PREVISÃO DE PRODUÇÃO DE ETANOL ANIDRO E HIDRATADO NO BRASIL: APLICAÇÃO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Iris Paulino Cavalcante[1]
Antônio Alisson Pessoa Guimarães [2]
Karine Kelly Lima Da Silva[3]
Artemis Pessoa Guimarães [4]

RESUMO

O uso de recursos renováveis para a geração de energia é uma tendência global. Dentre esses, os biocombustíveis, provenientes da biomassa, se destacam por suas vantagens, como a sustentabilidade e a redução na emissão de poluentes. No Brasil, a produção de etanol desempenha um papel crucial na economia, tornando essencial a realização de estudos que prevejam sua produção para auxiliar na tomada de decisões do setor, especialmente no atendimento à demanda. Ferramentas computacionais, como as Redes Neurais Artificiais (RNA's), surgem como uma alternativa eficaz para a previsão de demandas e outros estudos relacionados. Diante disso, este estudo aborda a aplicação de uma RNA para a predição de produção de etanol anidro e hidratado no Brasil. Foram aplicados dados históricos com periodicidade mensal, obtidos no site da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), da produção de ambos os tipos de etanol em relação aos anos de 2012 à 2023, a fim de gerar dados de previsão com a mesma periodicidade para 60 meses, equivalente a 5 anos. Para atingir esse objetivo, diversos testes foram realizados, e, para determinar a melhor previsão, utilizaram-se como métricas o Erro Quadrático Médio (EQM) e o Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE), que permitem comparar os valores reais com os valores previstos. Os resultados obtidos comprovam a viabilidade do uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs) e ressaltam a importância das ferramentas computacionais em estudos de previsão. Além disso, fornecem dados valiosos que contribuem para o aprimoramento das estratégias de produção de etanol e para uma gestão mais eficaz deste biocombustível.

Palavras-chave: Predição de Etanol; Rede Neural Artificial; Biocombustíveis; Produção.

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus das Auroras, Discente, irispcavalcante@aluno.unilab.edu.br[1]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus das Auroras, Docente, alisson@unilab.edu.br[2]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus das Auroras, Discente, karinek405@gmail.com[3]
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Campus das Auroras, Docente, artemis@unilab.edu.br[4]

ISSN: 2447-6161

INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado mundialmente na produção de etanol, alcançando um recorde histórico em 2023 com 35,4 bilhões de litros produzidos, representando um aumento de 15,5% em relação ao ano anterior, de acordo com o Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2024, publicado pela ANP (2024). Esse crescimento foi impulsionado principalmente pelo aumento da produção de cana-de-açúcar e pela expansão do etanol derivado de milho, atendendo tanto a demanda interna quanto o mercado de exportação (Serviços e Informações do Brasil, 2024).

O etanol produzido no Brasil se divide em duas variações principais: anidro e hidratado. O etanol anidro, que contém menos de 1% de água, é misturado à gasolina em uma proporção de aproximadamente 27%, enquanto o etanol hidratado, com cerca de 5% de água, é utilizado em veículos *flex-fuel* sem misturas adicionais. Ambos os tipos são fundamentais para o setor de biocombustíveis no Brasil, que se beneficia de políticas públicas como o RenovaBio, voltadas para a sustentabilidade e a redução de emissões de gases do efeito estufa (*USDA Foreign Agricultural Service*, 2023).

Dada a importância econômica e energética do etanol, torna-se essencial prever sua produção para otimizar o planejamento energético e a formulação de políticas. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) destaca que analisar as tendências de produção e consumo de etanol é crucial para orientar investimentos e inovações tecnológicas.

Diante do exposto, este estudo busca de prever a produção de etanol anidro e hidratado no Brasil, utilizando-se Redes Neurais Artificiais (RNA's) com base em dados históricos de produção referente aos anos 2012 a 2022, projetando previsões para os próximos cinco anos. Esses resultados visam contribuir para o planejamento energético, políticas públicas e a estabilidade do mercado de etanol.

METODOLOGIA

COLETA DE DADOS E ANÁLISE DA SÉRIE HISTÓRICA

Foram utilizados dados mensais de produção de etanol anidro e hidratado no Brasil, coletados entre 2012 e 2022 a partir do site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Esses dados, que são disponibilizados em metros cúbicos, foram organizados em um arquivo de texto compatível com o software Octave, com todos os valores em uma coluna, utilizando o padrão de numeração inglês. Além disso, foi realizada uma análise de série temporal, destacando a sazonalidade da produção de ambos os tipos de etanol ao longo do período estudado.

PARÂMETROS DA REDE

Ao aplicar dados em uma Rede Neural Artificial (RNA), é fundamental definir parâmetros que estejam de acordo com o volume de dados utilizados. O primeiro parâmetro definido é a "semente", que garante a consistência dos resultados em diferentes testes, permitindo ajustar outros parâmetros para novas iterações. Além disso, os outros parâmetros configurados para ambas as variações de etanol igualmente foram a ordem de predição, o número de saídas, a taxa de aprendizagem, a tolerância e a porcentagem de treinamento, sendo de 90, 1, 0,010, 10^{-11} e 85%, respectivamente. Àqueles que se diferenciaram foram número de camadas ocultas, sendo 2 para o etanol anidro, com 6 e 5 neurônios em cada camada oculta, e 3 para o etanol hidratado, com 6, 6, e 3 neurônios em cada camada oculta. Os ajustes mais frequentes foram feitos em busca de melhores resultados foram o número de camadas ocultas, o número de neurônios em cada camada e a porcentagem de treinamento, enquanto a taxa de aprendizagem foi mantida constante em 10^{-11}.

ISSN: 2447-6161

PROCESSO DE OBTENÇÃO DE RESULTADOS

O processo de obtenção de resultados da RNA é dividido em três etapas distintas. Na primeira etapa, chamada de fase de treinamento, utilizou-se entre 75% e 85% do total de dados para treinar a rede, permitindo-lhe identificar padrões nos dados apresentados. A segunda etapa, conhecida como fase de teste, utilizou o restante dos dados não empregados no treinamento para avaliar o desempenho da rede e verificar se os resultados estavam alinhados com os padrões dos dados reais de produção de etanol anidro e hidratado. Por fim, na fase de previsão foram fornecidas projeções para os próximos 60 meses, com base nas etapas anteriores.

ANÁLISE DE DESEMPENHO

A análise dos resultados foi conduzida com base no Erro Quadrático Médio (EQM), calculado pela rede ao final de cada iteração, para medir a diferença média entre os valores previstos e os valores reais dos dados normalizados. O EQM foi avaliado tanto na fase de treinamento quanto na fase de teste, sendo o menor valor considerado o mais preciso. Além disso, ao final dos testes, o Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE) foi utilizado como métrica adicional de validação, comparando os dados da simulação do ano de 2023 com os dados reais.

Os gráficos gerados durante o processo também foram analisados. Na fase de treinamento, as curvas dos dados reais e simulados foram comparadas, e quanto mais próximas estariam as curvas, melhor seria considerado o resultado. O mesmo critério foi aplicado à fase de teste. Na fase de previsão, comparou-se a série histórica com a previsão gerada, verificando-se se a tendência da previsão seguia a mesma direção da série histórica original, validando a consistência do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

ANÁLISE DA SÉRIE HISTÓRICA

A caracterização da série histórica da produção de etanol em metros cúbicos foi realizada utilizando como base os dados mensais da ANP, referente ao período de 2012 a 2022, e a análise identificou variações sazonais entre os meses de abril e novembro. Além disso, nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste, os períodos de colheita se complementam: na região Centro-Sul, a colheita ocorre de abril a novembro, com pico em agosto, enquanto na região Norte-Nordeste, vai de setembro a abril do ano seguinte. A produção de etanol, apesar da colheita contínua ao longo do ano, é fortemente influenciada pela safra do Centro-Sul, que é cerca de dez vezes maior que a da região Norte-Nordeste (Conab, 2017). Nesse contexto, associa-se que a sazonalidade está diretamente relacionada à colheita de cana-de-açúcar, principal matéria-prima para a produção de etanol.

ERROS UTILIZADOS COMO MÉTRICA

Visando uma melhor avaliação de qual seria o melhor teste dentre os cinco realizados para cada tipo de etanol, foram comparados os Erros Percentuais Absolutos Médios (MAPE's), que relacionavam os 12 primeiros valores de predição fornecidos pela RNA em cada teste, referentes aos meses do ano de 2023, e os dados reais obtidos para este mesmo ano no site da ANP. Dentre os testes realizados, os melhors resultados para o MAPE foram de 27,30% para o etanol anidro e 20,62% para o etanol hidratado. Além disso, foram

ISSN: 2447-6161

observados os Erros Quadráticos Médios (EQMs) tanto da fase de treinamento como da fase de teste.

A convergência do Erro Quadrático Médio (EQM) da fase de treinamento está relacionada ao número de épocas, que representa a quantidade de vezes que os dados foram apresentados à RNA em cada iteração. Isso garantiu que os resultados fossem coerentes com os dados inseridos. Com isso, foram obtidos um EQM de 0,000003 para o etanol anidro e 0,000004 para o etanol hidratado.

Na fase de treinamento, foram utilizados 113 dados, correspondendo a 85% do total, para ambos os tipos de etanol. O desempenho da rede nessa etapa é ilustrado nos gráficos da Figura 01, onde a curva da produção simulada quase se sobrepõe à curva da produção real, indicando um resultado satisfatório.

Imagem 01 – Gráficos da fase de treinamento do Etanol Anidro e Hidratado.



Fonte: própria, 2024.

A Figura 02 mostra a fase de teste, realizada com 19 amostras, equivalentes a 15% do total. Nesse gráfico, observa-se que as curvas da simulação e da produção real são semelhantes, com algumas áreas de maior proximidade e outras com discrepâncias, mas ainda mantendo o mesmo padrão geral.

Figura 02 – Gráficos da fase de treinamento do Etanol Anidro e Hidratado.



Fonte: própria, 2024.

PREDIÇÃO DE 5 ANOS DA PRODUÇÃO DE ETANOL HIDRATADO

A Figura 03 exibe os gráficos das séries históricas mensais, referente aos anos de 2012 à 2022, representada pela curva na cor azul, seguida da previsão mensal para os anos de 2023 ao ano de 2027, representada pela cor vermelha, tanto para o etanol anidro, quanto para o etanol hidratado. Ao comparar as duas curvas, nota-se que a previsão manteve as mesmas características e tendências dos dados originais, validando a precisão do modelo de previsão fornecido pela rede.

Figura 03 – Gráficos de série histórica e previsão de produção do Etanol Anidro e Hidratado.



Fonte: própria, 2024.

CONCLUSÕES

Esta pesquisa teve como foco a construção de uma série histórica de 5 anos para a produção de etanol anidro e hidratado no Brasil, utilizando-se uma Rede Neural Artificial. Ao longo do estudo, foram realizados dez testes, com ajustes contínuos nas configurações da rede, incluindo a tolerância, o número de camadas ocultas e a quantidade de neurônios em cada uma. Foi crucial alcançar um Erro Quadrático Médio (EQM) o mais próximo possível de zero e, posteriormente, encontrar o menor Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE) possível, garantindo maior precisão nos resultados.

ISSN: 2447-6161

Os gráficos também desempenharam um papel fundamental na análise do desempenho da rede neural. Eles foram essenciais para a visualização e compreensão dos dados nas fases de treinamento, teste e previsão, proporcionando uma melhor interpretação dos dados e a necessidade de alteração nos parâmetros da rede.

Por fim, a pesquisa possibilitou uma previsão da produção tanto para o etanol anidro, quanto para o etanol hidratado para o período de 2023 a 2027, com os resultados seguindo um padrão semelhante ao observado nos anos anteriores, viabilizando o uso de RNAs para estudos de previsão.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos à minha orientadora, Profª. Dra. Artemis Pessoa, por me proporcionar a oportunidade de integrar o projeto de pesquisa "Previsão de produção de etanol anidro e hidratado no Brasil: aplicação de Redes Neurais Artificiais". Sua confiança e orientação foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal ao longo dessa jornada.

Também agradeço ao Prof. Alisson Guimarães, por sua constante disponibilidade e paciência em nos guiar, tanto a mim quanto à minha colega de pesquisa, Karine Silva, nos desafios relacionados à aplicação de Redes Neurais Artificiais. Sua dedicação ao ensino foi essencial para nosso progresso. Também devo meu reconhecimento a Karine pela parceria, troca de ideias e apoio mútuo durante todo o processo de pesquisa. A colaboração com ela foi indispensável para a qualidade do trabalho realizado.

Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa intitulada "Análise do cenário brasileiro de biocombustíveis líquidos: previsão de produção via Redes Neurais Artificiais" e executada entre 01 de Setembro de 2023 e 31 de Agosto de 2024, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (Pibic) e Tecnológica (Pibiti), da Unilab.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2024. Rio de Janeiro: ANP, 2024.

SERVIÇOS E INFORMAÇÕES DO BRASIL. Produção de etanol no Brasil cresce com expansão do milho. Serviços e Informações do Brasil, Brasília, 2024.

USDA FOREIGN AGRICULTURAL SERVICE. *Brazil Biofuels Annual Report* 2023. *Washington: USDA*, 2023.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Análise de tendências de produção e consumo de etanol. Brasília: MAPA, 2023.

DE CASTRO, F. C. C.; DE CASTRO, M. C. F. Redes neurais artificiais. Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2001.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar: Safra 2016/17. Quarto levantamento. Brasília, 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br.

ISSN: 2447-6161