇÃO AMBIENTAL COMO ESTRATÉGIA ORGANIZACIONAL PARA IMPLANTACAO EFETIVA DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL NUMA MOAGEIRA DE TRIGO	
Ismael Santos Souza Sandra Patrícia Bezerra Rocha Alcides Anastácio de Araújo Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0181809122</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>30</b>
A GERAÇÃO DE CRÉDITOS DE CARBONO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR: DESAFIOS E OPORTUNIDADES	
Fernanda Camargo Barrile Beatriz Antoniassi Tavares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0181809123</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>41</b>
USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA PARA SECAGEM E CONSERVAÇÃO DE GRÃOS	
Mayra Cristina Silva Santos Mayara Fernanda Silva e Santos Karine Paola Paixão dos Santos Maria Amélia Pereira Edson Antônio Gonçalves de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0181809124</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>58</b>
A PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E SEU POTENCIAL PARA DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	
Lucas Dziurza Martinez Silveira <b>DOI</b> <b>10.22533/at.ed.0181809125</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>68</b>
A GESTÃO AMBIENTAL COM FOCO NO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO	
Eduardo Alves Pereira Luan Cesar Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.0181809126</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>84</b>
A GESTÃO AMBIENTAL: MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO NO TRATAMENTO DE	



## RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

Pedro Vitor Tavares de Andrade Ramos  
Carlos Eduardo Moreira Guarido  
Gisele Dornelles Pires  
Carlos Rogério Domingos Araújo Silveira

**DOI 10.22533/at.ed.0181809127**

### **CAPÍTULO 8 ..... 98**

PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS DO SERVIÇO DE SAÚDE (PGRSS) À LUZ DA CERTIFICAÇÃO OHSAS 18.001: UM ESTUDO DE CASO EM UM CENTRO HOSPITALAR Juan Pablo Silva Moreira

Henrique Pereira Leonel  
Janaína Aparecida Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.0181809128**

### **CAPÍTULO 9 ..... 115**

AValiação QUANTITATIVA DOS AGENTES QUÍMICOS PRESENTES NO PROCESSO DE SOLDAGEM

Stella de Paiva Espíldora Santolaia  
Lucas Soares Pina

**DOI 10.22533/at.ed.0181809129**

### **CAPÍTULO 10 ..... 124**

O GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE ILHÉUS: um estudo de caso

Antonino Santos Batista  
Antônio Oscar Santos Góes  
Almeciano José Maia Júnior  
Maria Josefina Vervloet Fontes  
Cheila Tatiana de Almeida Santos  
Luan Moreti Alves do Nascimento

**DOI 10.22533/at.ed.01818091210**

### **CAPÍTULO 11 ..... 135**

AValiação DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO QUANTO À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Alessandra Ribeiro Silva  
Antonio Hevertton Martins Silva  
Elton Alvarenga Pessanha Junior  
Henrique Rego Monteiro da Hora  
Milton Erthal Junior

**DOI 10.22533/at.ed.01818091211**

### **CAPÍTULO 12 ..... 150**

A ECONOMIA CIRCULAR E O CENÁRIO NO BRASIL E NA EUROPA

Suzana Maia Nery  
Amanda Silveira Freire

**DOI 10.22533/at.ed.01818091212**

### **CAPÍTULO 13 ..... 164**

SUSTENTABILIDADE DO PROCESSO DE LIMPEZA DA CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DA APLICAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA

Manoel Gonçalves Filho

Lisleandra Machado  
Reinaldo Gomes da Silva  
Silvio Roberto Ignácio Pires

**DOI 10.22533/at.ed.01818091213**

**CAPÍTULO 14 ..... 180**

APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE CARAZINHO (RS)

Berenice de Oliveira Bona  
Daiane Gonçalves  
Jessica Citron Muneroli  
Jessica Zanata  
Nilson da Luz Freire

**DOI 10.22533/at.ed.01818091214**

**CAPÍTULO 15 ..... 193**

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS: ESTUDO COMPARATIVO CONVENCIONAL X CALHA PET

Débora de Souza Gusmão  
Valdete dos Santos de Araújo

**DOI 10.22533/at.ed.01818091215**

**CAPÍTULO 16 ..... 211**

ANÁLISE DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO AUTOMATIZADO COM ESTUDO DE CASO NO CAMPO DE FUTEBOL DA UFERSA CAMPUS MOSSORÓ-RN

Izaak Paulo Costa Braga  
Camila Lopes Andrade  
Kátia Priscila Fernandes Maia Medeiros  
Hálison Fernandes Bezerra Dantas  
Rafael de Azevedo Palhares

**DOI 10.22533/at.ed.01818091216**

**CAPÍTULO 17 ..... 222**

PANORAMA DA ÁGUA PRODUZIDA DA INDÚSTRIA DO PETRÓLEO NO ESTADO DE SERGIPE/BRASIL

Roberto Oliveira Macêdo Júnior  
Fabiane Santos Serpa  
Gabriel Francisco da Silva  
Denise Santos Ruzene  
Daniel Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.01818091217**

**CAPÍTULO 18 ..... 227**

A FORMAÇÃO DAS PRÁTICAS ASSOCIATIVAS E A SUA RELAÇÃO COM A POLÍTICA ESTADUAL DE AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES DE PEQUENO PORTE DE PROCESSAMENTO ARTESANAL DO RS

Giovana Bianchini  
Onorato Jonas Fagherazzi

**DOI 10.22533/at.ed.01818091218**

**CAPÍTULO 19 ..... 239**

ECONOMIA SOCIAL: ESTUDOS DE CASO SOBRE A GESTÃO NO TERCEIRO SETOR NO MUNICÍPIO DE MARABÁ/PA

Andressa dos Santos Araújo

Giovanna Brito de Araújo  
João Otávio Araújo Afonso  
Nayara Côrtes Filgueira Loureiro

**DOI 10.22533/at.ed.01818091219**

**CAPÍTULO 20 ..... 254**

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUA FUNÇÃO SOCIAL

Joelma dos Santos Lima  
Denise Santos Ruzene  
Daniel Pereira Silva

**DOI 10.22533/at.ed.01818091220**

**CAPÍTULO 21 ..... 263**

INSUCESSO EM LICITAÇÕES\_ O PONTO DE VISTA DA MORALIDADE

Flavio Pinheiro Martins  
Luciana Romano Morilas

**DOI 10.22533/at.ed.01818091221**

**CAPÍTULO 22 ..... 275**

ACESSIBILIDADE EM SAÍDAS DE EMERGÊNCIA: O CASO DE UM COMPLEXO PÚBLICO

Cristiano Lúcio Vieira

**DOI 10.22533/at.ed.01818091222**

**CAPÍTULO 23 ..... 290**

CONTRIBUIÇÕES DA ERGONOMIA PARA MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS EM UMA MICROEMPRESA DO SETOR DE SERVIÇOS DE ALIMENTAÇÃO

Lucas Fernandes de Oliveira  
Carmen Lúcia Campos Guizze

**DOI 10.22533/at.ed.01818091223**

**CAPÍTULO 24 ..... 304**

IMPLANTAÇÃO DA AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DOS RISCOS DE LESÕES DE TRABALHO ATRAVÉS DO CHECKLIST DE COUTO: UMA ANÁLISE NO PROCESSO DE EXPEDIÇÃO DE UM LATICÍNIO

Juan Pablo Silva Moreira  
Henrique Pereira Leonel  
Daniel Gonçalves Leão  
Brener Gonçalves Marinho  
Vitor Augusto Reis Machado  
Adriel Augusto dos Santos Silva  
Célio Adriano Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.01818091224**

**CAPÍTULO 25 ..... 315**

ANÁLISE ERGONÔMICA DE UMA FÁBRICA DE CARROCERIA DE CAMINHÃO

Karollayne Menezes dos Reis  
Taiane Gonçalves da Silva  
Beatriz Fernandes Gonzaga  
Antônio Guimarães Santos Júnior  
Gláucia Regina de Oliveira Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.01818091225**



<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>328</b>
ANÁLISE ERGONÔMICA DA ATIVIDADE DE PODA EM UMA FAZENDA PRODUTORA DE UVA DE MESA NO VALE DO SÃO FRANCISCO	
Ricardo Barbosa Bastos	
Angelo Antonio Macedo Leite	
Francisco Alves Pinheiro	
Bruna Angela Antonelli	
Hélio Cavalcanti Albuquerque Neto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01818091226</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>341</b>
AVALIAÇÃO ERGONOMICA DOS POSTOS DE TRABALHO DO SETOR ADMINISTRATIVO DE UMA AUTARQUIA PÚBLICA	
Francisca Rogéria da Silva Lima	
Moisés dos Santos Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01818091227</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>358</b>
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE UM MOBILIÁRIO LABORAL INTELECTUAL	
Renata Maria de Mori Resende de Araujo Possi	
Luciano José Minette	
Stanley Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.01818091228</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>372</b>

## AVALIAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO QUANTO À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

### **Alessandra Ribeiro Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes – RJ

### **Antonio Hevertton Martins Silva**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes – RJ

### **Elton Alvarenga Pessanha Junior**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes – RJ

### **Henrique Rego Monteiro da Hora**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes – RJ

### **Milton Erthal Junior**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense  
Campos dos Goytacazes – RJ

**RESUMO:** Um dos maiores desafios dos municípios é coletar, reciclar, tratar e dispor adequadamente o crescente volume de resíduos sólidos. Neste artigo é apresentada uma análise da gestão desse tipo de resíduo efetuada nos municípios da região Norte, do Estado do Rio de Janeiro, utilizando análise multicritério. Desta forma é realizada uma análise híbrida com os métodos AHP e

PROMETHEE II, para definir os pesos de cada critério e ordenar os municípios do melhor para o pior, respectivamente. Os critérios definidos são relacionados ao tratamento dos resíduos sólidos e foram coletados em diversas fontes, principalmente SIAB e SNIS. O método se mostrou de fácil execução e pode ser aplicado na avaliação da gestão de determinadas regiões, facilitando a identificação de melhorias para o direcionamento de políticas públicas. Macaé foi identificado como o município com a melhor gestão. De modo geral os municípios avaliados estão muito aquém de níveis que se consideraria sustentável, especificamente em coleta seletiva. A elaboração do PMGIRS também é outra deficiência identificada na região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise multicritério, resíduos sólidos, sustentabilidade ambiental.

**ABSTRACT:** One of the greatest challenges of the counties is to collect, recycle, treat and dispose of the growing volume of solid waste. This paper presents an analysis of the management of this type of waste carried out in the municipalities of the North region of the State of Rio de Janeiro, using multicriteria analysis. In this way a hybrid analysis with the AHP and PROMETHEE II methods is performed to define the weights of each criteria and to order the cities from the best to the worst, respectively.

The criteria are related to the treatment of solid waste and were collected in several sources, mainly SIAB and SNIS. The method has proved to be easy to implement and can be applied in the evaluation of the management of certain regions, facilitating the identification of improvements in the direction of public policy. Macaé was identified as the municipality with the best management. In general, the evaluated counties are below levels that would be considered sustainable, specifically in selective collection. The elaboration of PMGIRS is also another weakness identified in the region.

**KEYWORDS:** Multicriteria analysis, solid waste, environmental sustainability.

## 1 | INTRODUÇÃO

Segundo a Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas, o desenvolvimento sustentável visa suprir as necessidades da população mundial atual, sem comprometer as necessidades das gerações futuras. Este conceito é estimado através da aplicação de indicadores que mensuram o desempenho de pessoas, municípios e países em critérios de sustentabilidade (SICHE et al., 2007).

Entretanto, a avaliação do nível de sustentabilidade de municípios é uma tarefa complexa, visto que existem diversos parâmetros e alternativas que influenciam neste estudo. Diversos autores utilizam métodos multicritérios como auxílio na tomada de decisões, a fim de classificar um conjunto de cidades (JACOBI; BESEN, 2011; POLAZ; TEIXEIRA, 2009; SILVERIO; FERREIRA; RANGEL, 2007; SOARES, 2015).

Um dos parâmetros que pode ser utilizado na avaliação é referente à disposição de resíduos sólidos. Este fator é devido às crescentes características e quantidades de resíduos sólidos que são originados nas atividades domésticas, comerciais e industriais. Este aumento ocorre devido ao crescimento das populações, às melhorias nos padrões de vida e ao desenvolvimento tecnológico, assim como decorrente de características intrinsecamente regionais como a abundância, ou escassez, e o tipo de recurso natural disponível naquela comunidade (ZHANG; KEAT; GERSBERG, 2010).

Um dos maiores desafios e prioridades dos municípios é a coleta, reciclo, tratamento e disposição adequada do crescente volume de resíduos sólidos, pois os impactos potenciais destes no meio ambiente podem ser catastróficos caso a disposição final seja inadequada. O uso de regiões e terras produtivas como aterros e o risco de doenças ao ser humano são os principais motivadores dessa discussão. A geração desses resíduos causa, inclusive, ainda que em pequena proporção, a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para o aquecimento global (CHERUBINI; BARGIGLI; ULGIATI, 2009).

Segundo estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), durante os anos de 1989 e 2008 os municípios do Estado do Rio de Janeiro apresentaram destaques negativos em relação à região Sudeste do Brasil, uma vez que grande parte dos resíduos eram descartados de forma inadequada.

Neste contexto, em 2010 foi instituída a Lei 12.305 referente à Política Nacional

de Resíduos Sólidos, que apresenta às definições e classificações dos resíduos sólidos, bem como concentra a gestão que deve ser adotada pela União, Estados e Municípios (BRASIL, 2010).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo avaliar a gestão de resíduos sólidos dos municípios da região Norte, do Estado do Rio de Janeiro. Neste contexto busca-se ordenar os municípios com base nos últimos dados históricos. Tendo em vista à complexidade envolvida na análise desse problema serão utilizados dois métodos multicritérios: AHP e PROMETHEE II.

## **2 | GESTÃO ESTRATÉGICA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

### **2.1 Conceitos iniciais**

Devido à ocorrência de graves acidentes ambientais originados por erros humanos, começaram-se os questionamentos da sociedade com relação à ligação entre os problemas ambientais e os problemas econômicos e sociais. Desta forma, diversos autores propuseram conceitos que buscassem a conciliação entre estes fatores (ALMEIDA et al., 2000; ALMEIDA, 2002). Surgiu-se então o conceito de desenvolvimento sustentável, que foi definido pela Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas como sendo uma forma de desenvolvimento, sem escassez de recursos, isto é, a capacidade da geração atual em se desenvolver e suprir as suas necessidades, sem acabar com os recursos necessários para as gerações futuras (ALMEIDA, 2002).

Neste contexto, durante a ECO 92 surgiu-se a ideia de desenvolver indicadores para se mensurar o desempenho de pessoas, municípios e países em critérios de sustentabilidade. Entretanto, definir e interpretar tais indicadores é uma tarefa complexa, por causa das incertezas dos parâmetros utilizados e pela dificuldade de elaborar uma metodologia que seja amplamente aceita, porque a variável medida certamente será influenciada por características regionais e locais, aspectos culturais, condições econômicas, sociais, entre outros (SICHE et al., 2007).

Isto posto, pode-se considerar um conjunto de municípios mais ou menos sustentáveis através de seus indicadores. Existem diversos estudos sobre a aplicação destes indicadores de alguns municípios brasileiros, utilizando como critério os dados históricos da gestão de resíduos sólidos (JACOBI; BESEN, 2011; POLAZ; TEIXEIRA, 2009; SOARES, 2015).

### **2.2 Resíduos sólidos**

Resíduos sólidos são definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) (norma ABNT-NBR 10004) como sendo “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”.

Tendo em vista que com o desenvolvimento das sociedades houve um aumento significativo nas taxas de consumo e nas taxas de produção de resíduos, aumentou-se a preocupação com os níveis sustentáveis, devido ao mau gerenciamento dos resíduos sólidos e à falta de áreas para a disposição final dos mesmos (JACOBI; BESEN, 2011; POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

No Brasil essa discussão teve início no final da década de 90, entretanto apenas em 2010 foi instituída a Lei que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS - Lei Nº 12.305). A PNRS determina que União, Estados e Municípios devem elaborar planos de resíduos sólidos que constem de um diagnóstico da situação atual e metas para a proteção da qualidade do meio ambiente, a não geração de resíduos sólidos, a sua redução e reutilização, o incentivo à reciclagem e a geração e utilização de produtos e serviços de forma sustentável (BRASIL, 2010; JACOBI; BESEN, 2011; SILVA, 2014).

A hierarquia de resíduo estabelece a seguinte ordem de prioridade a ser considerada na política de prevenção, gestão e manejo de resíduos sólidos: (1) prevenção; (2) reutilização; (3) reciclagem; (4) outras formas de recuperação (por exemplo, geração de energia); e, (5) disposição.

Desta forma, estudos são propostos a fim de avaliar a gestão realizada pelos municípios. Para auxílio às pesquisas existem diversas bases de dados, podendo se destacar o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). O SNIS é um sistema, ligado à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades do Governo Federal, que, anualmente, cadastra dados e produz indicadores sobre serviços de água e esgoto e serviços relacionados à resíduos sólidos. Em 2014, 67,6% dos municípios brasileiros tiveram seus dados referentes aos serviços de manejo de resíduos sólidos cadastrados. Os dados coletados são padronizados e passam por uma análise de consistência, e, apesar da participação do SNIS não ser obrigatória, a inclusão nos programas de investimento do Ministério das Cidades só é permitida com a submissão dos dados a esse sistema (SNIS, 2016).

Em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos o SNIS reúne os dados desde o ano 2002. Esses dados são enviados pelos órgãos municipais ou prestadores de serviços responsáveis pela realização dos mesmos. Alguns dos dados cadastrados são os referentes ao volume de resíduos coletados, quantidade de pessoas que realizaram o serviço, tipos de destinos aos quais os resíduos são submetidos e emprego de coleta seletiva (SNIS, 2016).

Outra base de dados relevante é o Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB), desenvolvido pelo DATASUS em 1998, no qual concentra dados de Atenção Básica, tais como: saúde, território, problema e responsabilidade sanitária (SIAB, 2016).

### 3 | ANÁLISE DECISÓRIA

Segundo Oliveira (2011) o primeiro método de avaliação multicritério foi apresentado por Morris Hill em 1966, e, desde então, diversos outros vem sendo desenvolvidos. Estes métodos possibilitam a avaliação de um conjunto de alternativas, tendo como parâmetro diversos critérios que normalmente são conflitantes entre si.

A metodologia de Apoio Multicritério da Decisão (AMD) pode considerar em sua formulação o fator humano e a subjetividade, características inerentes em problemas de decisão (GOMES; GOMES, 2014). Esta metodologia pode ser aplicada em problemas cuja decisão cabe a uma pessoa ou a um grupo de pessoas com diferentes pontos de vista, logo, esta metodologia auxilia o processo de decisão, recomendando ações ou cursos de ações a quem vai tomar a decisão (BELTON; STEWART, 2003).

Os métodos AMD podem ser classificados através de uma perspectiva clássica, na qual se destacam as linhas de pensamento de duas escolas tradicionais (GOMES JÚNIOR et al., 2011): Americana – se espelha em técnicas de agregação multicritério, com uma única síntese (pode-se destacar o método AHP); Francesa – sem critério único de síntese. Leva em consideração o conceito de sobreclassificação (por exemplo o método PROMETHEE).

Nas próximas seções serão abordados alguns conceitos dos métodos AHP e PROMETHEE II. Para maiores detalhes, ver Saaty (1987) e Brans e Mareschal (2005), respectivamente.

#### 3.1 Método AHP

O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Saaty em 1980, é um método multicritério bastante aplicado, principalmente nos EUA. Nele o processo de escolha é estruturado em diferentes níveis hierárquicos: objetivo, critérios, subcritérios e alternativas. Elementos de um dado nível são comparados em pares para avaliar a sua preferência relativa com respeito a cada um dos elementos daquele nível. Assim, a metodologia ajusta tanto a preferência quantitativa como qualitativa (HERVA; ROCA, 2013; POHEKAR; RAMACHANDRAN, 2004).

Para realizar a tomada de decisão a partir do método AHP Saaty (2008) aponta a necessidade de realização de quatro passos: (1) definição do problema em estudo; (2) construção das hierarquias de decisão; (3) construção de um conjunto de matrizes para a comparação de dados entre níveis superiores x níveis inferiores; e, (4) definição dos pesos entre prioridades obtidas através das comparações, com o uso do Quadro 1.

Intensidade Numérica	Definição	Explicação
1	Igual importância.	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.



3	Importância moderada.	Experiência e julgamento favorecem ligeiramente uma atividade em relação à outra.
5	Importância forte.	Experiência e julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito forte.	Uma atividade é favorecida muito fortemente em relação à outra; seu domínio é demonstrado na prática.
9	Importância extrema.	A evidência favorecendo uma atividade em relação à outra é da mais alta ordem possível de afirmação.
2, 4, 6, 8	Valores médios.	São atribuídos para indicar valores de compromisso de importância.

Quadro 1 - Escala de intensidade numérica para definição de prioridades.

Fonte: Adaptado de Saaty (1987) e Saaty (2008).

Assim, com os valores estabelecidos para as intensidades, monta-se a matriz A, com n alternativas, conforme demonstrado na Equação (1).

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Neste contexto, Saaty (1990) descreve que  $\lambda_{m\acute{a}x}$  é o principal autovalor de A, quando A deixa de ser consistente, mas ainda permanece recíproca, sendo obtida pela Equação (2), onde w se refere ao vetor de pesos das alternativas.

Na sequência, calcula-se o Índice de Consistência (IC) através da Equação (3), visando a obtenção da Razão de Consistência (RC), que é calculada através da Equação (4). Nesta última equação, IR se refere ao o Índice de Consistência Randômico e é obtido através de uma média ao longo de um grande número de matrizes recíprocas, de mesma ordem, cujas entradas são aleatórias (SAATY, 1987).

O cálculo de RC, no método AHP, faz-se necessário a fim de avaliar a consistência lógica da matriz e segundo Saaty (1987) este valor deverá ser menor ou igual a 0,1.

(2) $A \cdot w = \lambda_{m\acute{a}x} \cdot w$	(3) $IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$	(4) $RC = \frac{IC}{IR}$
---	--	--------------------------

### 3.2 Método promethee II

O acrônimo PROMETHEE significa *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*, sendo um método de auxílio à tomada de decisão multicritério

não compensatório e de sobreclassificação, desenvolvido por Brans em 1982 e ampliado em 1985 por Brans e Vincke.

A família PROMETHEE se divide em 6 métodos (I, II, III, IV, V, VI) e na representação gráfica GAIA. Para o estudo em análise foi considerado o método PROMETHEE II, no qual as alternativas são ordenadas através dos fluxos líquidos calculados para cada uma (BRANS; MARESCHAL, 2005; HERVA; ROCA, 2013).

Inicialmente, para o cálculo do PROMETHEE II, faz-se necessário estabelecer duas informações relevantes: (1) peso de cada critério; e, (2) a função de preferência, que representa a diferença entre as avaliações obtidas de duas alternativas em uma faixa que varia de zero a um. Segundo Brans e Mareschal (2005) as funções são: critério usual, critério forma U, critério forma V, critério com níveis, critério linear e critério gaussiano.

Em seguida são efetuados os cálculos do método para cada par de alternativas (alternativas “a” e “b”). Desta forma, calcula-se o grau de sobreclassificação entre as alternativas, em relação à cada critério ( $\pi(a,b)$ ), através da Equação (5), no qual  $P_j(a,b)$  se refere à função de preferência do desvio calculado entre as alternativas e  $w_j$  o peso associado, ambos em relação ao critério  $j$ .

No próximo passo são calculados os fluxos de sobreclassificação parcial, conforme Equações (6) e (7), onde  $\Phi^+$  e  $\Phi^-$  são, respectivamente, o fluxo positivo e negativo para cada alternativa. O positivo expressa o quanto a alternativa “a” sobreclassifica as demais, enquanto que o negativo expressa o quanto a alternativa “a” é sobreclassificada pelas demais.

Por fim, calcula-se o fluxo de sobreclassificação líquido  $\Phi(a)$  para cada alternativa, conforme Equação (8). Ressalta-se que no método PROMETHEE II este valor é utilizado para efetuar a ordenação entre as alternativas (BRANS; MARESCHAL, 2005).

(5) $\pi(a,b) = \sum_{j=1}^k P_j(a,b)w_j$	(6) $\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a,x)$
(7) $\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x,a)$	(8) $\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a)$

## 4 | METODOLOGIA

### 4.1 Definição dos critérios e corte regional

O estudo de caso foi realizado nos municípios da Região Norte Fluminense. Esta região é composta por duas microrregiões: Campos dos Goytacazes e Macaé. A microrregião de Campos dos Goytacazes compreende os municípios de Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, São Fidélis, São Francisco de Itabapoana e São João da Barra. A microrregião de Macaé é constituída pelos municípios de Carapebus,

Macaé, Conceição de Macabu e Quissamã (IBGE, 2010).

A fim de ordenar as cidades quanto à gestão dos resíduos sólidos urbanos de cada município foram considerados os critérios abordados por Silva (2014): lixo coletado de forma regular, lixo queimado ou enterrado, lixo a céu aberto, coleta seletiva e existência de Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS).

Foram avaliados os dados disponíveis nas seguintes fontes: a) SIAB: consulta do percentual de lixo coletado no ano de 2014; b) SNIS: consulta do percentual de lixo recolhido para coleta seletiva no ano de 2014; c) Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Rio de Janeiro - PERS/RJ e portais das prefeituras de cada município: verificação da existência de PMGIRS. Na sequência, os dados obtidos foram agrupados em uma matriz de pagamento.

## 4.2 Aplicação dos métodos multicritério

A partir da matriz de pagamento foram utilizados dois métodos multicritérios, a fim de avaliar a gestão de resíduos sólidos de cada município: AHP e PROMETHEE II. Inicialmente, utilizou-se o método AHP para obter o peso de cada critério definido no estudo. Os critérios foram avaliados e ponderados por especialistas na área de resíduos sólidos, através da aplicação de um questionário, o que resultou em uma matriz de comparação. Na sequência esta matriz foi processada em uma ferramenta *on-line* do método AHP (disponível em <http://bpmsg.com/academic/ahp.php>), para facilitar o tratamento dos dados e retornar o peso de cada componente.

Na etapa final, utilizou-se o método PROMETHEE II para ordenar as cidades, com auxílio do *software* Visual PROMETHEE 1.4 (versão acadêmica). Os pesos de cada critério obtidos pelo método AHP foram utilizados e os demais dados foram referentes à matriz de pagamento. A função de preferência adotada foi do tipo com critério usual, na qual a comparação entre os pares é realizada da seguinte forma: existirá indiferença entre dois municípios A e B somente se o município A (em relação ao município B) apresentar  $F(A) = F(B)$ , quando comparado em determinado critério; se as avaliações forem diferentes, existirá preferência estrita pela alternativa de melhor avaliação. Desta forma, neste trabalho atribuiu-se 0 se o critério fosse indiferente ou pior do que aquele que se foi comparado e 1 se o indicador fosse melhor.

## 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Definição da matriz de pagamento

Os dados coletados de cada município, em determinado critério, estão dispostos na Tabela 1. Conforme abordado anteriormente, estes dados foram obtidos a partir do SIAB, SNIS e portais das prefeituras. Foram utilizados os dados percentuais como uma forma de normalização dos dados, uma vez que caso fossem utilizados os dados brutos (em toneladas) iria existir uma preferência na ordenação das cidades mais

populosas.

Município	Lixo Coletado	Lixo Queimado ou Enterrado	Lixo a Céu Aberto	Coleta Seletiva	PMGIRS
Campos dos Goytacazes	91,23%	7,93%	0,84%	0,52%	Não
Carapebus	72,22%	26,17%	1,61%	0,00%	Não
Cardoso Moreira	74,16%	24,89%	0,94%	0,00%	Não
Conceição de Macabu	93,99%	5,77%	0,24%	0,00%	Não
Macaé	92,43%	6,69%	0,88%	0,00%	Sim
Quissamã	92,24%	7,40%	0,36%	0,00%	Não
São Fidélis	80,41%	18,21%	1,38%	0,00%	Não
São Francisco de Itabapoana	76,94%	21,04%	2,01%	0,00%	Não
São João da Barra	92,50%	7,30%	0,20%	0,00%	Não

Tabela 1 - Dados obtidos e critérios definidos.

Pode-se verificar que entre os critérios Lixo Coletado, Lixo Queimado ou Enterrado e Lixo a Céu Aberto, o primeiro apresentou o maior percentual em todos os municípios, o que aponta para bons resultados, uma vez que os dois últimos critérios são prejudiciais ao ambiente, sendo classificados como formas inadequadas de disposição de resíduos sólidos.

Entretanto, nota-se também que os critérios de Coleta Seletiva e PMGIRS não são representativos no gerenciamento de grande parte dos municípios. Isto ocorre porque grande parte das prefeituras apenas se preocupa em expor os dados de lixo coletado, como um propósito político e não social.

## 5.2 Definição dos pesos: método AHP

Conforme mencionado anteriormente, os pesos dos critérios foram estabelecidos a partir da consulta a especialistas na área de resíduos sólidos. Os questionários foram enviados a 3 especialistas, a fim de que os mesmos julgassem o grau de preferência entre os critérios selecionados. Escolheu-se o questionário que apresentou a menor razão de consistência.

É importante ressaltar que foram realizados pequenos ajustes nas preferências estabelecidas pelo especialista, a partir da diminuição de dois itens, em pequenas variações. Este ajuste foi necessário para atender os critérios definidos por Saaty (1987) em relação à razão de consistência (vide seção 3.1).

Após esta consulta, obteve-se a matriz de comparação dos critérios, apresentada na Figura 1, onde Cr1: coleta seletiva, Cr2: lixo coletado, Cr3: lixo queimado ou enterrado, Cr4: lixo a céu aberto e Cr5: PMGIRS.

	<i>Cr1</i>	<i>Cr2</i>	<i>Cr3</i>	<i>Cr4</i>	<i>Cr5</i>	
<i>Cr1</i>	1	3	9	9	1/3	RC = 0,089
<i>Cr2</i>	1/3	1	7	7	1/7	
<i>Cr3</i>	1/9	1/7	1	1	1/9	
<i>Cr4</i>	1/9	1/7	1	1	1/9	
<i>Cr5</i>	3	7	9	9	1	

Figura 1 – Matriz de comparação dos critérios, segundo especialista consultado.

Sendo assim, esta matriz foi adotada para a obtenção dos pesos de cada critério, conforme apresentado na Tabela 2.

Ordenação	Descrição do Critério	Pesos Finais (%)	Direção do Critério
1º	PMGIRS	53,21%	Máximo
2º	Coleta Seletiva	26,53%	Máximo
3º	Lixo Coletado	13,88%	Máximo
4º	Lixo Queimado ou Enterrado	3,19%	Mínimo
4º	Lixo a Céu Aberto	3,19%	Mínimo

Tabela 2 - Pesos finais dos critérios, obtidos através do método AHP.

A soma dos pesos relativos calculados dos critérios é igual a 1,0. Pode-se verificar que a existência de PMGIRS apresenta grande preferência (peso de 53,21%) em relação aos demais critérios, o que é compreensível pois é uma condição necessária, no qual o Distrito Federal e os municípios têm acesso aos recursos da União, destinados a limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos.

Vale destacar que a coluna da direção do critério se refere à preferência na qual os valores devem estar, isto é, as direções máxima e mínima serão preferíveis se apresentarem valores maiores e menores, respectivamente. Esses valores foram definidos pelos autores e utilizados no método PROMETHEE II.

### 5.3 Ordenação dos municípios: método promethee II

Após a inclusão dos dados da matriz de pagamento (vide Tabela 1) e dos pesos obtidos para cada critério, pelo método AHP (vide Tabela 2) no *software* Visual PROMETHEE 1.4, a aplicação do método PROMETHEE II apresentou como resultado a ordenação dos municípios da Região Norte Fluminense com relação aos critérios adotados neste estudo. A Tabela 3 apresenta o resultado com os respectivos fluxos calculados. A ordenação das alternativas foi realizada a partir da classificação dos respectivos fluxos líquidos ( $\Phi$ ) em ordem decrescente.

Observa-se que o município de Macaé se destacou em relação aos demais, tendo em vista que apresentou o maior valor. Verifica-se que este valor tem uma diferença notável em relação aos fluxos dos demais municípios, podendo ser comprovado uma

vez que Macaé é o único município da lista que apresentou PMGIRS, sendo este o critério com maior peso, segundo o método AHP.

Rank	Município	$\phi^+$	$\phi^-$	$\phi$
1	Macaé	0,6801	0,0878	0,5923
2	Campos dos Goytacazes	0,3706	0,1638	0,2068
3	Conceição de Macabu	0,1986	0,1037	0,0950
4	São João da Barra	0,1773	0,1250	0,0523
5	Quissamã	0,1306	0,1717	-0,0411
6	São Fidélis	0,0720	0,2303	-0,1583
7	São Francisco de Itabapoana	0,0427	0,2596	-0,2169
8	Cardoso Moreira	0,0333	0,2690	-0,2357
9	Carapebus	0,0040	0,2983	-0,2943

Tabela 3 - Ordenação dos municípios e seus respectivos fluxos.

Como suporte aos dados obtidos pelo PROMETHEE II, a Figura 2 apresenta a representação gráfica do plano GAIA, que mostra a relação entre os critérios, considerando-os como vetores e analisando suas direções (SOLA; MOTA, 2011).

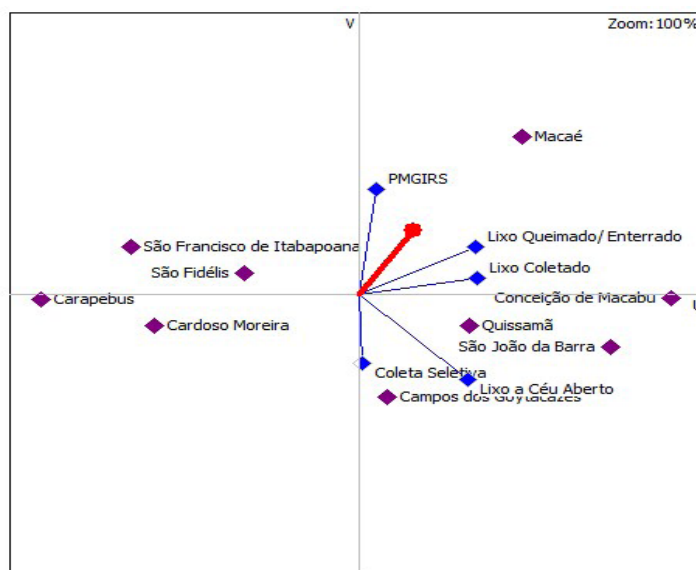


Figura 2 - Plano GAIA dos municípios avaliados.

O nível de qualidade calculado foi de 89,4%, o que classifica o plano GAIA como confiável, uma vez que o valor aceitável deve ser acima, ou próximo, de 70% (BRANS; MARESCHAL, 2005; HERVA; ROCA, 2013).

A partir da Figura 2 pode-se verificar que os critérios apresentaram preferências parecidas, uma vez que todos estão localizados no lado direito do plano. Ressalta-se que Gonçalves e Belderrain (2011) descrevem que, para estes casos em que os vetores dos critérios estão presentes apenas em lado do plano, as alternativas que estiverem localizadas no outro lado representariam conflitos de preferência, isto é, julgamentos de menor valor e maior criticidade.



O eixo de decisão  $\pi$  (em vermelho) aponta a direção dos melhores resultados e quais critérios são superiores aos demais. O município de Macaé, classificado em primeiro lugar na ordenação, é a alternativa que apresentou melhor destaque, porque é o ponto que se encontra na mesma direção e mais distante do vetor decisor, com características fortes em relação aos critérios. No entanto o município de Carapebus é a alternativa mais distante do vetor decisor, no sentido oposto, por isso se classificou em último lugar na ordenação.

Ao se considerar o vetor do município de Macaé, o município mais distante em relação a este vetor foi Carapebus, município em último lugar na ordenação. Logo, verifica-se que estas alternativas são incomparáveis.

Em relação aos demais critérios e alternativas pode-se destacar que:

- Os critérios Cr2 (lixo coletado), Cr3 (lixo queimado ou enterrado) e Cr5 (PMGIRS) apresentam preferências similares, sendo que Macaé foi a alternativa que com melhores resultados quanto a estes critérios;
- Os critérios Cr1 (coleta seletiva) e Cr4 (lixo a céu aberto) apresentam preferências similares, sendo que as alternativas com melhores resultados foram: Campos dos Goytacazes, Conceição de Macabu, São João da Barra e Quissamã.

Na sequência foi realizado um teste de sensibilidade, no qual variaram-se os pesos dos critérios, a partir da variação de  $\pm 20\%$  do peso do PMGIRS e normalização dos demais. Pôde-se verificar que não houve variação significativa dos fluxos líquidos, o que implica, segundo Araújo e Almeida (2009), que os pesos dos critérios se comportam de forma consistente em relação às mudanças de cenários realizadas. Ressalta-se que não houve alteração na ordenação.

Sendo assim, ao analisar todos os dados mencionados anteriormente, pode-se verificar que a gestão de resíduos sólidos dos municípios do Norte Fluminense, apesar de apresentar bons resultados em relação ao lixo coletado, ainda deve ser melhorada por todos os municípios. Isto pode ser verificado quanto à existência de coleta seletiva, que grande parte dos municípios não atende e muitas vezes utilizam-se de formas de disposição que geram impactos ambientais.

Apenas Macaé tem PMGIRS, entretanto os municípios Carapebus, São Francisco de Itabapoana, São João da Barra e Campos dos Goytacazes participaram do edital de chamamento público nº 02/2013 para manifestação de interesse em PMGIRS a ser elaborado com auxílio de recursos da CEIVAP – Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Cabe aos demais municípios que obtenham parcerias ou desenvolvam com recursos próprios os respectivos PMGIRS, a exemplo de Macaé.

Se faz urgente a criação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento da coleta seletiva na região. A maioria dos municípios não a realizam e os poucos que fazem tem percentuais baixíssimos.

## 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito “desenvolvimento sustentável” foi definido a fim de conciliar os problemas ambientais com os problemas econômicos e sociais. Para se mensurar o desempenho em relação a sustentabilidade são utilizados indicadores. Em concordância, este estudo buscou avaliar sustentabilidade dos municípios da região Norte do Estado do Rio de Janeiro quanto a gestão de resíduos sólidos.

Entretanto, a análise de questões ambientais requer uma coleta de dados exaustiva, para se obter confiabilidade nos mesmos. O tratamento, por consequência, apresenta alta complexidade para avaliar todos os cenários. Por este motivo, utilizou-se como auxílio trabalhos anteriores para se descrever os critérios a serem abordados no estudo, enquanto que os seus respectivos pesos foram definidos a partir da consulta a especialistas. Desta forma, a metodologia apresentada neste estudo, com uma aplicação híbrida de ferramentas multicritério, mostrou-se efetiva nas avaliações de ordenação dos municípios.

A partir da análise dos dados do último ano informado, em todos os critérios adotados, pode-se verificar que os municípios de Macaé e Campos dos Goytacazes se destacaram em relação aos demais. Este destaque ocorre devido ao fato de que apenas os mesmos apresentaram dados em relação ao PMGIRS e coleta seletiva, respectivamente, sendo que estes dois critérios foram os que apresentaram maiores pesos.

Sendo assim, a gestão de resíduos sólidos dos municípios estudados ainda tem um longo caminho a percorrer, a fim de melhorar o âmbito sustentável de cada e, conseqüentemente, minimizar impactos ambientais. Sugere-se que os municípios construam o PMGIRS, para que então se planejem com base na Lei 12.305, da Política Nacional e adotem políticas públicas voltadas para o desenvolvimento de coleta seletiva na região.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. et al. Gestão Ambiental - Responsabilidade com o Futuro. **2000 - XXVIII COBENGE: Ouro Preto/MG**, 2000.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Editora Nova Fronteira, 2002.

ARAÚJO, A. G. DE; ALMEIDA, A. T. DE. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. **Gestão & Produção**, v. 16, n. 4, p. 534–543, dez. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Resíduos sólidos – Classificação: NBR 10004**, 2004.

BELTON, V.; STEWART, T. J. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. 2. print ed. Boston, Mass.: Kluwer Acad. Publ, 2003.

BRANS, J.-P.; MARESCHAL, B. Promethee Methods. In: **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. New York: Springer-Verlag, 2005. v. 78p. 163–186.

BRASIL. Lei 12.305. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. ago. 2010.

CHERUBINI, F.; BARGIGLI, S.; ULGIATI, S. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. **Energy**, v. 34, n. 12, p. 2116–2123, dez. 2009.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. 5ed. Editora Atlas, 2014.

GOMES JÚNIOR, S. F. et al. Integração de métodos multicritério na busca da sustentabilidade agrícola para a produção de tomates no município de São José de Ubá-RJ. **Pesquisa Operacional**, v. 31, n. 1, p. 157–171, abr. 2011.

GONÇALVES, T. J. M.; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em Grupo com PROMETHEE GDSS e GAIA: Priorização de Subsistemas no Projeto do Satélite ITA-SAT. **XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 3256–3268, ago. 2011.

HERVA, M.; ROCA, E. Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. **Ecological Indicators**, v. 25, p. 77–84, fev. 2013.

IBGE. Divisão regional. In: **Atlas nacional do Brasil Milton Santos / IBGE, Diretoria de Geociências**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. p. 51–57.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (ED.). **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, abr. 2011.

OLIVEIRA, V. M. A. DE. **Avaliação em Planejamento Urbano**. Porto [Portugal: U. Porto editorial, 2011.

POHEKAR, S. D.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 8, n. 4, p. 365–381, ago. 2004.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. DO N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 411–420, set. 2009.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, n. 3–5, p. 161–176, 1987.

SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, set. 1990.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v. 1, n. 1, p. 83, 2008.

Sistema de Informação de Atenção Básica - SIAB. Disponível em: < <http://www2.datasus.gov.br/SIAB/index.php>>. Acesso em: 05 jul. 2016.

SICHE, R. et al. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & sociedade**, v. 10, n. 2, p. 137–148, dez. 2007.

SILVA, V. R. DA. **Resíduos sólidos Urbanos na Região Norte Fluminense: avaliação da gestão e da atividade de reciclagem**. Campos dos Goytacazes: Universidade Candido Mendes - UCAM, set. 2014.

SILVERIO, L. B.; FERREIRA, A. S.; RANGEL, L. A. D. Avaliação das cidades da Região Sul Fluminense empregando o método PROMETHEE II. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, out. 2007.

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2016.

SOARES, L. F. Índice de sustentabilidade municipal: uma abordagem fuzzy para um sistema de apoio a decisão. 2015. 117 f. Dissertação de Mestrado — Universidade Estadual Paulista, Sorocaba. 2015.

SOLA, A. V. H.; MOTA, C. M. M. Aplicação do Método Promethee na Seleção de motores industriais para melhoria da eficiência energética. **XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, p. 3269– 3279, ago. 2011.

ZHANG, D.; KEAT, T. S.; GERSBERG, R. M. A comparison of municipal solid waste management in Berlin and Singapore. **Waste Management**, v. 30, n. 5, p. 921–933, mai. 2010.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**MARCOS WILLIAM KASPCHAK MACHADO** Professor na Unopar de Ponta Grossa (Paraná). Graduado em Administração- Habilitação Comércio Exterior pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especializado em Gestão industrial na linha de pesquisa em Produção e Manutenção. Doutorando e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com linha de pesquisa em Redes de Empresas e Engenharia Organizacional. Possui experiência na área de Administração de Projetos e análise de custos em empresas da região de Ponta Grossa (Paraná). Fundador e consultor da MWM Soluções 3D, especializado na elaboração de estudos de viabilidade de projetos e inovação.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-001-8

