



## AVALIAÇÃO DA VISCOSIDADE DE UM MEIO REACIONAL VIA SOFT SENSOR

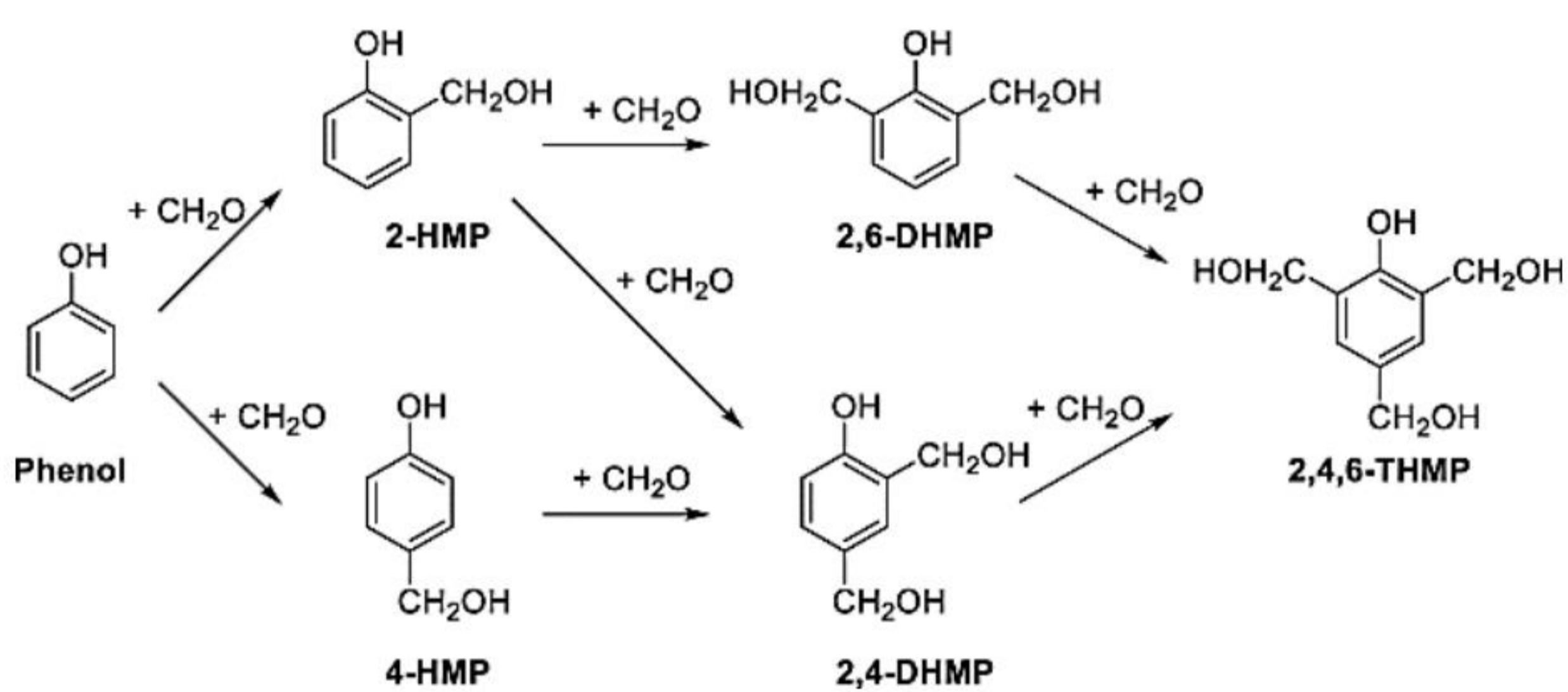
### INTRODUÇÃO

Devido ao crescente avanço do mercado de tintas e resinas, a implementação de tecnologias que possibilitem controle de processos com o intuito de otimização e intensificação faz-se necessária. Dentre essas, é possível citar resinas fenólicas que se destacam pela complexidade de avaliação do grau de conversão da reação e consequentemente a massa molar da resina e viscosidade fator crítico do produto. Neste estudo avaliou-se um sensor virtual para a viscosidade em um meio reacional via redes neurais, no qual temos como resultado a definição de um modelo teórico do comportamento da viscosidade no tempo que representa com alto grau de precisão a viscosidade da resina durante todo o processo.

### METODOLOGIA

Devido o desconhecimento da cinética da reacional e sua sensibilidade ao equilíbrio químico e termodinâmico, a modelagem da reação química (Figura 1), foi realizada no sistema de caixa preta através de redes neurais baseadas no tempo.

Figura 1 – Reação química avaliada



Fonte: Wanderley, 2010

Para que fosse possível correlacionar a viscosidade desejada com as variáveis disponíveis na empresa foram empregadas equações de fenômenos de transporte, operações unitárias e adimensionais como Reynolds e Número de Potência (equações 1 e 2). Essas equações se utilizaram da corrente elétrica (A), para determinar o tipo de impelidor que representa melhor o sistema e posteriormente inferir a viscosidade do meio reacional ao longo do tempo.

$$Re = \frac{\rho ND^2}{\mu}$$

$$N_p = \frac{\dot{W}_l}{\mu}$$

Após a determinação da viscosidade ao longo do tempo em função da corrente, foi introduzida junto a temperatura, no *software* MatLab uma rede neural preditiva para resolução de um modelo matemático baseado no método Levenberg-Marquardt (equação 3). Sendo a resposta uma função que prevê qual é a viscosidade através de um par de ordenadas corrente e temperatura, modelo este que foi otimizado pelo método de Reagan para verificar o número ideal de camadas e tempos de atraso para a rede neural.

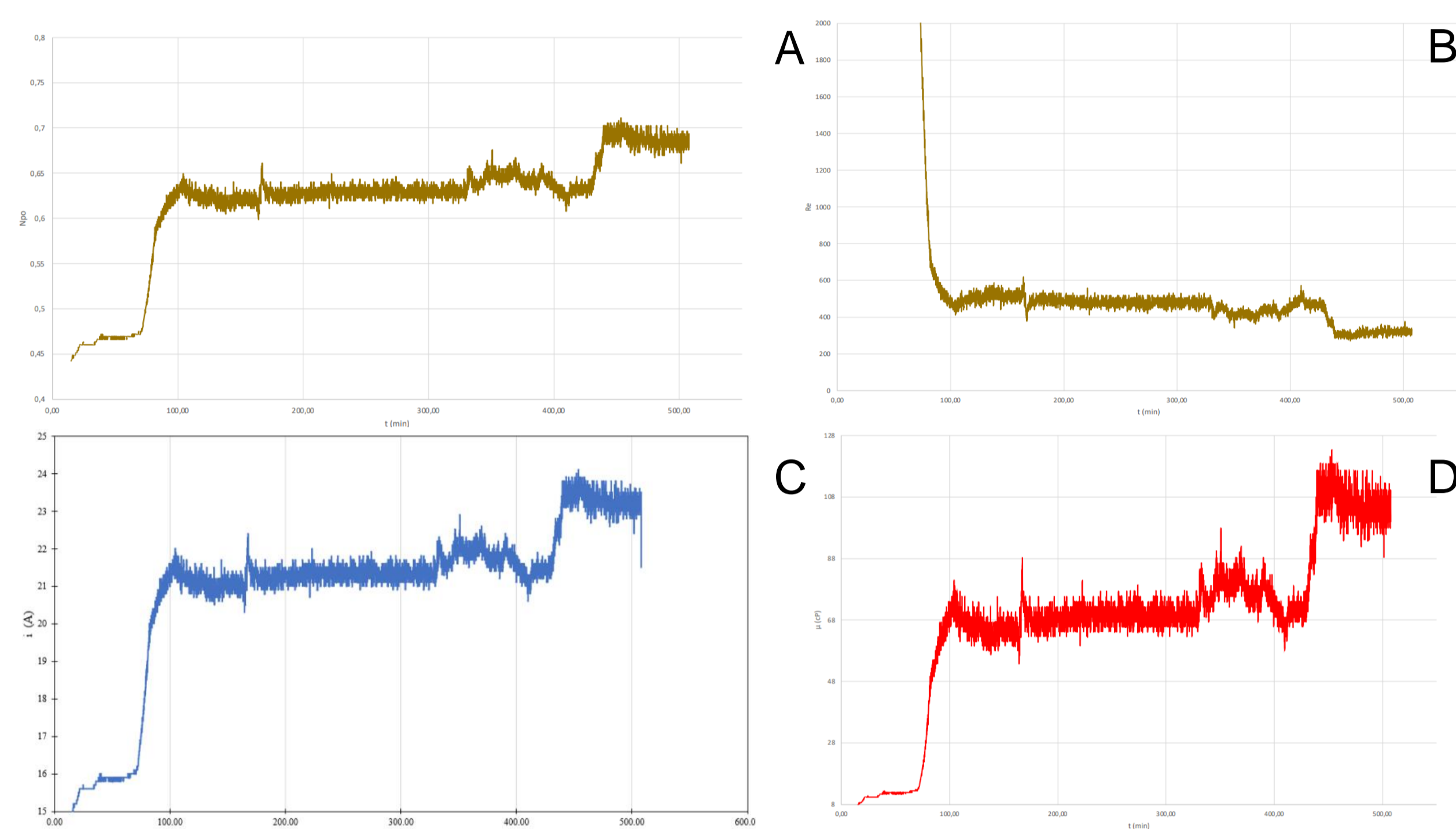
$$E(p) = \sum_{i=1}^N [y_i - f(x_i, p)]$$

Após a determinação da condição ótima da rede, foi feito um teste offline da sensor com novos dados e seu comportamento para com o esperado. Por fim foram implementados filtros de sinal para melhor avaliação da viscosidade, bem como estipulada a correlação de Pearson para determinar a significância do modelo proposto.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi possível determinar o comportamento dos adimensionais ao longo do tempo, bem como o da viscosidade, através da corrente. (Figura 2).

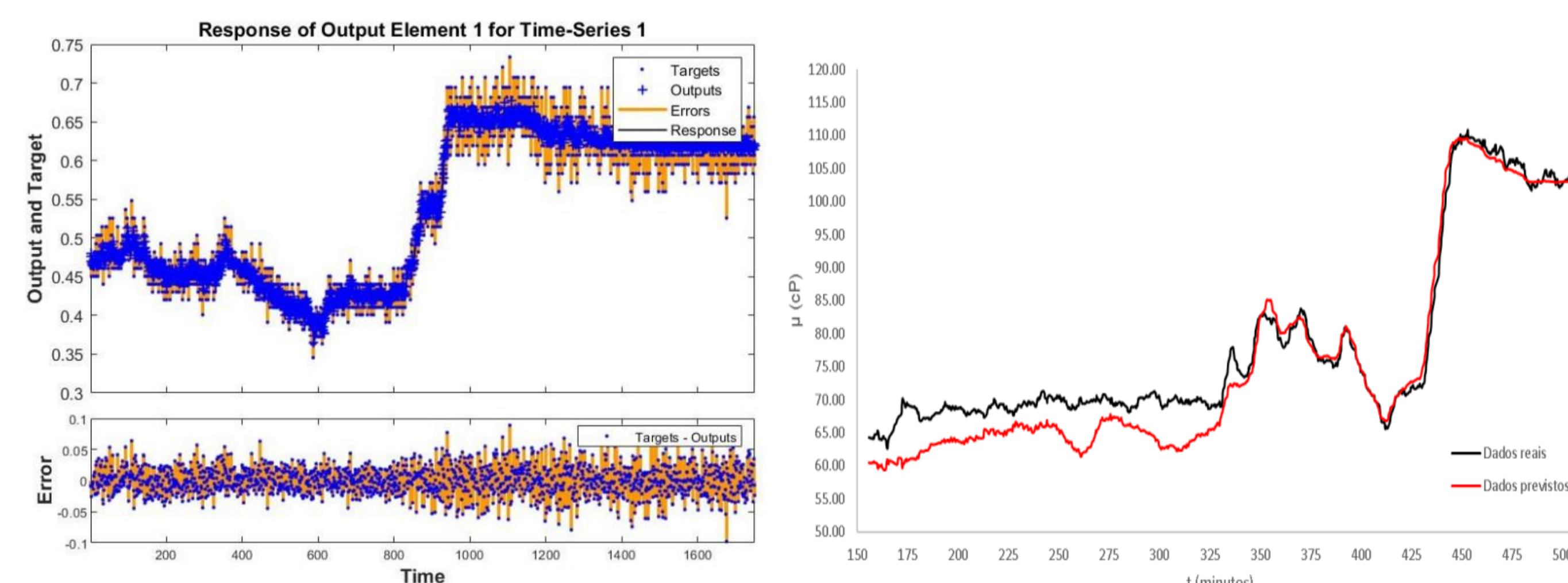
Figura 2 – Comportamento do Número de potência (a), Reynolds (b), corrente (c), viscosidade (d)



Fonte: Autores

Após a implementação da rede neural e sua consequente otimização com uma divisão de 30% de treino dos dados resultou em uma rede com 95,24% de correlação na validação, posteriormente no teste offline a rede apresentou um bom comportamento esperado na reticulação com uma representatividade de 86% (Figura 3)

Figura 3 – Modelo de validação (esquerda), Teste offline do sensor (direita)



Fonte: Autores

### CONCLUSÃO

O desenvolvimento do sensor virtual foi extremamente significativo do ponto de vista de controle de processos ao trazer aspectos da engenharia química junto a megatendências da indústria 4.0, de modo que sua representatividade em treinamento é acima de 95% de significância e em teste real apresentou mais de 85% de acuracidade para com os dados. Esse processo de controle e acompanhamento de processos acarretou custo zero em seu desenvolvimento, apresentando alto grau de escalabilidade para reações complexas e similares a esta estudada.

### REFERÊNCIAS

- [1] WANDERLEY, B. L. Síntese e caracterização de nanocompósitos de fenol-formaldeído reforçados com argila montmorilonita. Orientadora: Maria Lúcia, 2010, 121 f. Dissertação (Mestre em Ciências – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Área de Concentração: Novos Materiais e Química Fina) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.