



**Cleverson Flor da Rosa  
Franciele Bonatto  
João Dallamuta  
(Organizadores)**

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias 3**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Cleverson Flor da Rosa**  
**Franciele Bonatto**  
**João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Impactos das Tecnologias nas Engenharias**

## **3**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

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)

I34 Impactos das tecnologias nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Cleveson Flor da Rosa, Franciele Bonatto, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 3)

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-85-7247-193-0  
DOI 10.22533/at.ed.930191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Rosa, Cleveson Flor da. II. Bonatto, Franciele. III. Dallamuta, João. IV. 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.

2019

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

Esta obra é composta por pesquisas realizadas por professores de cursos de engenharia e gestão. Optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Esta obra temos aspectos de gestão aplicada, em análises econômicas, de ambiente de negócios, análise de confiabilidade, mapeamento de processos e qualidade. Também são abordadas pesquisas nas áreas de construção e urbanismo. Todos os trabalhos com discussões de resultados e contribuições genuínas em suas áreas de conhecimento.

Boa leitura

Cleverson Flor da Rosa  
Franciele Bonatto  
João Dallamuta

# UMA ABORDAGEM MULTIDISCIPLINAR

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NO AMBIENTE REGULATÓRIO E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO DO PRÉ-SAL	
<i>João Sílvia Semolini Olim</i>	
<i>Johnson Herlich Roslee Mensah</i>	
<i>Jamil Haddad</i>	
<i>Roberto Akira Yamachita</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>11</b>
ANÁLISE DO MAPA DO FLUXO DE VALOR EM UMA FARMÁCIA HOSPITALAR DE VITÓRIA DA CONQUISTA – BA	
<i>Carla Monique Rocha dos Santos</i>	
<i>Adelma Costa Cordeiro</i>	
<i>Cinara Gomes dos Santos</i>	
<i>Iggor Lincolln Barbosa da Silva</i>	
<i>Juliana Cristina de Souza</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ANÁLISE ECONÔMICA DA INJEÇÃO DE ÁGUA EM CAMPOS MADUROS NA REGIÃO DA BACIA POTIGUAR UTILIZANDO UM MODELO BIDIMENSIONAL	
<i>Talles André Moraes Albuquerque</i>	
<i>Jardel Dantas da Cunha</i>	
<i>Keila Regina Santana Fagundes</i>	
<i>Antônio Robson Gurgel</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>38</b>
APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DE ANÁLISE DE FALHA - FMEA NA INSTALAÇÃO DE BOMBEIO CENTRÍFUGO SUBMERSO (BCS) EM CAMPOS MADUROS ONSHORE NA BACIA DO RECONCAVO	
<i>Jeanderson de Souza Mançú</i>	
<i>Luiz Eduardo Marques Bastos</i>	
<i>Raymundo Jorge de Sousa Mançú</i>	
<i>Graciele Cardoso Mançú</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>48</b>
APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO (CEP) COMO MÉTODO DE CONTROLE DA QUALIDADE PARA A SECAGEM DE CAFÉ	
<i>Uilla Fava Pimentel</i>	
<i>Gildeir Lima Rabello</i>	
<i>Willian Melo Poubel</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9301915035</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
LEVANTAMENTO COMPARATIVO SERGIPE VS BRASIL DO CONSUMO, COMERCIALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO GÁS NATURAL AO LONGO DE 10 ANOS	
<i>Rai Melo de Oliveira</i>	
<i>Thereza Helena Azevedo Silva</i>	

*Marcela de Araújo Hardman Côrtes*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915036**

**CAPÍTULO 7 ..... 63**

REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

*Renan Pires de Araújo*

*Adrião Duarte Dória Neto*

*Andrés Ortiz Salazar*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915037**

**CAPÍTULO 8 ..... 70**

BIOPROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS PARA MANUFATURA DE BIODIESEL

*Débora da Silva Vilar*

*Milson dos Santos Barbosa*

*Isabelle Maria Duarte Gonzaga*

*Aline Resende Dória*

*Lays Ismerim Oliveira*

*Luiz Fernando Romanholo Ferreira*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915038**

**CAPÍTULO 9 ..... 85**

USO DO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA HIERARQUIZAÇÃO DE MÉTODOS DE MENSURAÇÃO DO GRAU DE APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

*Arthur Felipe Echs Lucena*

*Luci Mercedes De Mori*

**DOI 10.22533/at.ed.9301915039**

**CAPÍTULO 10 ..... 102**

SEGURANÇA DO TRABALHADO EM CAMPOS PETROLÍFEROS ONSHORE DA BACIA SERGIPE-ALAGOAS: PERCEPÇÕES SOBRE TERCEIRIZAÇÃO, ACIDENTES OMITIDOS E PROCEDIMENTOS ADEQUADOS

*Milson dos Santos Barbosa*

*Débora da Silva Vilar*

*Aline Resende Dória*

*Adyson Barboza Santos*

*Elayne Emilia Santos Souza*

*Luiz Fernando Romanholo Ferreira*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150310**

**CAPÍTULO 11 ..... 113**

A INFLUÊNCIA DA ERGONOMIA EM MELHORIAS PRODUTIVAS UTILIZANDO A EQUAÇÃO NIOSH

*Emerson da Silva Moreira*

*Luiz Eduardo Nicolini do Patrocinio Nunes*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150311**

**CAPÍTULO 12 ..... 131**

SIMULAÇÃO DA ONDA COMPRESSIONAL APLICADO EM MODELOS DIGITAIS DE ROCHAS

*Gracimário Bezerra da Silva*

*José Agnelo Soares*

*Leopoldo Oswaldo Alcázar Rojas*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150312**

**CAPÍTULO 13 ..... 142**

MULTIÁREAS DA ENGENHARIA ELÉTRICA COMO CONTEÚDOS COMPLEMENTARES APLICADOS À REDE PÚBLICA DE ENSINO

*Hélvio Rubens Reis de Albuquerque*  
*Raimundo Carlos Silvério Freire*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150313**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

DESENVOLVIMENTO DE BANCADA PARA INVESTIGAÇÃO DE HIDRODEMOLIÇÃO EM AMBIENTES PRESSURIZADOS

*Lidiani Cristina Pierri*  
*Rafael Pacheco dos Santos*  
*Jair José dos Passos Junior*  
*Anderson Moacir Pains*  
*Marcos Aurélio Marques Noronha*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150314**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

DELTA NOB

*Andressa Regina Navas*  
*Leticia Tieppo*  
*Renan Ataide*  
*Guilherme Legramandi*  
*Ludmilla Sandim Tidei de Lima Pauleto*  
*André Chaves*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150315**

**CAPÍTULO 16 ..... 171**

AValiação comparativa entre métodos de aferição do teor de umidade em peças de madeira de dimensões reduzidas

*João Miguel Santos Dias*  
*Florêncio Mendes Oliveira Filho*  
*Alberto Ygor Ferreira de Araújo*  
*Sandro Fábio César*  
*Rita Dione Araújo Cunha*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150316**

**CAPÍTULO 17 ..... 180**

NOVA TÉCNICA DE ESCAVAÇÕES DE MICROTÚNEIS: ANÁLISE DE DESLOCAMENTOS NO MACIÇO DE SOLO UTILIZANDO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

*Lidiani Cristina Pierri*  
*Rafael Pacheco dos Santos*  
*Jair José dos Passos Junior*  
*Wagner de Sousa Santos*  
*Marcos Aurélio Marques Noronha*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150317**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

UTILIZAÇÃO DA BORRACHA DE PNEU COMO ADIÇÃO EM FORMATO DE FIBRA PARA O TIJOLO ECOLÓGICO.

*Gabrieli Vieira Szura*  
*Andressa Zanelatto Venazzi*  
*Adernanda Paula dos Santos*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150318**

**CAPÍTULO 19 ..... 215**

ANÁLISE DOS CRITÉRIOS DE ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM ÁGUAS PROFUNDAS

*Geovanna Cruz Fernandes*

*Douglas Bitencourt Vidal*

*Carla Salvador*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150319**

**CAPÍTULO 20 ..... 224**

A EXPLORAÇÃO DAS AREIAS BETUMINOSAS DO CANADÁ: UM EXEMPLO DE RESERVATÓRIO NÃO CONVENCIONAL

*Paulo Sérgio Lins da Silva Filho*

*Fabiano dos Santos Brião*

**DOI 10.22533/at.ed.93019150320**

**SOBRE OSA ORGANIZADORES ..... 233**

## REDE NEURAL DE ELMAN APLICADA NA PREVISÃO DE PREÇOS DE COMBUSTÍVEIS

### Renan Pires de Araújo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Engenharia de Petróleo  
Natal – Rio Grande do Norte

### Adrião Duarte Dória Neto

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Departamento de Computação e Automação  
Natal – Rio Grande do Norte

### Andrés Ortiz Salazar

Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Engenharia de Petróleo  
Natal – Rio Grande do Norte

**RESUMO:** Com o advento dos carros flex, os motoristas puderam escolher com qual combustível abastecer seus carros, etanol ou gasolina. Esta novidade trouxe benefícios para o consumidor principalmente no tocante ao lado financeiro, pois, mesmo sendo consumido mais rápido, dependendo do preço nas bombas, é mais vantajoso escolher o etanol que a gasolina. Assim, este trabalho tem como objetivo principal treinar uma rede neural para realizar a previsão dos preços de venda do etanol e da gasolina a fim de verificar em que meses um ou outro combustível é mais econômico. Para isto foi treinada uma rede de Elman com dados retirados da ANP, cujos resultados indicaram

que de abril a outubro de 2015 foi mais rentável escolher o álcool e de novembro de 2015 a março de 2016, a gasolina.

**PALAVRAS-CHAVE:** previsão, rede neural, combustível.

**ABSTRACT:** With the advent of flex cars, the drivers have been able to choose which fuel to fill in their cars, either ethanol or gasoline. This novelty brought benefits for the consumer principally related to the financial side, because, even being consumed faster, depending on the price at the pump stations, it is more profitable to choose the ethanol than the gasoline. So, paper has as the main objective to train a neural network to realize a forecast of the ethanol's and gasoline's selling prices to verify in which months one or another fuel is more economic. For this purpose, it was trained an Elman network with data extracted from ANP, whose results indicated that from April 2015 to October 2015 it was more profitable to choose the alcohol and from November 2015 to March 2016 the gasoline.

**KEYWORDS:** forecast, neural network, fuel.

### 1 | INTRODUÇÃO

Com a crise do petróleo na década de 1970, os países procuraram introduzir em suas

matrizes energéticas outras fontes de combustíveis para seus veículos ou então aperfeiçoar e ampliar o uso destes combustíveis, caso suas tecnologias já existissem. No caso do Brasil, uma das opções foi o desenvolvimento do programa Pró-Álcool, que visava a inserção do etanol na matriz energética veicular. Porém, segundo Ferreira [2009], no final dos anos 1980, percebeu-se que a oferta de etanol para abastecimento no Brasil estava sendo reduzida, forçando os donos de carros a álcool converterem seus carros a fim de serem movidos a gasolina, iniciando, de certa forma, o conceito de carros flex – denominação dada aos carros que podem ser abastecidos tanto com gasolina quanto com etanol, culminando com o primeiro protótipo em 1994 e acesso aos consumidores em 2003.

De acordo com Brum *et al.* [2015], a gasolina é mais econômica para o abastecimento em veículos frente ao etanol devido ao seu maior rendimento energético, mesmo apresentando preço de venda maior, porém, no quesito ambiental, o abastecimento com etanol é mais recomendado, pois sua queima libera vapor d'água, enquanto que a queima da gasolina libera compostos poluentes, como o metano e o gás carbônico. Como o fator de escolha do combustível, na maioria das vezes, é o preço relativo entre a gasolina e o etanol, o uso de ferramentas matemáticas e computacionais auxiliaria na decisão.

Uma rede neural artificial é um modelo computacional que visa simular o cérebro humano. Para tal, o conhecimento é adquirido por meio do treinamento da rede e armazenado nas sinapses na forma de vetores pesos [PASCHOALINO *et al.*, 2007]. A Figura 1 ilustra a comparação entre o neurônio biológico, presente no cérebro humano, e o neurônio artificial, presente na rede neural.

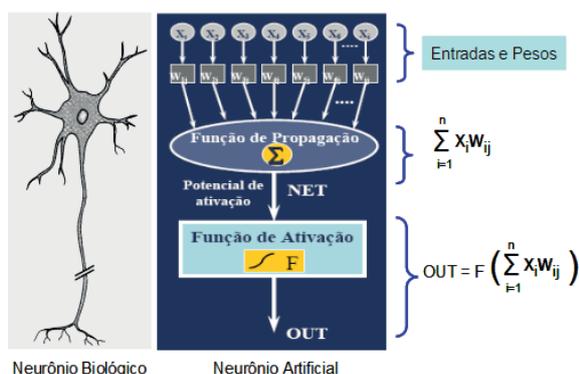


Figura 1: Similaridade entre os neurônios biológico e artificial.

Fonte: Paschoalino *et al.*, 2007.

As informações de diversos neurônios da vizinhança são recebidas na camada de entrada (dendritos), ponderadas com relação ao seu peso sináptico (potencial elétrico), somados e, ao atingir certo valor limite, o sinal é propagado através da sinapse para outro neurônio, após a aplicação da função de ativação.

Duas propriedades atrativas da aplicação das redes neurais na resolução de

problemas são a capacidade de generalização (pode generalizar o resultado do treinamento para outros dados de entrada similares) e a habilidade de aproximação universal de funções (a partir de um conjunto de treinamento, descobrir a função que rege os dados de entrada por meio da saída) [MENEZES JÚNIOR & BARRETO, 2011]. Estas duas habilidades são importantes na previsão de séries temporais, visto que, quando aplicado em situações reais, como cotação do dólar ou demanda energética, a função que rege o sistema não é conhecida e o próximo valor é dependente do anterior.

As redes de Elman são redes neurais recorrentes, que são sistemas dinâmicos com propriedades sensitivas a sequências temporais. Este tipo de rede apresenta na camada de entrada neurônios adicionais, chamados de unidades de contexto, que interagem exclusivamente com outros neurônios das camadas ocultas da rede [ANDRADE & SILVA, 2011]. A Figura 2 ilustra uma rede neural de Elman.

Para entender a estrutura de uma rede de Elman, considere uma sequência de entradas a serem processadas e um relógio que regula a apresentação das entradas para a rede neural. Além disso, os valores iniciais das unidades de contextos são escolhidos. A partir disso, o processamento da rede consistiria na seguinte sequência de eventos.

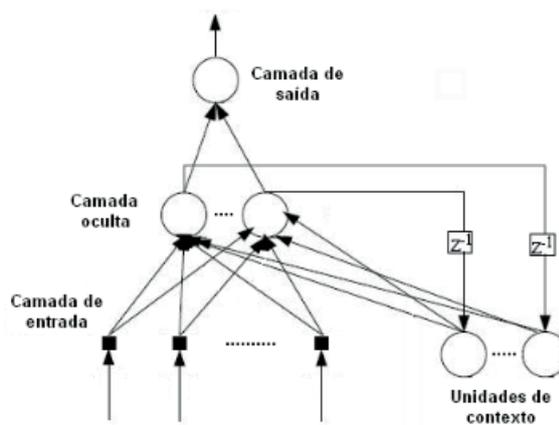


Figura 2: Modelo de rede neural de Elman.

Fonte: Andrade & Silva, 2011.

Segundo Andrade & Silva [2011], no tempo  $t$ , a camada de entrada recebe a primeira entrada da sequência, que dependendo do problema pode ser um valor escalar ou um vetor. Tanto a camada de entrada como as unidades de contexto ativam a camada oculta que, por sua vez, ativa a camada de saída, como também ativam de volta as unidades de contexto. Dependendo da tarefa, pode ou não ocorrer uma fase de aprendizado nesse ciclo de tempo. Caso ocorra o treinamento, as saídas obtidas são comparadas com as saídas desejadas e o erro propagado de volta é usado para o ajuste dos pesos sinápticos, ao passo que os pesos das conexões recorrentes apresenta valor fixo igual a 1.

No passo seguinte de tempo ( $t + 1$ ), a sequência é repetida, com o fato de que as unidades de contexto contêm, agora, valores que são exatamente os valores da camada oculta no tempo anterior  $t$ .

O objetivo deste trabalho é utilizar uma rede neural de Elman para a previsão de preços de etanol e gasolina e, através de um tomador de decisão, indicar qual o combustível mais barato para o abastecimento de um carro flex.

## 2 | METODOLOGIA

As amostras de preços dos combustíveis foram obtidas dos boletins mensais da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, disponíveis no site da instituição, do período de abril de 2010 a março de 2016, totalizando 72 amostras, das quais as 60 primeiras, correspondentes ao período abril de 2010 a março de 2015, foram utilizadas para o treinamento da rede de Elman, enquanto que as 12 restantes, referentes ao período de abril de 2015 a março de 2016, foram usadas para a verificação da capacidade preditiva da rede. Esta divisão de amostras foi adotada para os dois combustíveis analisados (gasolina e etanol hidratado).

Com relação às redes, fez-se uso do *Neural Network Toolbox*, do *software* MATLAB 2010. Inicialmente objetivou-se identificar as quantidades de neurônios das camadas ocultas. Para isso, foi adotado o processo de tentativa e erro, tendo como critério de escolha aquela quantidade que promovesse a melhor resposta em comparação com a curva resultante das amostras empregadas para verificação. Foi utilizada apenas uma camada oculta.

Com o intuito de verificar qual combustível, entre gasolina e etanol, um motorista deveria escolher para abastecer seu veículo de passeio a fim de economizar, foi realizado o seguinte cálculo, já amplamente divulgada e de conhecimento público: multiplicou-se o valor da gasolina por 0,7 e, caso o valor obtido fosse superior ao preço do etanol, escolhe-se o etanol; por outro lado, se fosse inferior, deve-se escolher a gasolina [BRUM *et al.*, 2015].

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os preços da gasolina foram realizadas 6 tentativas, para 5, 8, 10, 11, 12 e 15 neurônios, cujas respostas estão ilustradas na Figura 3. Inicialmente foram testadas redes com 5, 10 e 15 neurônios na camada oculta, sendo observado que o melhor resultado de predição no momento foi obtido com 10 neurônios. Em seguida, foram testados valores intermediários (8 e 12 neurônios), que resultou no melhor ajuste, ainda mais que o obtido com 10 neurônios, quando adotados 12 neurônios. A opção de usar 11 neurônios foi para verificar se a resposta alcançada seria ainda melhor que

a com 10 e 12 neurônios, fato que não correspondeu com a expectativa.

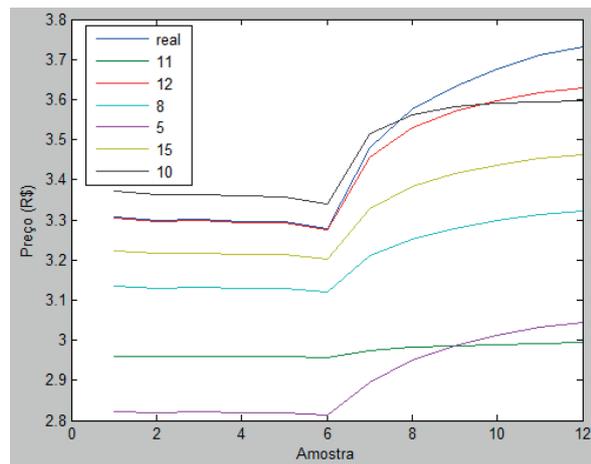


Figura 3: Comparação das curvas obtidas para a gasolina.

Fonte: Autor.

Por meio da Figura 3 foi possível verificar que a predição dos preços da gasolina foi mais bem realizada quando se empregou 12 neurônios na camada oculta da rede de Elman, visto que a rede conseguiu prever o valor das 6 amostras iniciais de verificação e apresentou um erro relativo máximo de 2,7 % nas 6 amostras restantes.

Para os preços do etanol hidratado foram realizadas 6 tentativas, para 10, 11, 12, 13, 14 e 15 neurônios. A Figura 4 ilustra as curvas dos melhores resultados obtidos para a predição dos preços do etanol, sendo que o resultado mais próximo foi alcançado com a utilização de 15 neurônios, com erro relativo máximo de 1,40 %.

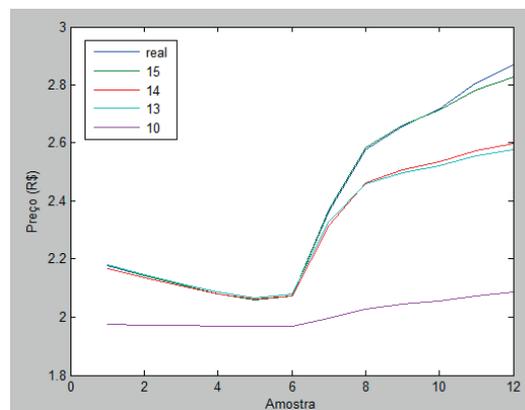


Figura 4: Comparação das curvas obtidas para o etanol.

Fonte: Autor.

A Figura 5 ilustra o gráfico dos preços empregados como os padrões usados para a simulação das redes da gasolina, após a multiplicação, e do etanol.

Como pode-se ver, durante os meses de abril de 2015 até outubro do mesmo ano, foi mais rentável para os motoristas o abastecimento com etanol e nos meses seguintes, relativos aos meses de novembro de 2015 a março de 2016, o abastecimento com gasolina foi o mais rentável.

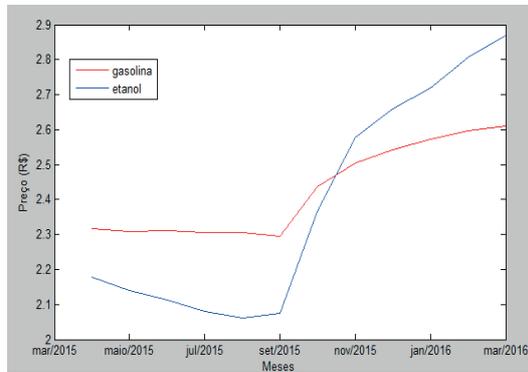


Figura 5: Comparação dos preços reais da gasolina, multiplicado por 0,7, e do etanol.

Fonte: Autor.

A fim de identificar em quais momentos seria conveniente abastecer um carro com gasolina ou com etanol, foi produzido um sistema tomador de decisão com base na regra citada acima. Na Figura 6 está ilustrada a decisão resultante do tomador de decisão sobre que combustível ser comprado, sendo o valor de 0,8 relativo à compra do etanol e 0,2 relativo à compra da gasolina.

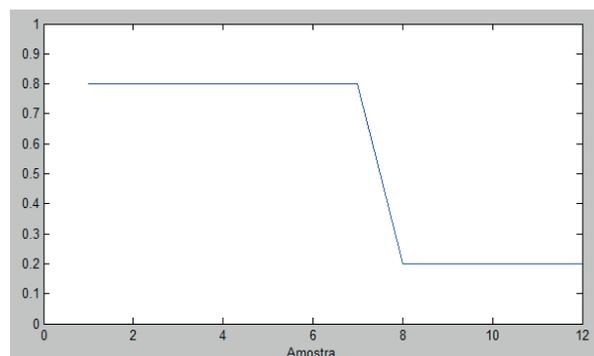


Figura 6: Resultado do tomador de decisão relativo à escolha do combustível.

Fonte: Autor.

De acordo com a Figura 6, assim como identificado anteriormente, nos sete primeiros meses dos meses simulados o abastecimento com etanol foi mais viável economicamente, ao passo que nos cinco meses finais, a gasolina foi o combustível de melhor opção.

## 4 | CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos, foi possível observar que as redes neurais de Elman treinadas obtiveram êxito na previsão dos preços dos combustíveis avaliados, com alto nível de acerto, e que, por meio de um sistema tomador de decisão, foi possível a identificação de qual combustível foi mais rentável para abastecer o automóvel nos meses avaliados.

## 5 | AGRADECIMENTOS

À CAPES, à Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e aos meus orientadores do mestrado pela possibilidade de realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, L. C. M.; SILVA, I. N. **Redes neurais recorrentes de Elman para previsão de demanda de energia elétrica no curtíssimo prazo**. Anais do Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, X, São João Del-Rey – MG, 2011.

BRUM, S. F.; SOUZA, C. C.; FAVERO, S.; REIS NETO, J. F.; BONO, J. A. M. **Fatores que influenciam o proprietário de veículo flex fuel da região da Grande Dourados no consumo do combustível etanol**. Revista ADMpg Gestão Estratégica, Congresso Internacional de Administração, 2015.

FERREIRA, F. **Toda inovação contida no “Flex”**. Conhecimento & Inovação, Campinas – SP, v. 5, n. 3, jul./set., ISSN 1984-4395, 2009.

MENEZES JÚNIOR, J. M. P.; BARRETO, G. A. **Extensões da rede recorrente de Elman para predição não-linear de séries temporais caóticas: um estudo comparativo**. Anais da Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações, X, 2011.

PASCHOALINO, F. F.; LOUREIRO, T. Y. C.; MELO, J. C. C. B. S.; BIONDI NETO, L. **Previsão de demanda de energia elétrica no Brasil utilizando redes neurais de Elman**. Anais do Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro – RJ, 2007.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-193-0

