



Universidade Federal do ABC

Índice de Autorregulação Cerebral pelo método Auto Regressivo com Média Móvel: resultados preliminares

João Vitor do Prado Firmino¹, João Salinet¹, Fernando Silva de Moura¹, Ronney Panerai², Angela Salinet^{1,3}

1. Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC.
2. Departamento de Ciências Cardiovasculares, Universidade de Leicester, Reino Unido.
3. Departamento de Neurologia, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

INTRODUÇÃO

A autorregulação cerebral é um mecanismo responsável por manter o FSC constante apesar da variação da pressão arterial (PA) entre os limites de 60 a 140 mmHg [1,2]. Quantificar a funcionalidade da autorregulação cerebral é uma das formas para direcionar o tratamento e traçar prognósticos melhores para os pacientes, de modo a minimizar os danos secundários e aumentar a qualidade e duração da sobrevida[1].

Este estudo tem como objetivo implementar, em plataforma Matlab, um método de quantificação da autorregulação cerebral utilizando o modelo matemático auto regressivo com média móvel (ARMA). Este método mostrou-se ser menos influenciado pela frequência respiratória e outras variações fisiológicas, reduzindo a variabilidade dos resultados[3,4].

MATERIAIS E MÉTODOS

Os sinais de PA e velocidade de FSC (vFSC) são obtidos pelos aparelhos Finometer PRO Finapres® e Doppler Transcraniano (Doppler -Box, DWL), respectivamente, de sujeitos saudáveis (n=6). Os sinais então são analisados de modo off-line. Após a sincronização e filtragem, é feita a média de cada sinal batimento a batimento para melhor visualização nas variações dos sinais (Figura 1).

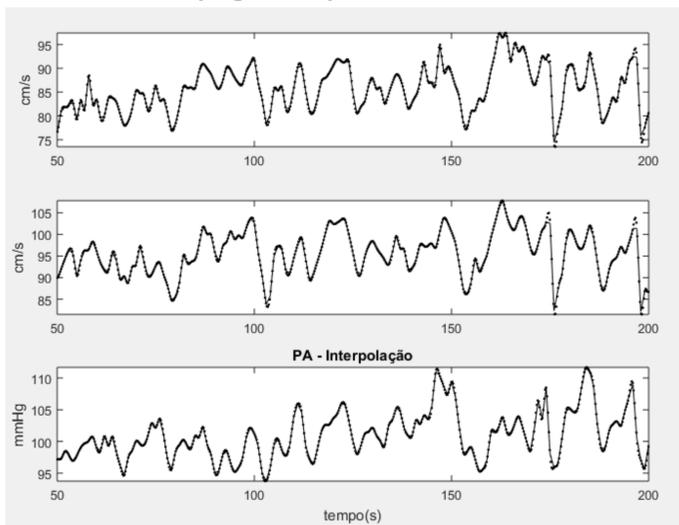


FIGURA 1: Representação da análise batimento a batimento.

O método auto regressivo com medias móveis permite modelar a relação dinâmica entre PA e vFSC utilizando valores passados e presente dos sinais, como segue a equação 1.

$$V(t) = \sum_{i=1}^M a_i V(t-i) + \sum_{j=0}^{Q-1} b_j P(t-j) \quad (1)$$

Onde a_i e b_j são coeficientes reais e são ajustados pelo método dos mínimos quadrados de modo a ajustar o polinômio gerado pelo somatório aos valores de velocidade no tempo presente. Os parâmetros M e Q são as ordens dos modelos AR e MA, sugeridas em serem 2 e 3, respectivamente[4]. Após obter o melhor ajuste para cada segmento dos sinais de PA e vFSC, a função de transferência $H(t)$ é obtida do produto entre a_i e b_j :

$$H(s) = \frac{a_1 s^1 + a_2 s^0}{b_2 s^2 + b_1 s^1 + b_0 s^0} \quad (2)$$

Após é obtido às respostas, durante 10 s, do sistema ao impulso e ao degrau de PA, através da convolução. O padrão temporal da resposta ao degrau caracteriza a eficiência da autorregulação cerebral em cada individuo [5].

E o cálculo do índice de autorregulação (IAR) é obtido comparando a mesma (y_i) com as 10 curvas teóricas (x_i) (Figura 2) e identificando a de menor erro quadrado médio (RMSE)[4], onde i é a amostra no i -ésimo instante (Eq. 3).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{n}} \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O IAR-ARMA foi implementado com sucesso na linguagem Matlab. A Figura 2 ilustra o IAR-ARMA para um sujeito. O gráfico superior apresenta as curvas teóricas do IAR (0 a 9) [5] em conjunto com a curva de resposta ao degrau de PA para o hemisfério cerebral direito (pontilhada de cor preta) e esquerdo (pontilhado de cor vermelha). A sincronização entre os picos máximos é apresentada no gráfico inferior, com a janela de 3 s utilizadas para a estimação do valor de RMSE.

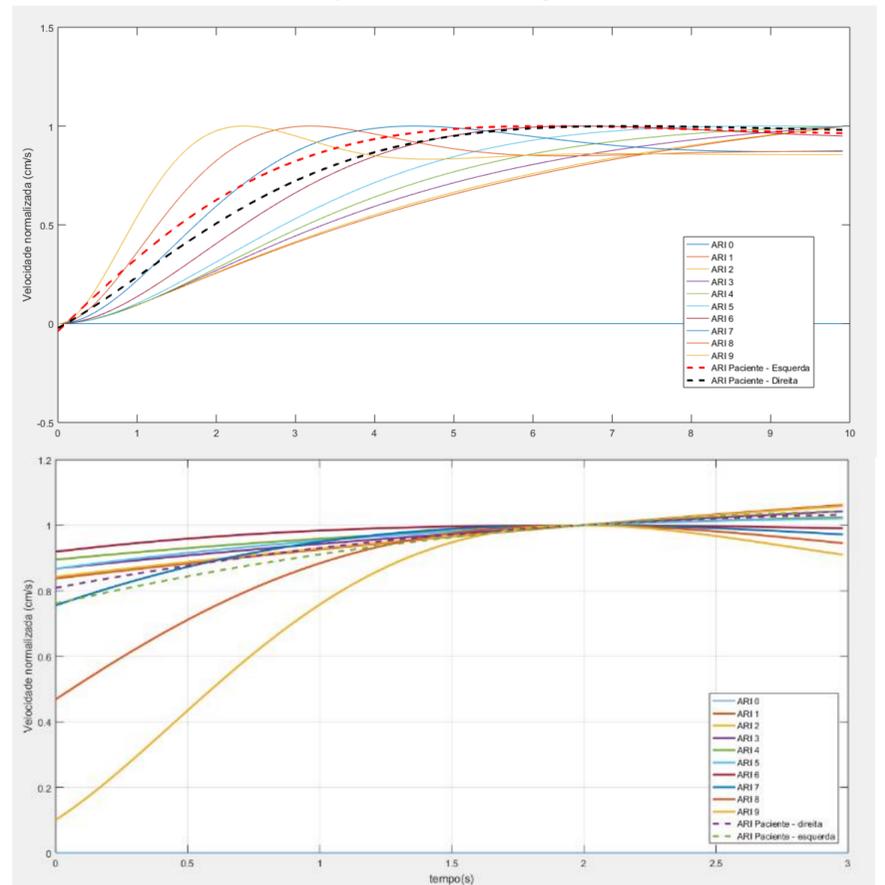


FIGURA 2: Determinação do IAR-ARMA. Superior: 10 curvas teóricas representativas de cada IAR e respostas de um sujeito. Inferior: estimação do valor de RMSE.

O IAR dos participantes do estudo são resumidos na Tabela 1. Os resultados mostraram uma proximidade morfológica maior com as curvas modelo que os outros métodos implementados pelo grupo e se mantiveram dentro do esperado para sujeitos saudáveis.

	IAR-ARMA	
	Esquerdo	Direito
Voluntário 1	7	7
Voluntário 2	6	6
Voluntário 3	6	6
Voluntário 4	6	5
Voluntário 5	5	5
Voluntário 6	5	5
Média (DP)	5.8 (0.7)	5.6 (0.8)

TABELA 1: Valores de IAR da população

CONCLUSÃO

Neste estudo foi implementado e validado a técnica alternativa modelado pelo método Auto regressivo com Médias Móveis (IAR-ARMA) para a avaliação da autorregulação cerebral em sujeitos saudáveis. Os valores obtidos do IAR se encontram dentro da faixa esperada para sujeitos saudáveis com autorregulação cerebral intacta, conforme literatura[3,5].

REFERÊNCIAS

- [1] Payne, S. Oxford, UK. 2016.
- [2] Stroke. 20:45-45. 1989.
- [3] Physiol Meas. 9:497-513.2008.
- [4] Physiol Meas. 3:367-381. 2003.
- [5] Stroke 26:1014-1019. 1995.