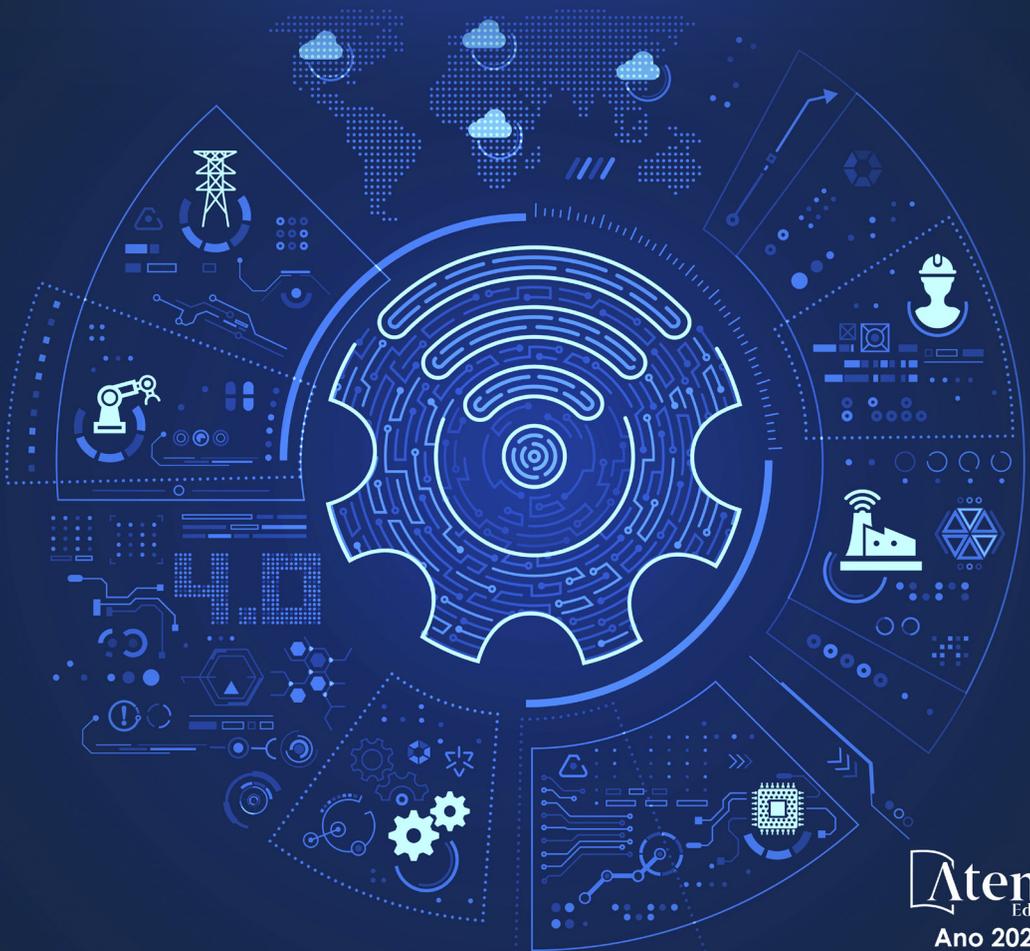


Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3



Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^o Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^o Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^o Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^o Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^o Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^o Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^o Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2 / Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0935-9 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.359231801 1. Engenharia. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizadora). II. Título. CDD 620
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Sabendo que a Atena Editora faz parte do grupo de instituições que incentivam a difusão de inovação científica, a mais nova coleção “Engenharias: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3” engloba pesquisa científica, aplicada, desenvolvimento experimental e inovação tecnológica. Um dos grandes desafios enfrentados atualmente nos mais diversos ramos do conhecimento, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas.

Atualmente, é necessário que os profissionais saibam discernir e transitar conceitos e práticas levando em consideração o viés humano e técnico. Diante desse contexto, este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber. Os mais diversos temas estão relacionados às áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química, dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Esta obra se mostra como fundamental, de abordagem objetiva, para todos os âmbitos acadêmicos e pesquisadores que busquem alavancar em conhecimento. Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura.

Amanda Fernandes Pereira da Silva

CAPÍTULO 1 1**A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE DENTRO DOS PROCESSOS EMPRESARIAIS**

Milena dos Santos Silva

Luis Jorge Souza dos Anjos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318011>**CAPÍTULO 2 5****ANÁLISE COMPARATIVA DAS NORMAS NBR 6118/2014, NBR 7188/2013 E AASHTO LRFD 2012, BASEADA NA TEORIA DA CONFIABILIDADE – ESTUDO DE CASO DE UMA VIGA I DA PONTE SOBRE CÓRREGO SÃO DOMINGOS NA RODOVIA ESTADUAL ES-010, TRECHO ITAÚNAS - ES-421**

Rodrigo José Costa Nóbrega

Emmanoel Guasti Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318012>**CAPÍTULO 330****ANÁLISE DA DEFLEXÃO DE VIGAS E EIXOS POR EDO E SIMULAÇÃO EXPERIMENTAL DE BAIXO CUSTO**

Cristian Comin

Adabiel Oleone da Silva

Jocelaine Cargnelutti

Vanderlei Galina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318013>**CAPÍTULO 439****APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO DO MELHOR TRATAMENTO PARA A BORRA OLEOSA GERADA NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**

Wanderbeg Correia de Araujo

Haron Calegari Fanticelli

Jose Oduque Nascimento de Jesus

Artur Saturnino Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318014>**CAPÍTULO 557****ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED IN DIFFERENT AREAS OF ROBOTICS**

Márcio Mendonça

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

João P. S. Bertocini

Ivan R. Chrun

Wagner Fontes Godoy

José Augusto Fabri

Francisco de Assis Scannavino Junior

Lucas Botoni de Souza

Emanuel Ignacio Garcia

Marta Rúbia Pereira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318015>

CAPÍTULO 677

AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA DE PÓRTICO PLANO DE AÇO SUJEITO A CARREGAMENTO GRAVITACIONAL E COM FLEXÃO EM TORNO DO EIXO DE MENOR INÉRCIA

Danilo Luiz Santana Mapa
 Marcilio Sousa da Rocha Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318016>

CAPÍTULO 786

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ESPAÇO FÍSICO EM ACADEMIAS DE GINÁSTICA E MUSCULAÇÃO NA CIDADE DO RECIFE/PE

Emanoel Silva de Amorim
 Kássia Benevides Martins Gomes
 Girlândia de Moraes Sampaio
 Paula dos Santos Cunha Boumann
 Diogo Cavalcanti Oliveira
 José Allef Ferreira Dantas
 Ana Maria Batista Farias
 Hugo Leonardo França Silva
 Thiago Araújo de Menezes
 Arthur Henrique Neves Baptista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318017>

CAPÍTULO 897

COMPARAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA UTILIZANDO ENVOLTÓRIAS DE RUPTURA LINEAR E CURVA. CASO DE ESTUDO MEDELLÍN – COLÔMBIA

Eduardo Montoya Botero
 George Fernandes Azevedo
 Hernán Eduardo Martinez Carvajal
 Edwin Fabian Garcia Aristizabal
 Newton Moreira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318018>

CAPÍTULO 9 107

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRAS DE COCO A GESSO DE FUNDIÇÃO

Karina Paula Barbosa de Andrade Lima
 Deborah Grasielly Cipriano da Silva
 Ana Luíza Xavier Cunha
 Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti
 Felipe Bezerra de Lima
 Jackson José dos Santos
 Eyshila Paloma Costa de Brito
 Lucas Ítalo Santos Gomes
 Francisco das Chagas da Costa Filho

Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo
 José Dantas Neto
 Romildo Morant de Holanda
 Yêda Vieira Póvoas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318019>

CAPÍTULO 10.....121

EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E NA ESTRUTURA DO AÇO TENAX 300IM

Carlos Triveño Rios
 Giselle Primo Samogin
 Debora Christina Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180110>

CAPÍTULO 11 132

EFEITO DO ULTRASSOM NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM CHÁS: UMA REVISÃO

Camila Araújo Costa Lira
 Kamila de Lima Barbosa
 Tereza Raquel Pereira Tavares
 Anayza Teles Ferreira
 Antonia Ingrid da Silva Monteiro
 Maria Rayane Matos de Sousa Procópio
 Marcelo Henrique Raulino Soares Nunes
 Amanda Caúla Fontenele
 Izabel Cristina de Almeida Silva
 Francisca Andressa Rabelo da Silva França
 Andreson Charles de Freitas Silva
 José Diogo da Rocha Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180111>

CAPÍTULO 12.....141

OS DESAFIOS DO GESTOR DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE PEQUENO PORTE

Alessandro Dias
 Maykon Aurélio Alves
 Natanael Oliveira
 Mayara dos Santos Amarante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180112>

CAPÍTULO 13.....161

POTENCIAL DE APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ

Marcela Trojahn Nunes
 Fabiele Schaefer Rodrigues
 Jocenir Boita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180113>

CAPÍTULO 14..... 169

REPLACEMENT OF CONVENTIONAL VEHICLES WITH ELECTRIC ONES ON THE MACROMETRÓPOLE PAULISTA: ENERGETIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS FOR THE HORIZON OF 2030

Guilherme Pedroso
João Marcos Pavanelli
Raiana Schimer Soares
Célio Bermann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180114>

CAPÍTULO 15.....203

UMA REFLEXÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA GEOMECÂNICA PARA A ENGENHARIA DE PETRÓLEO

Elias Enes de Oliveira
Melissa Alves Fernandes
Geraldo de Souza Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180115>

CAPÍTULO 16..... 215

FISSURAÇÃO NO CONCRETO ARMADO: POSSÍVEIS CAUSAS E TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO

Amanda Fernandes Pereira da Silva
Diego Silva Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180116>

SOBRE A ORGANIZADORA225**ÍNDICE REMISSIVO.....226**

APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO DO MELHOR TRATAMENTO PARA A BORRA OLEOSA GERADA NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

Data de aceite: 02/01/2023

Wanderbeg Correia de Araujo

<http://lattes.cnpq.br/0048712613178365>

Haron Calegari Fanticelli

<http://lattes.cnpq.br/8587699224680121>

Jose Oduque Nascimento de Jesus

<http://lattes.cnpq.br/2444287966598848>

Artur Saturnino Rodrigues

<http://lattes.cnpq.br/9909221262743848>

RESUMO: O crescimento econômico e consequente aumento de demanda por bens de consumo vem gerando um crescente problema relacionado ao gerenciamento de resíduos sólidos tanto no Brasil como no mundo. Aliado a isso, existe o fato de não existirem materiais abundantes quando se trata de resíduos sólidos industriais. Esta realidade motivou este trabalho, que tem como objetivo principal a determinação da melhor alternativa para o tratamento da borra oleosa proveniente de uma empresa petroquímica. Para esta determinação foi utilizado o método de análise multi-critério AHP (*Analytic Hierarchy Process*), bastante utilizado em situações de tomadas de decisão onde é preciso levar em

consideração a experiência das pessoas. Desta forma, para a realização da estrutura hierárquica das alternativas e critérios, foi necessário a presença de especialistas da área de meio ambiente da empresa. A hierarquização das alternativas de tratamento abordadas no trabalho produziu como resultado final a pirólise como sendo a alternativa mais adequada ao problema em questão, com 41% de preferência frente às outras alternativas citadas no trabalho. Com os resultados obtidos pelas matrizes de comparação do método, foi possível concluir que há um aumento da preocupação por parte das empresas em relação ao gerenciamento de resíduos e seus possíveis impactos ao meio ambiente. Outra conclusão, porém, é que no Brasil ainda há a necessidade de crescer com relação à pesquisa e desenvolvimento na área de gerenciamento de resíduos sólidos industriais para que haja mais opções de tratamento e que estas sejam mais acessíveis.

PALAVRAS-CHAVE: Método AHP, Resíduos sólidos, borra oleosa, Tecnologias para o tratamento de borra oleosa.

APPLICATION OF AHP METHOD TO AID IN THE DECISION MAKING OF BEST TREATMENT FOR OIL SLUDGE GENERATED BY PETROCHEMICAL INDUSTRY

ABSTRACT: The economic growth and the consequent increase in the demand for consumer goods has been generating a growing problem related to the management of solid waste both in Brazil and around the world. Allied to this, is the fact that there are no abundant material when it comes to industrial solid waste. This reality motivated this work, which main objective is to determine the best alternative for the treatment of oily sludge from a petrochemical company. For this determination, the AHP (Analytic Hierarchy Process) multi-criterion analysis method was used, widely used in decision-making situations where people's experience needs to be taken into account. Thus, to carry out the hierarchical structure of the alternatives and criteria, it was necessary the presence of specialists of the environmental area of the company. The hierarchy of the treatment alternatives addressed in this work produced as a final result the pyrolysis as being the most adequate alternative to the problem in question, with 41% preference over the other alternatives cited in the study. With the results obtained by the matrices of comparison of the method, it was possible to conclude that there is an increase of the concern on the part of the companies in relation to the waste management and its possible impacts to the environment. Another conclusion, however, is that in Brazil there is still a need to grow in relation to research and development in the area of industrial solid waste management so that there are more and more accessible treatment options.

KEYWORDS: AHP method, Solid waste, oily sludge, oily sludge treatment technologies.

1 | INTRODUÇÃO

A problemática dos resíduos sólidos no Brasil e no mundo é um tema muito abordado atualmente. O crescimento da economia e o consequente aumento da demanda por produtos de consumo vem gerando um aumento significativo na geração de resíduos. Com esse aumento, uma questão importante passa a se fazer presente: O que fazer com esses resíduos? Quando falamos então de resíduos industriais a questão fica ainda mais complexa devido ao seu grau de periculosidade.

Os resíduos de origem oleosa, muitas vezes presentes em indústrias petroquímicas, são considerados perigosos e com um potencial alto de contaminação do ar, solo e corpos hídricos. Dentre eles, a borra oleosa recebe especial atenção de acordo com Cerqueira (2011), visto que esta se caracteriza como resíduo perigoso, podendo ter em sua composição compostos tóxicos e carcinogênicos que trazem malefícios não só ao meio ambiente como à população também. Dessa forma, se faz necessária uma análise metódica da escolha para a destinação e/ou tratamento do mesmo, de forma que o resíduo não represente mais um problema à saúde e ao meio ambiente.

Atualmente existem diversos métodos de análise de decisão multi-critério que auxiliam na tomada da decisão. Nesse contexto, o método de análise hierárquica (AHP) se mostra como um método promissor. Por ser um método que leva em consideração o conhecimento e experiência de especialistas, o AHP tem sido bastante utilizado em

problemas de gerenciamento de resíduos, que geralmente são problemas complexos e com escolhas de certa forma subjetivas. De acordo com Frasson (2011), a ferramenta permite a modelagem do problema em uma estrutura hierárquica, tendo como resultado a alternativa mais indicada baseado nos critérios escolhidos para a avaliação.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

O objetivo geral deste estudo é a utilizar do método AHP para determinação da melhor alternativa de tratamento/destinação do resíduo da borra oleosa de uma indústria petroquímica

1.1.2 Específicos

- Definir quais seriam as alternativas viáveis para destinação do resíduo da borra oleosa da indústria Petroquímica;
- Definir quais seriam os critérios mais importantes a serem utilizados para ponderar sobre o processo de escolha da melhor alternativa.
- Determinação do melhor tratamento para o resíduo da borra oleosa gerada na indústria Petroquímica

1.2 Estrutura do trabalho

Além desta introdução, o trabalho é dividido em outras quatro partes principais. O capítulo dois apresenta o referencial teórico da pesquisa, no qual se discute a problemática das indústrias e os resíduos sólidos no meio ambiente, a indústria petroquímica e o problema da borra oleosa, bem como discutir as principais formas de tratamento/destinação desse resíduo. Além disso, nessa seção, apresentou-se o método AHP.

No terceiro capítulo expõe os procedimentos metodológicos que foram empregados na pesquisa, caracterizando o tipo da pesquisa, a coleta dos dados, bem como definir os critérios e alternativas para tomada de decisão pelos especialistas na empresa estudada.

O quarto capítulo apresenta os resultados e a discussão da aplicação do método AHP na pesquisa. Por fim, no quinto capítulo, são feitas as conclusões finais do trabalho, apontando as vantagens e limitações deste, bem como sugestões para trabalhos futuros.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A indústria petroquímica e a borra oleosa

Segundo Cerqueira (2011) a indústria petroquímica gera em seus processos produtivos uma quantidade considerável de resíduos sólidos. Dentre esses resíduos, um

que requer bastante atenção por parte das produtoras e dos órgãos ambientais é a borra oleosa. Por se tratar de um resíduo classificado como classe I pela Associação Brasileira de normas Técnicas – NBR 10004, a borra é considerada um resíduo perigoso e que necessita monitoramento de seu tratamento e/ou disposição.

A composição da borra oleosa é complexa e segundo Cerqueira (2011) depende do processo produtivo da unidade, tipo de separação água e óleo utilizado, dentre outros. No entanto, geralmente essa borra é composta basicamente por água, óleo e sólidos suspensos, e de acordo com Islam (2015), algumas das principais fontes de borra oleosa em plantas petroquímicas são sedimentos de fundo de tanque e resíduo de separador água e óleo.

De acordo com Islam (2015) estima-se que podem ser produzidos mais de 60 milhões de toneladas de borra oleosa por ano. Além disso, é esperado que a geração de borra cresça nos próximos anos devido à alta demanda de produtos vindos do petróleo, o que acende um alerta ainda maior para essa questão.

2.2 Principais tratamentos para resíduos sólidos

Existem diversos tipos de tratamento/disposição de resíduos, alguns deles são descritos abaixo:

2.2.1 Gaseificação

A gaseificação consiste em uma combustão parcial a altas temperaturas com deficiência de oxigênio, e envolve reações entre o carbono e o oxigênio com formação de gás de síntese (CO_2 , CO , CH_4 , H_2). De acordo com Soni e Naik (2016), na gaseificação o resíduo deixa de ser algo inútil, visto que os gases formados podem ser utilizados como combustível para gerar eletricidade ou vapor.

2.2.2 Incineração

Segundo Tocchetto (2005), a incineração consiste em uma combustão do material com excesso de oxigênio a temperaturas elevadas. O tratamento visa reduzir o volume do resíduo, tornando-o inerte e gerando energia. De acordo com Marchezetti et al. (2011) a redução de volume de resíduo pode chegar a 99% do volume inicial.

2.2.3 Pirólise

Conforme dito por Muniz (2004) a pirólise consiste em uma decomposição do resíduo através do calor e na ausência ou com o mínimo de oxigênio, de forma a agregar valor ao resíduo. Durante o processo, diferente da incineração, não há combustão do resíduo, e a quase ou total ausência de oxigênio inibe a formação de dioxinas e furanos.

Segundo Leme et al. (2017), o processo consiste em três etapas principais: a etapa

de secagem, onde os resíduos são aquecidos para a retirada da umidade; a etapa de pirolise, onde são alcançadas temperaturas de até 1600°C e onde ocorre a decomposição dos compostos do resíduo, gerando uma fração sólida (carbonizada) e uma fração gasosa; e a etapa de condensação dos gases provenientes da etapa anterior, onde são separados os gases não condensáveis da fração líquida.

2.2.4 Co-processamento

De acordo com Tocchetto (2005) o co-processamento consiste em um processo onde o resíduo é incinerado nos fornos de cimento, servindo como combustível para o processo, e as cinzas geradas são incorporadas ao clínquer, matéria prima para produção de cimento. Dessa forma, é possível observar que o método de co-processamento não só reduz a quantidade de resíduo como reutiliza o resíduo gerado durante o processo, evitando a necessidade de destinação.

2.3 Analytic Hierarchy Process (AHP)

2.3.1 Objetivos do método AHP

A ideia principal do método de análise hierárquica, mais conhecido pela sua sigla em inglês AHP (*Analytic Hierarchy Process*), é ser um método de apoio à tomada de decisão em problemas com múltiplos critérios. Ao nos depararmos com um problema, um gesto comum à natureza humana é o de procurar por alternativas para a resolução desse problema. Para fazer a escolha correta geralmente avaliamos essas alternativas baseados em determinados critérios, que ao serem ponderados nos levam a escolha final. Nesse contexto, o método AHP trabalha com o mesmo raciocínio, porém, ao invés de ficar restrito ao campo das ideias ele se estende para o campo da matemática. Desta forma, segundo Frasson (2011), o método se baseia no princípio de que a experiência humana é tão importante quanto os dados disponíveis, e, portanto, é necessário a presença de especialistas no assunto para que a decisão tomada seja a mais adequada para o problema.

2.3.2 Etapas do método AHP

Segundo Saaty (2008), para tomar uma decisão de forma organizada é necessário destrinchar a decisão nas seguintes etapas: definição do problema, estruturação da hierarquia da decisão, construção de uma matriz de comparação par a par, atribuição de pesos às prioridades.

2.3.3 O método AHP e sua aplicação em resíduos sólidos

De acordo com Goulart et al. (2017) o crescimento populacional, a urbanização e o desenvolvimento econômico tem levado a uma preocupação crescente com relação

ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Por ter se tornado um tema demasiadamente discutido, as decisões que levam em conta fatores ambientais, segundo Huang et al. (2011) são geralmente complexas e exigem uma análise multidisciplinar. Dessa forma, segundo Huang et al. (2011), se faz necessário o uso de uma estrutura sistemática que nos permita organizar e analisar os dados de forma mais assertiva para a tomada de uma decisão.

Nesse contexto surge a análise de decisão multi-critério (MCDM ou MCDA), que segundo Huang et al. (2011) é uma metodologia que através da combinação dos dados com informações de custo/benefício e visões das partes interessadas visa classificar as alternativas disponíveis. Dentro das análises de multi-critério existem diversos métodos diferentes, cada um com suas vantagens e desvantagens.

O estudo feito por Goulart et al. (2017) utiliza 260 artigos relacionados ao uso de métodos MCDM no gerenciamento de resíduos sólidos, que foram obtidos através de diversas bases de pesquisa como Science Direct, Scopus, Wiley Online Library, entre outros. Para analisar todos os artigos foi necessário identificar palavras chave que consideravam determinados aspectos como: tipo de métodos MCDM, tipo de resíduo, objetivo do trabalho, entre outros. Além disso, para evitar erros no processo de análise dos dados, a divisão dos artigos de acordo com as palavras chave foi feita por dois pesquisadores de forma separada, e posteriormente em casos de divergências esses pontos eram discutidos. (GOULART *et al.*, 2017)

Outro estudo analisado neste trabalho foi o de Huang et al. (2011). O estudo teve o objetivo de fazer uma revisão bibliográfica dos artigos publicados que utilizaram métodos MCDA aplicado à área de meio ambiente. A grande maioria dos artigos selecionados foram retirados da base de dados da Web of Science (WOS), além do Journal of Multi-criteria decision analysis e Integrated Environmental Assessment and Management. A pesquisa foi feita associando a palavra-chave “MCDA” e refinada pelo assunto “meio ambiente”, do ano de 1990 até 2010 e contou com um total de 312 artigos. Os artigos que datam de 1990 a 2000 foram utilizados somente para a análise de tendência histórica, enquanto que os artigos que datam de 2000 a 2010 foram classificados para posteriores análises. As classificações feitas por Huang et al. (2011) se resumem a três categorias: método MCDA utilizado, área de aplicação e ferramentas complementares.

Em um terceiro estudo feito por Achillas et al. (2013) é feita uma revisão bibliográfica de artigos publicados que aplicam métodos MCDA na resolução de problemas de gerenciamento de resíduos. As publicações são classificadas de acordo com o método MCDA, ano de publicação e tipo de resíduo (Achillas et al., 2013). Além disso, diferente dos dois outros estudos mencionados, Achillas et al. (2013) faz ainda um outro agrupamento das publicações, separando-as em publicações que falam sobre os tipos de tratamento e disposição final do resíduo

Na publicação de Goulart et al. (2017) foi constatado que em 35% dos artigos analisados o método AHP foi utilizado, representando a maioria dos casos. Já no estudo

feito por Huang et al. (2011) do total de publicações analisadas 48% utilizaram o método AHP, enquanto que na revisão bibliográfica feita por Achillas et al. (2013) 34% dos artigos analisados aproximadamente utilizava o método AHP, sendo este, portanto o método mais utilizado.

A partir dos estudos analisados podemos perceber que o método AHP tem sido muito utilizado quando o assunto é resíduo sólido. Um exemplo de estudos publicados é o de Marchezetti et al. (2011). Os autores aplicaram o método AHP para a determinação da destinação mais adequada para os resíduos sólidos domiciliares gerados pelos municípios que fazem parte da região metropolitana de Curitiba. Nesse trabalho foram selecionados 11 critérios e 7 alternativas de destinação, e como resultado da aplicação do método foi definido que a reciclagem era a melhor alternativa neste caso. A autora salienta também que para cada cenário diferente será necessário comparar as tecnologias em função da nova condição adotada e, portanto, cada resultado é único, mesmo que leve em consideração as mesmas alternativas.

Já em outro estudo feito por Frasson (2011), o método AHP é utilizado como suporte para a tomada de decisão acerca da melhor alternativa para o tratamento e destinação de lodo biológico de agroindústrias. O trabalho foi aplicado em duas agroindústrias, uma de café solúvel e outra de processamento e embalagem de grão e cereais. A escolha das alternativas e critérios contou com a colaboração de especialistas de ambas as empresas e foram determinadas três alternativas e seis critérios. Para a primeira indústria e o resultado obtido como melhor alternativa foi a incineração com recuperação de energia, com 49% de preferência. Já para o segundo caso a alternativa considerada como mais adequada foi a disposição em solo agrícola, com 39% de preferência. Como conclusão do trabalho, o autor atesta que o método se mostrou simples e de fácil uso, permitindo que o objetivo do trabalho fosse alcançado.

Segundo Goulart et al. (2017), a predominância do método AHP em detrimento dos outros métodos existentes é devido à sua adequação aos tipos de problemas de gerenciamento de resíduos sólidos, pois o método permite que a parte interessada atribua pesos aos critérios e alternativas, o que no contexto do gerenciamento de resíduos é de frequente necessidade. Além disso, segundo Huang et al. (2011), a ampla utilização do método AHP nos temas relacionados ao meio ambiente, principalmente no gerenciamento de resíduos sólidos, pode estar relacionado com a disponibilidade de softwares que possibilitam o uso do método de forma fácil.

As revisões feitas por Goulart et al. (2017) e Huang et al. (2011) mostram um crescimento considerável de publicações que utilizam métodos de MCDM na área ambiental nos últimos anos. Huang et al. (2011) acreditam que esse crescimento pode ser devido ao aumento da complexidade dos problemas, bem como da disponibilidade de informações e da necessidade de uma tomada de decisão mais bem embasada. Dessa forma, é possível esperar um aumento promissor no uso dos métodos MCDM na área ambiental.

3 | MÉTODO

3.1 Caracterização da Pesquisa

O trabalho em questão tem o intuito de mostrar de forma prática como o método AHP pode ser uma ferramenta importante para tomada de decisão até mesmo em locais complexos como a indústria petroquímica. A partir dos resultados obtidos pelos questionários elaborados, e baseado nos critérios escolhidos, será possível chegar a um resultado que nos dará a informação de qual a melhor alternativa para tratamento de um resíduo muito comum da indústria petroquímica, a borra oleosa.

O trabalho consistiu basicamente em três pontos principais. A primeira etapa consistiu em um estudo acerca do tema resíduos sólidos e mais especificamente os tratamentos e destinações existentes atualmente para a borra oleosa. A segunda etapa do trabalho consistiu em estudar o método AHP. Por fim, a última etapa consistiu na aplicação do método AHP, a partir dos resultados obtidos pelos questionários para o resíduo em questão e análise dos resultados.

O resíduo abordado no trabalho é proveniente de uma indústria petroquímica localizada no polo petroquímico de Camaçari. A primeira e segunda etapas do método AHP, que consistem na escolha das alternativas e critérios e na aplicação do questionário, foram realizadas com o auxílio de especialistas da área da empresa em questão. Dessa forma, foram realizadas duas reuniões com a equipe. Na primeira reunião foi realizado um *brainstorming* para a escolha das alternativas e critérios. Já na segunda reunião os especialistas responderam os questionários de forma que as escolhas das notas (considerando a escala numérica de Saaty) foram dadas em conjunto.

Por fim, com os resultados obtidos através dos questionários foi possível a implementação do método AHP para a escolha da melhor alternativa de tratamento para o resíduo.

3.2 Coleta de dados

Os dados foram obtidos através de questionários elaborados pela autora. Para o preenchimento desses questionários foi requisitado que três engenheiros químicos que trabalham na área de meio ambiente da empresa utilizada no estudo de caso da pesquisa participassem. Os especialistas têm conhecimento no assunto e conhecem bem todas as alternativas apresentadas no trabalho.

O questionário consiste em uma série de tabelas onde os especialistas devem indicar, par a par, quais critérios eles consideram mais importantes, quais alternativas em relação a determinado critério eles acreditam ser mais importantes e qual o nível dessas importâncias. Os questionários podem ser vistos nos anexos 1 e 2.

3.3 Aplicação do Método AHP na empresa alvo de estudo

Para a aplicação do método foi necessário passar os dados obtidos pelos questionários para as matrizes de comparação paritária. Em seguida, todos os passos do método AHP descritos no capítulo 2.3.2 do presente trabalho foram seguidos.

3.3.1 Critérios e alternativas para tomada de decisão pelos especialistas da empresa estudada

Para a determinação dos critérios e alternativas foram estudados cinco critérios e quatro alternativas. Quanto aos critérios foram escolhidos:

1. Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica): Refere-se à quantidade de poluentes que determinada alternativa gera. Quanto menos poluentes são gerados, mais ambientalmente adequado é o método.
2. Custo de investimento na tecnologia: Refere-se ao custo esperado caso não exista empresa terceira que realize o determinado tratamento ou disposição e seja necessário implementar nova tecnologia na própria planta.
3. Custo com o tratamento: Refere-se aos custos com o tratamento ou destinação do resíduo para aquela alternativa.
4. Fator logístico: Refere-se ao transporte do resíduo até o local de tratamento/destinação.
5. Aproveitamento energético: Refere-se à possibilidade de a tecnologia de tratamento reverter parte do resíduo em energia.

As alternativas escolhidas para o tratamento/destinação da borra oleosa foram abordadas no capítulo 2.2, sendo elas:

1. Gaseificação
2. Incineração
3. Pirolise
4. Co-processamento

3.3.2 Aplicação do método

A aplicação do método seguiu o passo a passo citados no item 2.3.2. Foi realizado estudo acerca das alternativas e critérios considerados adequados para a resolução do problema a serem utilizados e após esse estudo foi possível a criação da estrutura hierárquica. A estrutura hierárquica geral do método é demonstrada na Figura 1.

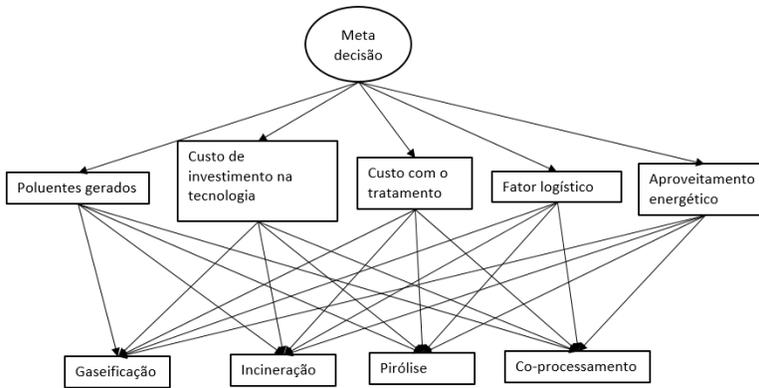


Figura 1: Hierarquização do problema

Fonte: Adaptado de Gartner (2001)

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da metodologia AHP foi possível chegar a um resultado de tratamento mais indicado para o resíduo em questão. O preenchimento do questionário foi feito por uma equipe de três especialistas da área de meio ambiente que trabalham na empresa. Durante as reuniões a equipe discutiu como chegar a uma conclusão nas respostas, o que leva a uma maior confiabilidade nas respostas e menores chances de inconsistência nas mesmas, confirmado nas tabelas de resultado mostradas abaixo.

Os resultados obtidos para a comparação entre os critérios podem ser observados na Tabela 1.

Crítérios	Crítério 1	Crítério 2	Crítério 3	Crítério 4	Crítério 5
Crítério 1	1	5	3	7	5
Crítério 2	1/5	1	1	3	5
Crítério 3	1/3	1	1	5	5
Crítério 4	1/7	1/3	1/5	1	3
Crítério 5	1/5	1/5	1/5	1/3	1

Legenda:

Crítério 1 – Poluentes gerados.

Crítério 2- Custo de investimento na tecnologia.

Crítério 3 – Custo com o tratamento.

Crítério 4 – Fator logístico.

Crítério 5 – Aproveitamento energético.

Tabela 1: Resultado das matrizes de comparação paritária dos critérios

Fonte: O autor (2018)

Em seguida foi feita a normalização das notas e foi calculado o vetor prioridade média local, cujos resultados podem ser observados na Tabela 2.

Critérios	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Prioridade média local
Critério 1	0,533	0,664	0,556	0,429	0,263	0,489
Critério 2	0,107	0,133	0,185	0,184	0,263	0,174
Critério 3	0,178	0,133	0,185	0,306	0,263	0,213
Critério 4	0,076	0,044	0,037	0,061	0,158	0,075
Critério 5	0,107	0,027	0,037	0,020	0,053	0,049
$\lambda_{m\acute{a}x} = 5,391, IC = 0,098, RC = 0,087$						

Legenda:

Critério 1 – Poluentes gerados.

Critério 4 – Fator logístico.

Critério 2- Custo de investimento na tecnologia.

Critério 5 – Aproveitamento energético.

Critério 3 – Custo com o tratamento.

Tabela 2: Normalização dos valores dos critérios e cálculo da prioridade média local

Fonte: O autor (2018)

A prioridade média local mostra qual critério foi considerado como mais importante para os tomadores de decisão e qual a grandeza dessa importância.

É possível observar nas Tabela 2 que todos os valores de índice de consistência se encontram abaixo de 0,1, como recomendado por Saaty (1987), o que significa que as escolhas possuem consistência satisfatória.

A partir dos resultados acima, foi possível observar que dentre os critérios apresentados, o primeiro (Poluentes gerados – 0,489) se mostrou como o mais importante para os especialistas. Nesse critério foi observado a geração de efluente líquido, resíduo sólido e emissão atmosférica. Essa importância dada ao critério de poluentes gerados por parte dos especialistas mostra uma crescente preocupação com os possíveis impactos ambientais causados pela ação humana.

Já o critério de aproveitamento energético foi considerado como menos importante (0,049). Isto porque, o principal intuito desse trabalho é escolher um método termoquímico para tratar o resíduo em questão, focando na mitigação do seu impacto ambiental e não na geração de energia.

Em seguida, a partir das respostas obtidas através do segundo questionário, foi possível obter as seguintes matrizes de comparação para as alternativas (Tabela 3):

Critério 1	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Critério 2	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	7	1/3	5	Alternativa 1	1	3	1/3	5
Alternativa 2	1/7	1	1/9	1/3	Alternativa 2	1/3	1	1/5	1
Alternativa 3	3	9	1	5	Alternativa 3	3	5	1	7
Alternativa 4	1/5	3	1/5	1	Alternativa 4	1/5	1	1/7	1
Critério 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Critério 4	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Alternativa 1	1	1/3	1	1/5	Alternativa 1	1	1/5	1	1/5
Alternativa 2	3	1	3	1/3	Alternativa 2	5	1	5	1
Alternativa 3	1	1/3	1	1/5	Alternativa 3	1	1/5	1	1/5
Alternativa 4	5	3	5	1	Alternativa 4	5	1	5	1
Critério 5	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4					
Alternativa 1	1	7	3	5					
Alternativa 2	1/7	1	1/5	1/3					
Alternativa 3	1/3	5	1	5					
Alternativa 4	1/5	3	1/5	1					

Legenda:

Alternativa 1 – Gaseificação.

Alternativa 3 – Pirólise.

Alternativa 2 – Incineração.

Alternativa 4 – Co-processamento.

Tabela 3: Resultado das matrizes de comparação paritária das alternativas

Fonte: O autor (2018)

Os valores das matrizes foram normalizados e o vetor prioridade média local foi calculado, obtendo como resultado os valores apontados na Tabela 4:

Critério 1	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Prioridade média Local	Critério 2	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Prioridade média Local
Alternativa 1	0,230	0,350	0,203	0,441	0,306	Alternativa 1	0,221	0,300	0,199	0,357	0,269
Alternativa 2	0,033	0,050	0,068	0,029	0,045	Alternativa 2	0,074	0,100	0,119	0,071	0,091
Alternativa 3	0,691	0,450	0,608	0,441	0,548	Alternativa 3	0,662	0,500	0,597	0,500	0,565
Alternativa 4	0,046	0,150	0,122	0,088	0,101	Alternativa 4	0,044	0,100	0,085	0,071	0,075
$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,179, IC = 0,060, RC = 0,066$						$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,083, IC = 0,028, RC = 0,031$					
Critério 3	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Prioridade média Local	Critério 4	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Prioridade média Local
Alternativa 1	0,100	0,071	0,100	0,115	0,097	Alternativa 1	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Alternativa 2	0,300	0,214	0,300	0,192	0,252	Alternativa 2	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
Alternativa 3	0,100	0,071	0,100	0,115	0,097	Alternativa 3	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
Alternativa 4	0,500	0,643	0,500	0,577	0,555	Alternativa 4	0,375	0,375	0,375	0,375	0,375
$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,044, IC = 0,0145, RC = 0,0161$						$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,000, IC = 0, RC = 0$					
Critério 5	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Prioridade média Local						
Alternativa 1	0,597	0,438	0,682	0,441	0,539						
Alternativa 2	0,085	0,063	0,045	0,029	0,056						
Alternativa 3	0,199	0,313	0,227	0,441	0,295						
Alternativa 4	0,119	0,188	0,045	0,088	0,110						
$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,235, IC = 0,078, RC = 0,087$											

Legenda:

Alternativa 1 – Gaseificação.

Alternativa 3 – Pirólise.

Alternativa 2 – Incineração.

Alternativa 4 – Co-processamento.

Tabela 4: Normalização dos valores das alternativas e cálculo da prioridade média local

Fonte: O autor (2018)

Assim como na matriz de comparação dos critérios (Tabela 3), nas de comparação das alternativas também foi observado que todos os índices de consistência ficaram abaixo de 0,1.

Durante a reunião com os especialistas, foi possível observar que o critério que mais apresentou dificuldade na determinação das notas para a comparação das alternativas foi o de custo de investimento, o que se deve ao fato da falta de informação precisa com relação a esses valores, principalmente quando se trata de escala industrial. Dessa forma, para a determinação das notas para as alternativas com relação ao custo de investimento na tecnologia foi necessário recorrer à literatura aliada à experiência dos especialistas.

Quando se fala no critério poluentes gerados, considerado como critério mais importante, a alternativa que obteve maior nota foi a pirólise, seguida da gaseificação. Essas alternativas obtiveram maiores notas pois, por serem tecnologias que utilizam pouco ou nenhum oxigênio no seu processo, tem chances muito menores de emanarem gases tóxicos quando comparado às outras duas alternativas.

Já quando se fala no critério fatores logísticos, as alternativas co-processamento e incineração obtiveram as maiores notas. Isso se deve ao fato de existirem unidades de tratamento das alternativas mencionadas próximo à empresa alvo de estudo na pesquisa, o que reduz bastante os possíveis problemas relacionados a fatores logísticos.

Por fim, com as prioridades médias locais calculadas para os critérios e para as alternativas, foi possível encontrar o vetor decisão, mostrado na Tabela 5:

Crítérios/ Alternativas	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Vetor decisão
Vetor critérios	0,489	0,174	0,213	0,075	0,049	
Alternativa 1	0,306	0,269	0,097	0,125	0,539	0,253
Alternativa 2	0,045	0,091	0,252	0,375	0,056	0,122
Alternativa 3	0,548	0,565	0,097	0,125	0,295	0,410
Alternativa 4	0,101	0,075	0,555	0,375	0,110	0,214

Tabela 5: Cálculo do vetor decisão

Fonte: A autora (2018)

Desta forma, a partir dos dados obtidos pela Tabela 5, é possível ordenar as alternativas da seguinte forma, onde a primeira colocada foi a que obteve melhor pontuação pelos especialistas, sendo assim a mais indicada como destinação:

- 1º. Pirólise (41,0%)
- 2º. Gaseificação (25,3%)
- 3º. Co-processamento (21,4%)
- 4º. Incineração (12,2%)

Como é possível observar, a alternativa que obteve maior nota foi a Pirólise. A tecnologia de Pirólise possui diversas vantagens quando comparada às outras alternativas. O fato de as reações na Pirólise ocorrerem de forma que praticamente não há geração de gases tóxicos faz com que ela obtenha notas muito maiores frente às outras alternativas no quesito “Poluentes gerados”, o que impactou bastante no resultado final. Além disso, de acordo com Marchezetti et al. (2011) o custo com a implementação da tecnologia se apresenta como o mais baixo.

Porém, o método ainda precisa ser mais estudado em escala industrial para avaliar a viabilidade financeira da implementação da tecnologia na empresa. Desta forma, é aconselhável a realização de um estudo de viabilidade técnica e financeira anteriormente

à aplicação da solução.

5 | CONCLUSÕES

Muitas vezes nos deparamos com problemas onde a decisão a ser tomada depende de muitos fatores, inclusive humanos, o que torna a tomada de decisão complicada. Nesse contexto, a realização do trabalho possibilitou o conhecimento mais aprofundado de uma técnica que visa exatamente aliar fatores não exatos, como a opinião das pessoas, à uma técnica matemática.

Durante a realização do trabalho, principalmente na etapa de revisão bibliográfica, foi observado uma falta de material disponível quando se restringia a busca à área industrial. Nesse contexto o sucesso do presente trabalho se apresenta como um incentivo à utilização do método AHP na indústria.

O uso da metodologia de AHP se mostrou adequada para ser utilizada em situações complexas onde a experiência e conhecimento das pessoas precisam ser levados em consideração. Como resultado final a pirólise foi escolhida como melhor alternativa e o resultado obtido foi satisfatório, comprovando que o uso do método AHP para o gerenciamento de resíduos sólidos é eficaz.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros:

- Realização de análise mais aprofundada de viabilidade econômica para a implementação de unidade de pirolise na empresa
- Utilização de outro método Multi-Critério e comparação dos resultados
- Aplicação do método AHP para outras situações de tomada de decisão na empresa

REFERÊNCIAS

ACHILLAS, C.; MOUSSIOPOULOS, N.; KARAGIANNIDIS, A.; BANIAS, G.; PERKOULIDIS, G. The use of multi-criteria decision analysis to tackle waste management problems: A literature review. *Waste Management and Research*, v.31, n.2, p.115–129, 2013.

CERQUEIRA, V. S. (2011). *Biorremediação de borra oleosa proveniente de indústria Petroquímica em microcosmos*. Porto Alegre, 2011. 213p. (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola e do Ambiente/UFRGS).

ENGINEERS, N. B. C. *Handbook on Recycling and Disposal of •Hospital Waste •Municipal Solid Waste •Biomedical Waste •Plastic Waste*. NIIR PROJECT CONSULTANCY SERVICES, 1999.

- FRASSOM, A. C. Escolha de Alternativa Tecnológica para Tratamento e destino final de Lodo Gerado no Tratamento de Efluentes Líquidos de Agroindústrias com base no Método AHP. Londrina, 2011. 86.p.(Mestrado – Programa de Pós em Engenharia de Edificações e Saneamento/UEL)
- GARTNER, I. R. *Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas*. Brasília – DF. Editora Universa. 2001.
- GOULART C. L. M.; LANGE, L. C.; COELHO, H. M. Multi-criteria decision making to support waste management: A critical review of current practices and methods. *Waste Management & Research*, v.35, n.1, p.3–28, 2017.
- HUANG, I. B., KEISLER, J., & LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, v.409, n.19, p.3578–3594, 2011.
- ISLAM, B. Petroleum sludge, its treatment and disposal: A review. *International Journal of Chemical Sciences*, v.13, n.4, p.1584–1602, 2015.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner et al. (Eds.). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, U.S. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- MARCHEZETTI, A. L.; KAVISKI, E.; BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. *Ambiente Construído*, v.11, n.2, p.173–187, 2011.
- MARTINS, M. C. Método de análise hierárquica aplicado ao planejamento de uma rede óptica passiva. São Paulo, 2015. 83p. (Graduação – Departamento de Engenharia Elétrica e Computação/USP).
- MORGADO, T. C.; FERREIRA, O. M. Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos, Aproveitamento na Cogeração de Energia. Estudo para a Região Metropolitana de Goiânia. *Revista da Engenharia Ambiental da Universidade Católica de Goiás, Goiânia, GO*, v. 2, p.1-18, 2006.
- OLIVEIRA, C. A.; BELDERRAIN, M. C. N. Considerações sobre a Obtenção de Vetores de prioridade no AHP. In: Encontro Nacional de Docentes, 2008, Posadas. Anales do EPIO, 2008. v. 1.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v.1, n.1, 83, 2008.
- SAATY, R. W. The analytic hierarchy process-what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, v.9, n.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, 1990.
- SANTOS, P. C. Recentes impactos da Indústria Petroquímica sobre o parque de refino. Rio de Janeiro, 2008. 144p. (Mestrado - Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos/UFRJ)
- SOUTO, L. B. Modelo de apoio multicritério à decisão aplicado à destinação de resíduos sólidos industriais. São José dos Campos, 2014. 188p. (Mestrado – Mestrado profissional em Produção/ITA)

APÊNDICE

Apêndice 1: Questionário da importância dos critérios

Critério 1	Importância	Critério 2	Critério 2	Importância	Critério 4
Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Custo de investimento na tecnologia	Custo de investimento na tecnologia	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Fator Logístico
Critério 1	Importância	Critério 3	Critério 2	Importância	Critério 5
Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Custo com o tratamento	Custo de investimento na tecnologia	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Aproveitamento energético
Critério 1	Importância	Critério 4	Critério 3	Importância	Critério 4
Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Fator Logístico	Custo com o tratamento	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Fator Logístico
Critério 1	Importância	Critério 5	Critério 3	Importância	Critério 5
Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Aproveitamento energético	Custo com o tratamento	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Aproveitamento energético
Critério 2	Importância	Critério 3	Critério 4	Importância	Critério 5
Custo de investimento na tecnologia	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Custo com o tratamento	Fator Logístico	<input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Muito forte <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Extrema <input type="checkbox"/>	Aproveitamento energético

Apêndice 2: Questionário da importância das alternativas

Critério 1: Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)			Critério 1: Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)			Critério 1: Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 2	Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4
Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Inclusão	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 2: Custo de investimento na tecnologia			Critério 2: Custo de investimento na tecnologia			Critério 2: Custo de investimento na tecnologia		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 2	Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4
Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Inclusão	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 3: Custo com o tratamento			Critério 3: Custo com o tratamento			Critério 3: Custo com o tratamento		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 2	Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4
Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Inclusão	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 4: Fator logístico			Critério 4: Fator logístico			Critério 4: Fator logístico		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 2	Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4
Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Inclusão	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 5: Aproveitamento energético			Critério 5: Aproveitamento energético			Critério 5: Aproveitamento energético		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 2	Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4
Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Inclusão	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Classificação	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	

Critério 1: Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)			Critério 1: Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)			Critério 1: Poluentes gerados (Resíduos, efluente, emissão atmosférica)		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4	Alternativa 3	Importância	Alternativa 4
Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento	Próxima	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 2: Custo de investimento na tecnologia			Critério 2: Custo de investimento na tecnologia			Critério 2: Custo de investimento na tecnologia		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4	Alternativa 3	Importância	Alternativa 4
Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento	Próxima	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 3: Custo com o tratamento			Critério 3: Custo com o tratamento			Critério 3: Custo com o tratamento		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4	Alternativa 3	Importância	Alternativa 4
Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento	Próxima	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 4: Fator logístico			Critério 4: Fator logístico			Critério 4: Fator logístico		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4	Alternativa 3	Importância	Alternativa 4
Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento	Próxima	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	
Critério 5: Aproveitamento energético			Critério 5: Aproveitamento energético			Critério 5: Aproveitamento energético		
Alternativa 1	Importância	Alternativa 3	Alternativa 1	Importância	Alternativa 4	Alternativa 3	Importância	Alternativa 4
Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Próxima	Inclusão	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento	Próxima	<input type="checkbox"/> Igual	Co-processamento
	<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada			<input type="checkbox"/> Moderada	
	<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte			<input type="checkbox"/> Forte	
	<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte			<input type="checkbox"/> Muito forte	
	<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema			<input type="checkbox"/> Extrema	

A

Acessibilidade arquitetônica 87

Aço ferramenta 121, 124, 128, 129

Análise avançada 77, 84, 85

Artificial intelligence 57, 58, 59, 60, 65, 66, 68, 73, 74, 76

Autonomous vehicle 58, 59

Avaliação pós ocupação 87

B

Borra oleosa 39, 40, 41, 42, 46, 47, 53

C

Chuvas 98

Cinza de casca de arroz 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168

CO₂ emissions 169, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 183, 185, 188, 189, 190, 191, 194, 195, 196, 197

Competitividade 2, 141, 142, 150, 198

Cristobalita 161, 165, 167

D

Desafios 38, 141, 142, 143, 146, 147, 148, 151, 156, 158, 159, 204, 205

Desenvolvimento 2, 6, 7, 20, 30, 31, 37, 39, 43, 54, 87, 88, 95, 105, 120, 141, 142, 145, 147, 148, 159, 167, 198, 205, 206, 213

E

Eixo de menor inércia 77, 79, 81, 83, 84, 85

Electric vehicle 169, 171, 179, 200, 201

Empresa 1, 2, 39, 41, 46, 47, 48, 52, 53, 109, 123, 141, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 201

Energy consumption 169, 170, 174, 181, 182, 185, 188, 189, 190, 191, 192, 195

Engenharia 6, 8, 9, 12, 13, 20, 21, 22, 24, 29, 30, 31, 38, 54, 57, 85, 86, 87, 96, 106, 118, 119, 120, 121, 130, 132, 141, 142, 143, 144, 146, 157, 164, 168, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 219, 224, 225

Engenharia de Petróleo 203, 204, 205, 209, 210, 212, 213, 214

Ensino em engenharia 30

Envoltória curva 97, 98, 104

Equações diferenciais ordinárias 30

Ergonomia 87, 88, 90, 91, 93, 95, 96

Escorregamentos 97, 98, 99, 100

Extração de fitoquímicos 133

F

Fator de segurança 12, 97, 98, 99, 102, 105

Fibra natural 108, 110

Fissuras 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224

G

Geomecânica 101, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214

Gesso de fundição 107, 108, 110, 113, 115, 117

Gestão 1, 2, 3, 4, 38, 86, 119, 120, 141, 144, 146, 147, 148, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159

I

Impacto 14, 15, 17, 49, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 141, 142, 150

Índice de confiabilidade 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 26, 27, 79, 80, 84

Interdisciplinaridade 30, 37, 38

M

Macrometrópole Paulista 169, 172, 176, 197, 199

Matriz curricular 203, 209, 210

Mecânica das rochas 203, 204, 206, 208, 209, 210, 211

Método AHP 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 53, 54

Método Monte Carlo 5, 10

Modos de falha 5, 8, 18

P

Patologias 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224

Polifenóis 133, 134, 136, 138, 139

Pórtico de aço 77

Precision agriculture 58, 65

Probabilidade de falha 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 77, 79, 80, 83, 84

Processos empresariais 1

Q

Qualidade 1, 2, 3, 4, 86, 87, 88, 89, 93, 95, 96, 122, 133, 134, 139, 144, 146, 148, 152, 154, 161, 162, 167, 218

R

Resíduos sólidos 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 53, 54, 55, 120

Resistência dos materiais 8, 9, 30, 31, 38

Resistência mecânica 108, 116, 117

S

SiO₂ 161, 165, 166, 167

Superfície de estado limite 5, 7

T

Tecnologias para o tratamento de borra oleosa 39

Tenacidade 121, 122, 128, 130

TENAX 300IM 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129

U

Unmanned aerial vehicle 58

Urban transport 169, 170, 198

ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA- RIAS:

Pesquisa, desenvolvimento
e inovação 3



-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br