

Patient-adaptive Objective Response Detection using Reinforcement Learning

Alexandre Gomes Caldeira¹ and Leonardo Bonato Felix²

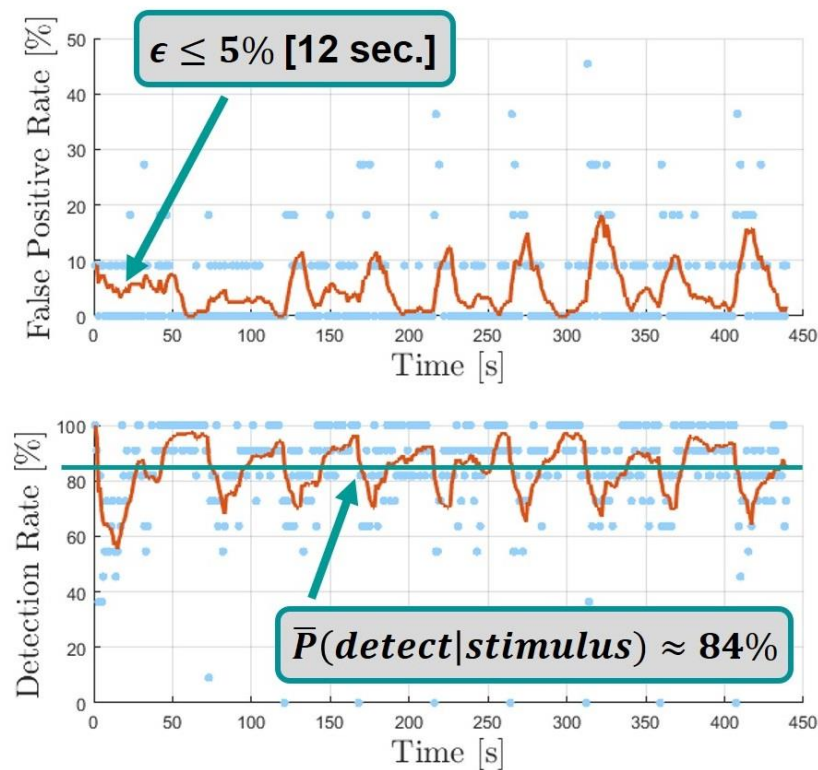
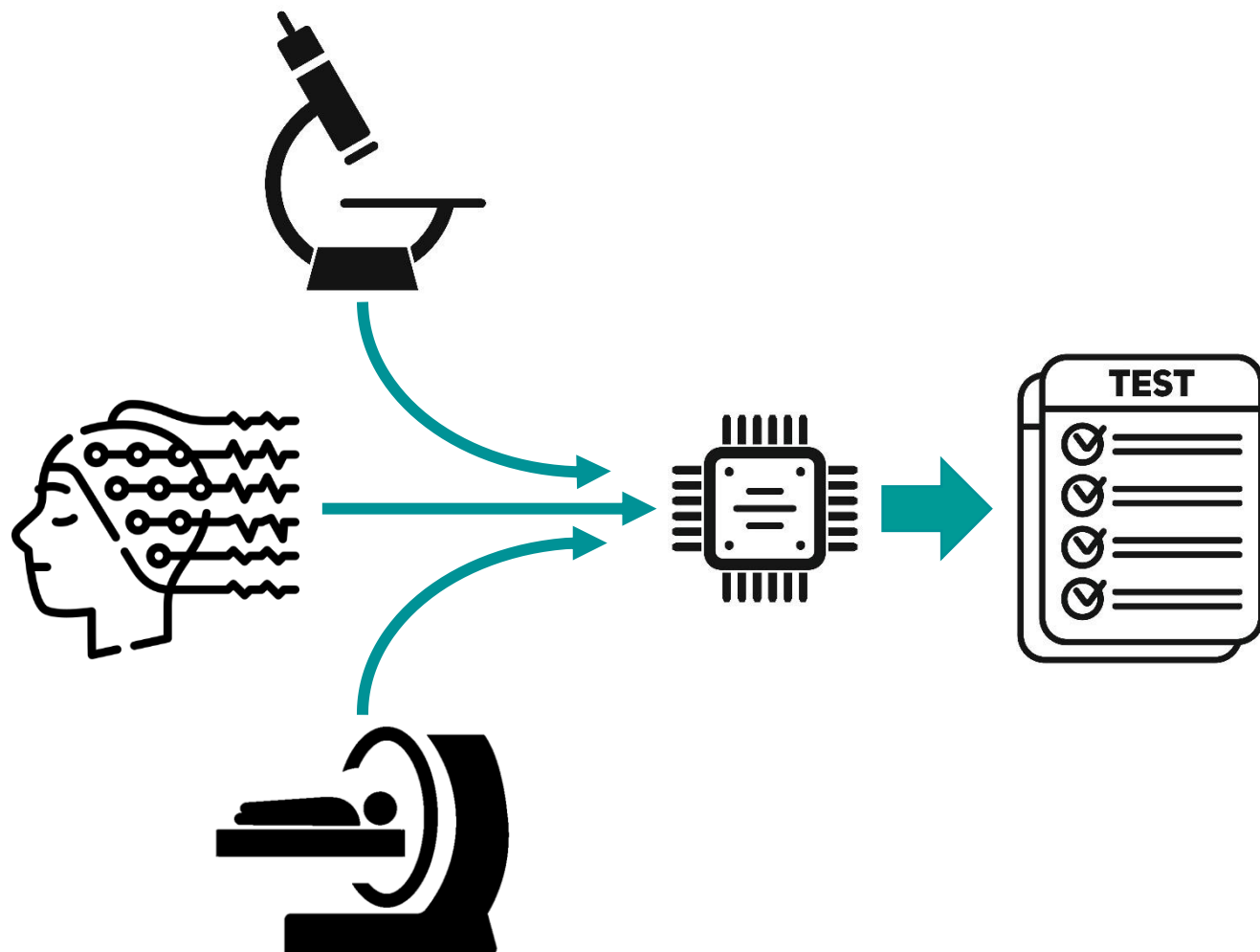
CBEB 2024
*XXIX CONGRESSO BRASILEIRO
DE ENGENHARIA BIOMÉDICA*

¹ Graduate Program in Electrical Engineering, Universidade Federal de Minas Gerais, alexandrecaldeira@ufmg.br

² Electrical Engineering Department, Universidade Federal de Viçosa, leobonato@ufv.br

Como melhorar testes clínicos durante o exame?

2



Our method adapts detection to individual data.

Contexto e motivação

Materiais e métodos

Resultados e discussão

Comentários finais

Agradecimentos

Hoje 20% da população mundial precisa de exames mais rápidos e precisos para avaliação auditiva e diagnóstico.

4

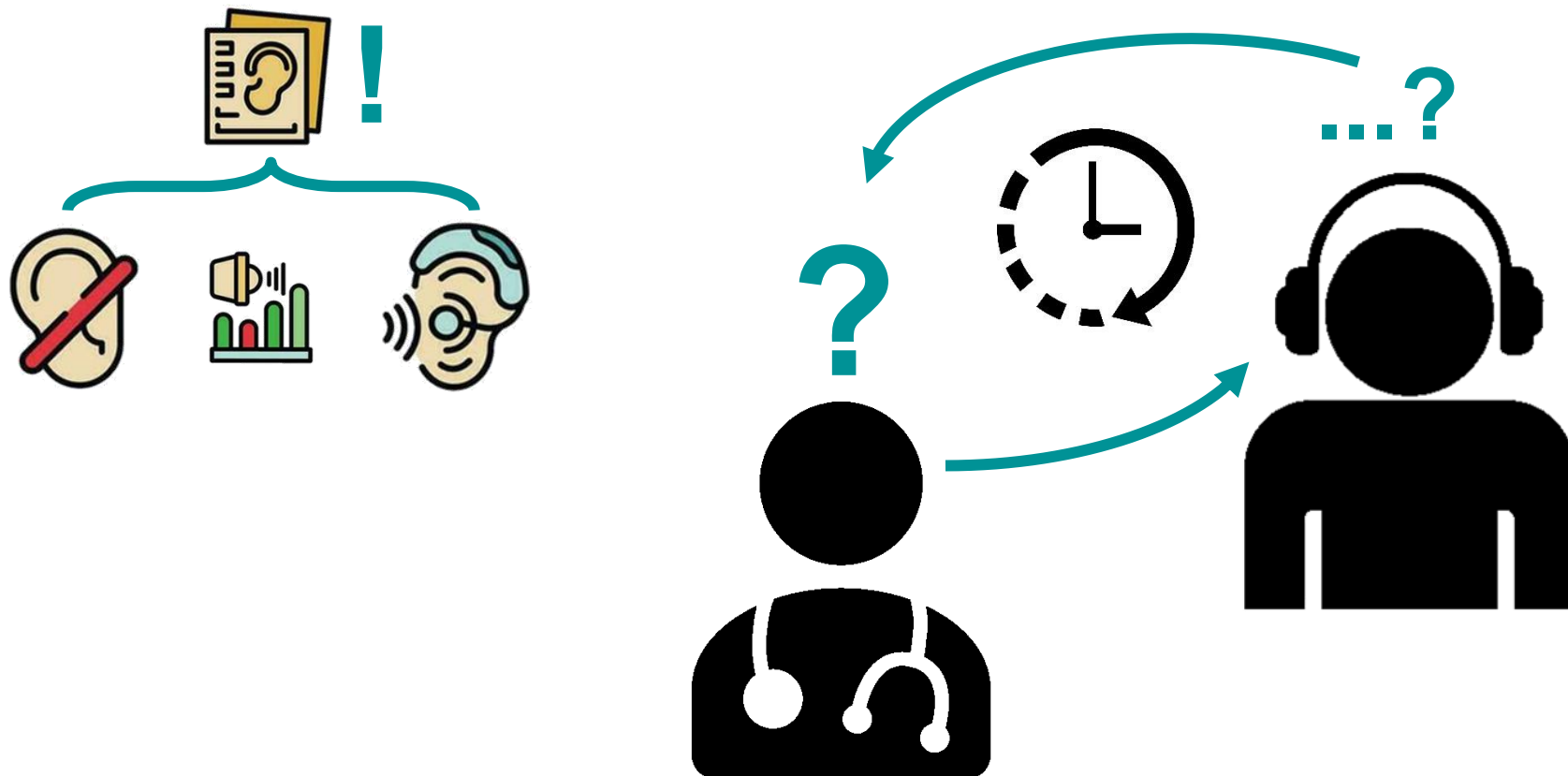


[1] World Health Organization: WHO. (2024, February 2). Deafness and hearing loss. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>

[2] Lemos, S. (2023, August 21). Blog. Jornal Da USP. <https://jornal.usp.br/atualidades/mais-de-10-milhoes-de-brasileiros-apresentam-algum-grau-de-surdez/>

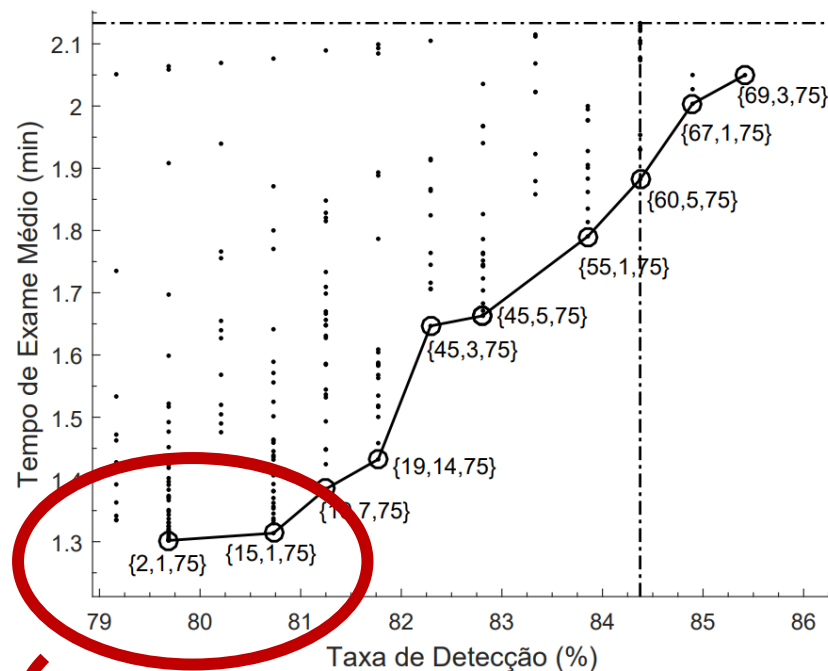
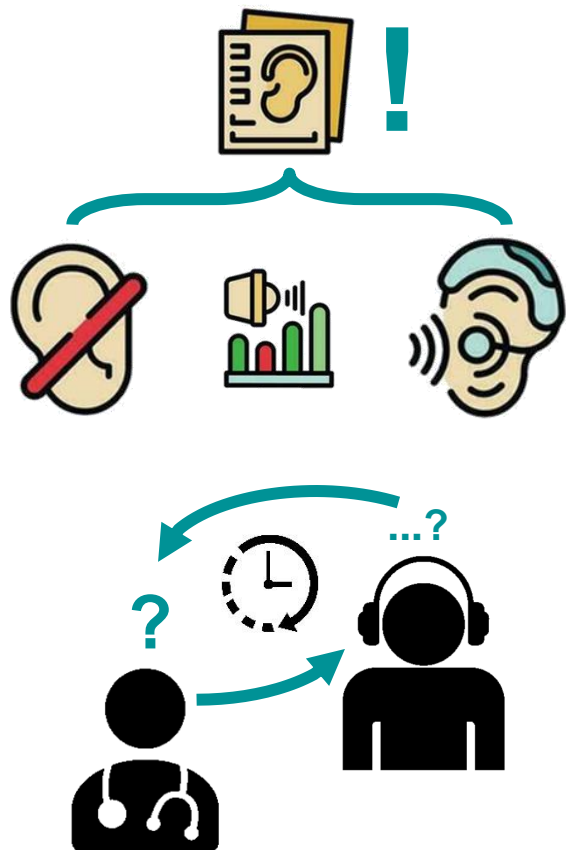
Hoje 20% da população mundial precisa de exames mais rápidos e precisos para avaliação auditiva e diagnóstico.

5

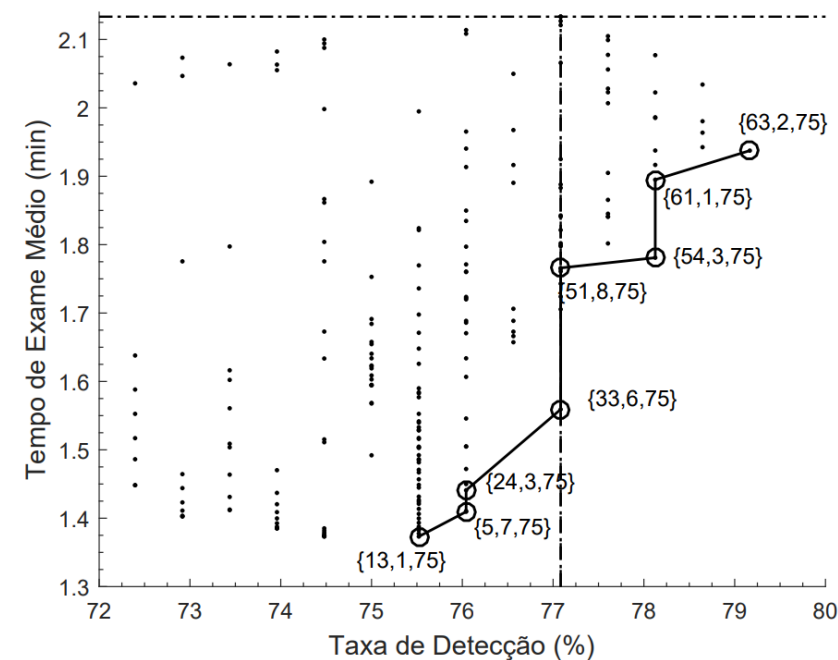


Hoje 20% da população mundial precisa de exames mais rápidos e precisos para avaliação auditiva e diagnóstico.

6



(a) MSC



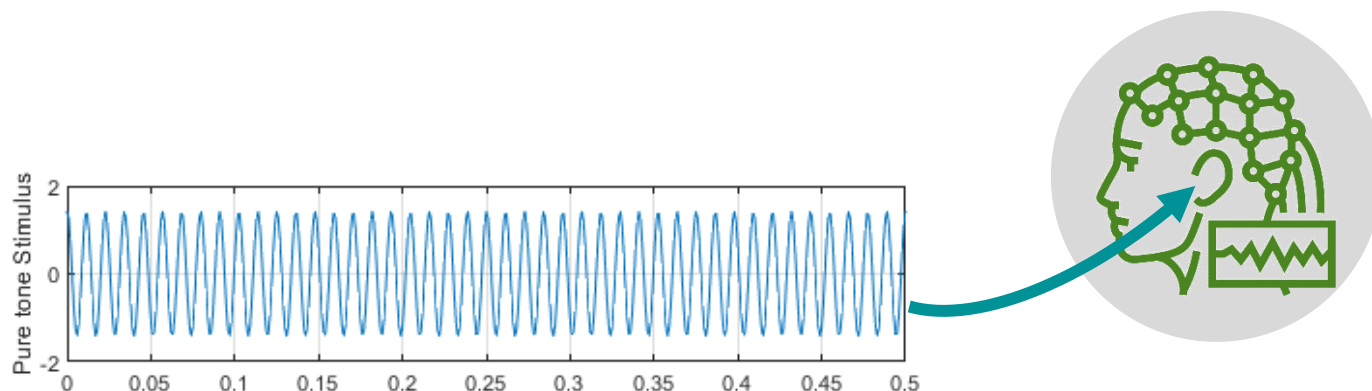
(b) CSM

Taxa de detecção de 74% (78 seg.) a 84% (123 seg.)

[3] Zanotelli, Tiago. "Audiometria automática por meio da estratégia de detecções mínimas consecutivas baseados em simulação de Monte Carlo e detectores multivariáveis usando respostas auditivas em regime permanente na banda de 80 Hz." (2020).

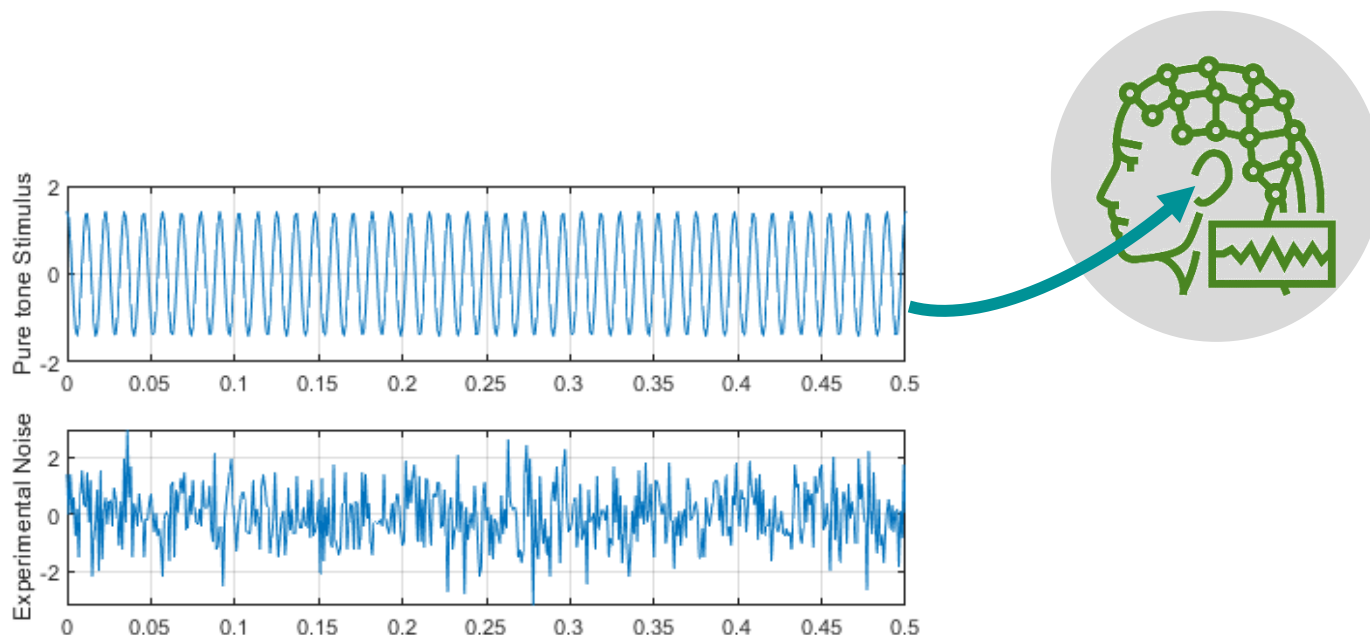
Buscamos detectar respostas fisiológicas a estímulo, unindo medidas relevantes e reduzindo erro com dados individuais.

7



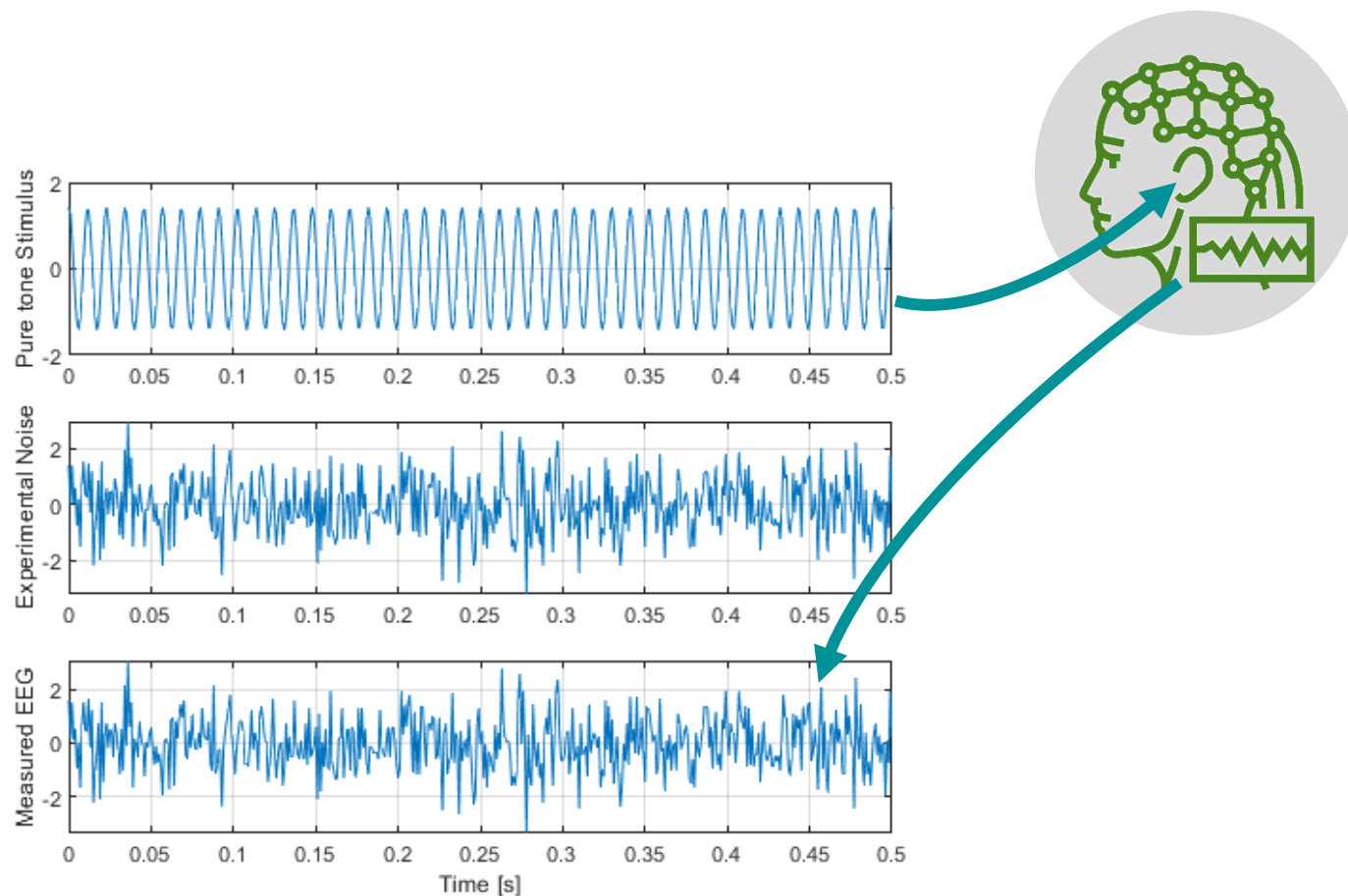
Buscamos detectar respostas fisiológicas a estímulo, unindo medidas relevantes e reduzindo erro com dados individuais.

8



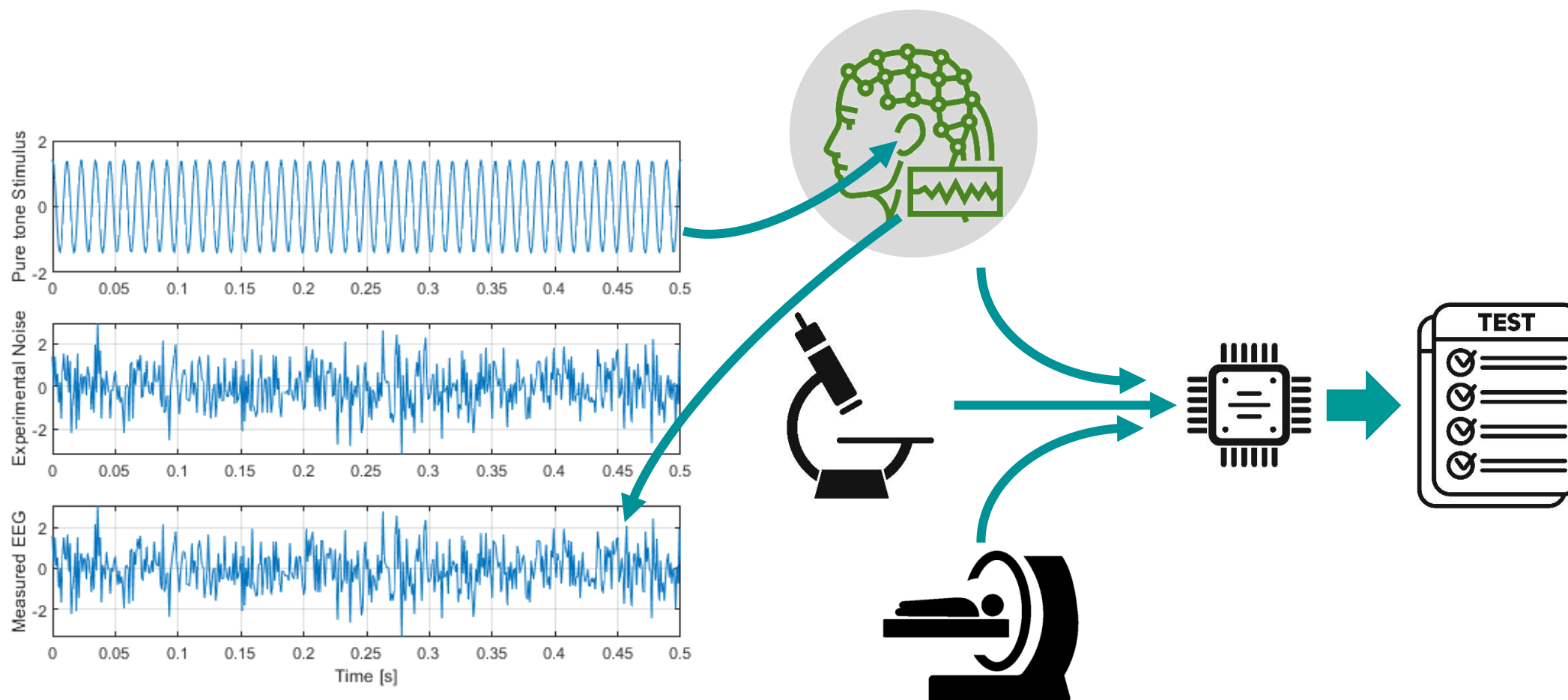
Buscamos detectar respostas fisiológicas a estímulo, unindo medidas relevantes e reduzindo erro com dados individuais.

9



Buscamos detectar respostas fisiológicas a estímulo, unindo medidas relevantes e reduzindo erro com dados individuais.

10



Contexto e motivação

Materiais e métodos

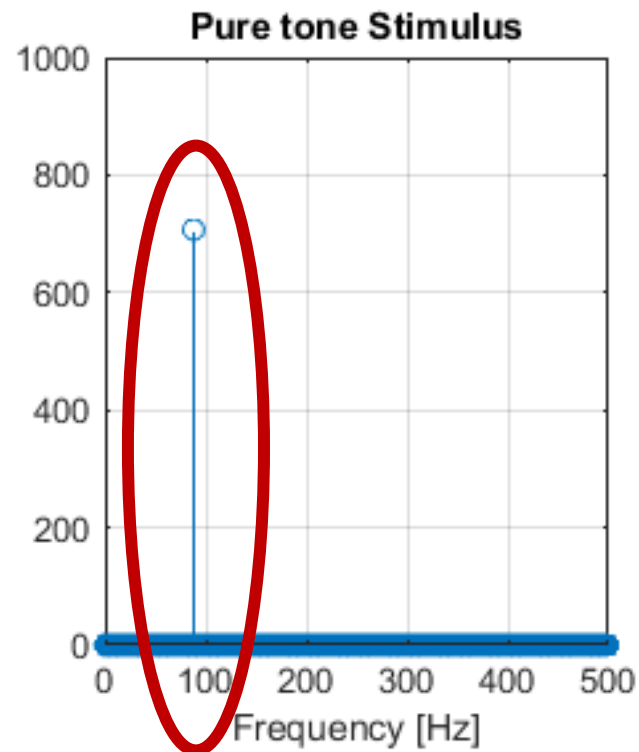
Resultados e discussão

Comentários finais

Agradecimentos

Utilizamos um conjunto de dados experimental, e outro sintético.

12



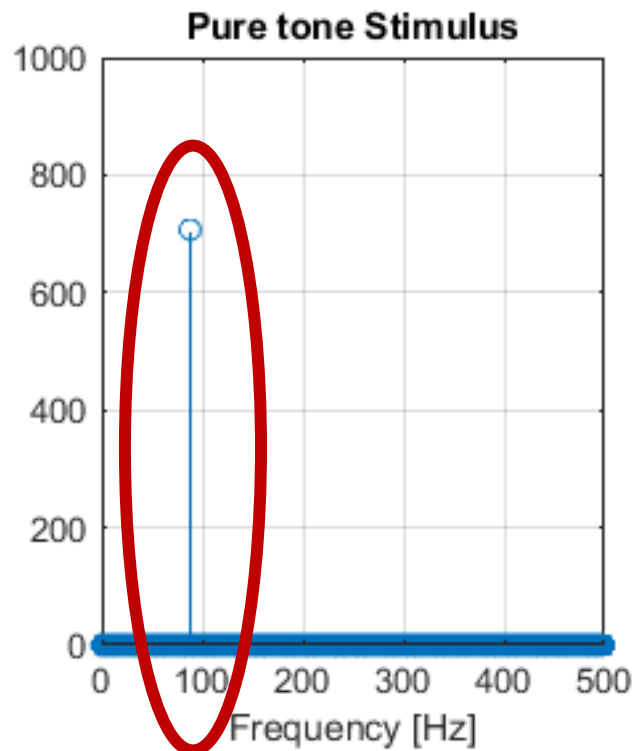
Estímulo a 80 Hz

[4] Picton Terence W, John M Sasha, Dimitrijevic Andrew, Purcell David. Human auditory steady-state responses. *International journal of audiology*. 2003;42:177–219

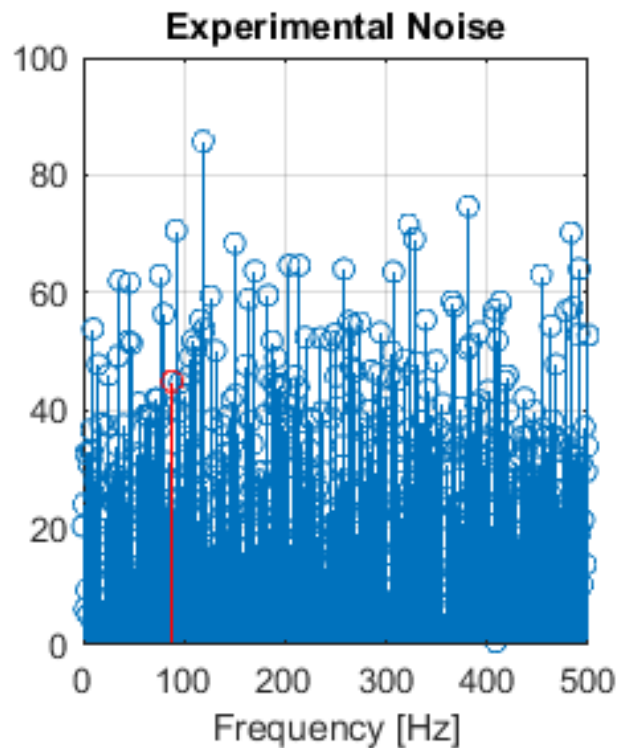
[5] Infantsi Antônio Fernando Catelli, Melges DB, Tierra-Criollo Carlos Julio. Use of magnitude-squared coherence to identify the maximum driving response band of the somatosensory evoked potential. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2006;39:1593–1603.

Utilizamos um conjunto de dados experimental, e outro sintético.

13



Estímulo a 80 Hz



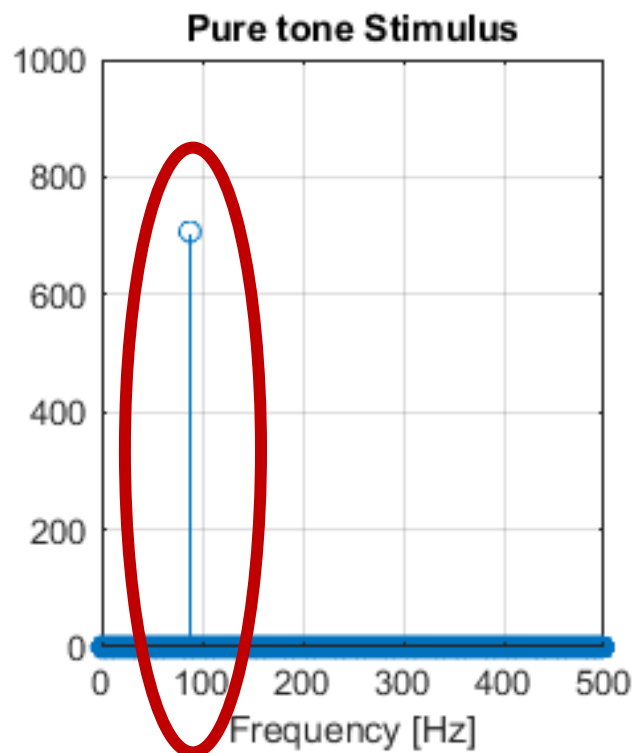
Ruído gaussiano

[4] Picton Terence W, John M Sasha, Dimitrijevic Andrew, Purcell David. Human auditory steady-state responses. *International journal of audiology*. 2003;42:177–219

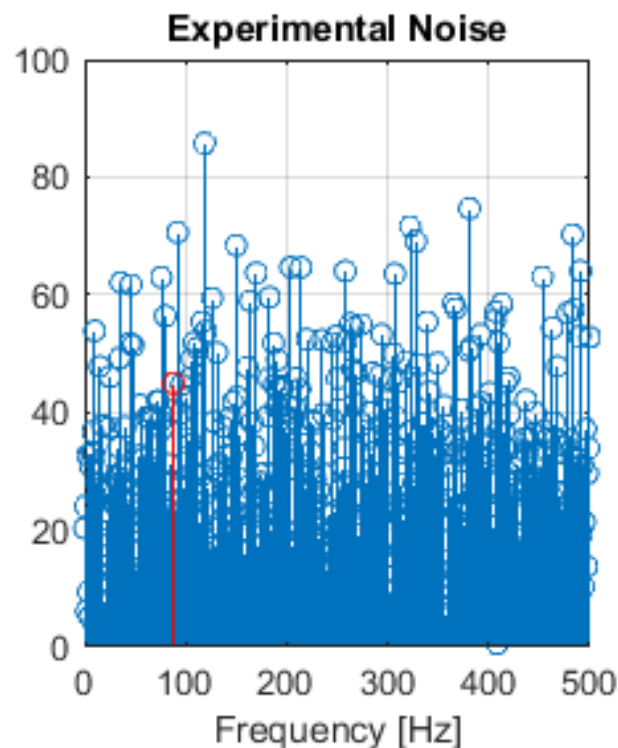
[5] Infantsi Antônio Fernando Catelli, Melges DB, Tierra-Criollo Carlos Julio. Use of magnitude-squared coherence to identify the maximum driving response band of the somatosensory evoked potential. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2006;39:1593–1603.

Utilizamos um conjunto de dados experimental, e outro sintético.

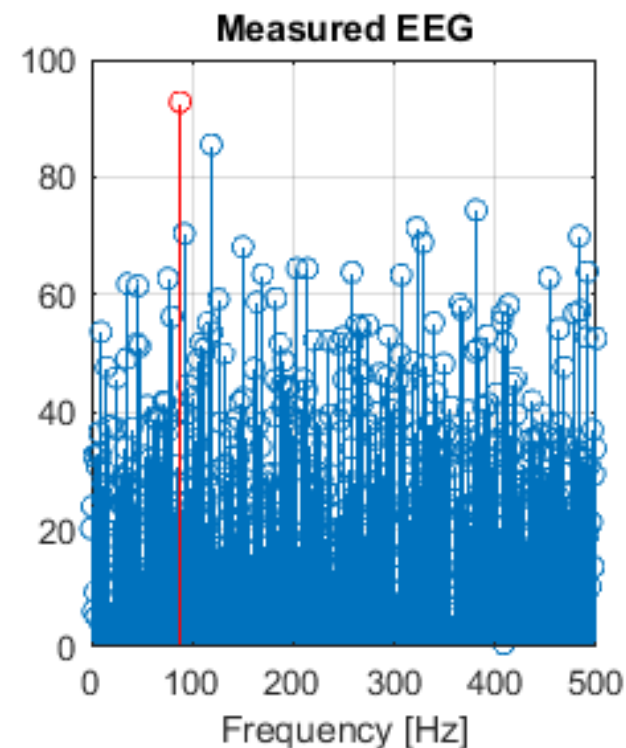
14



Estímulo a 80 Hz



Ruído gaussiano

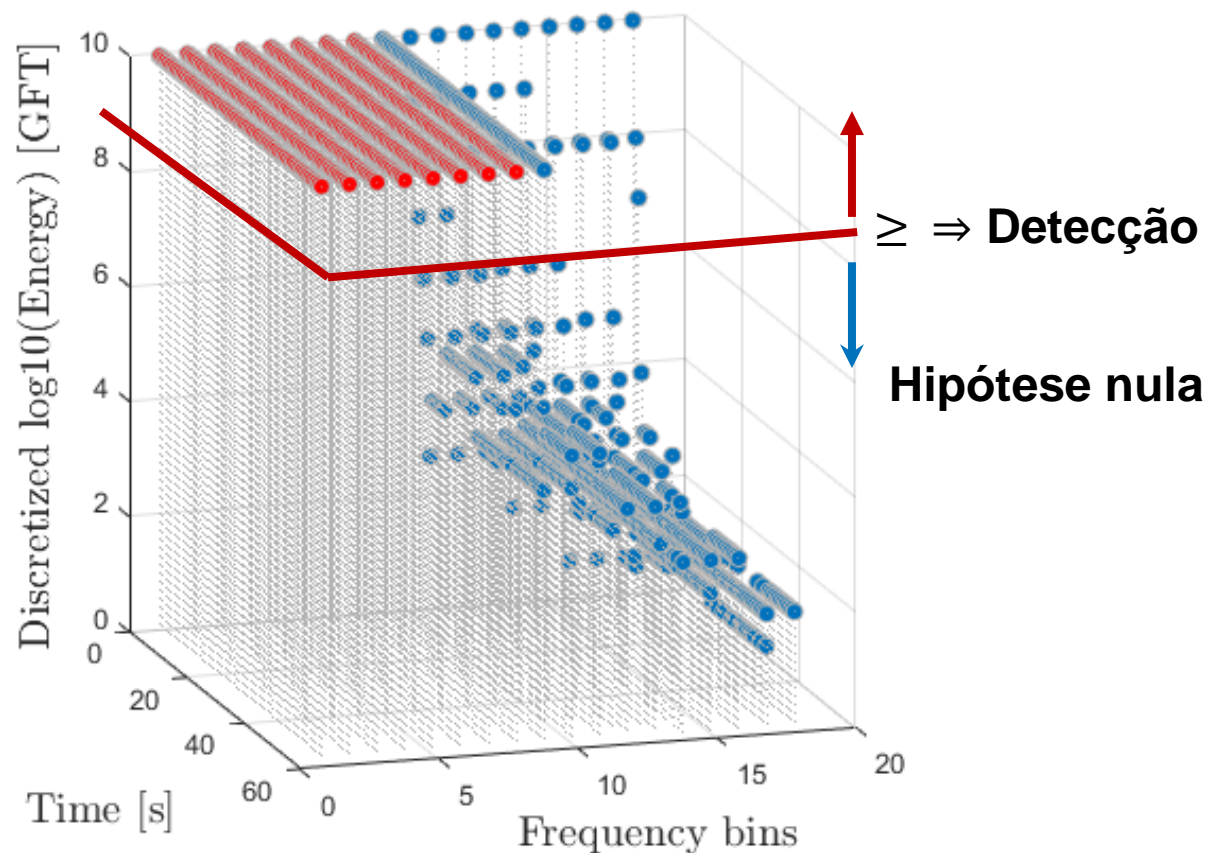


Medida sintética

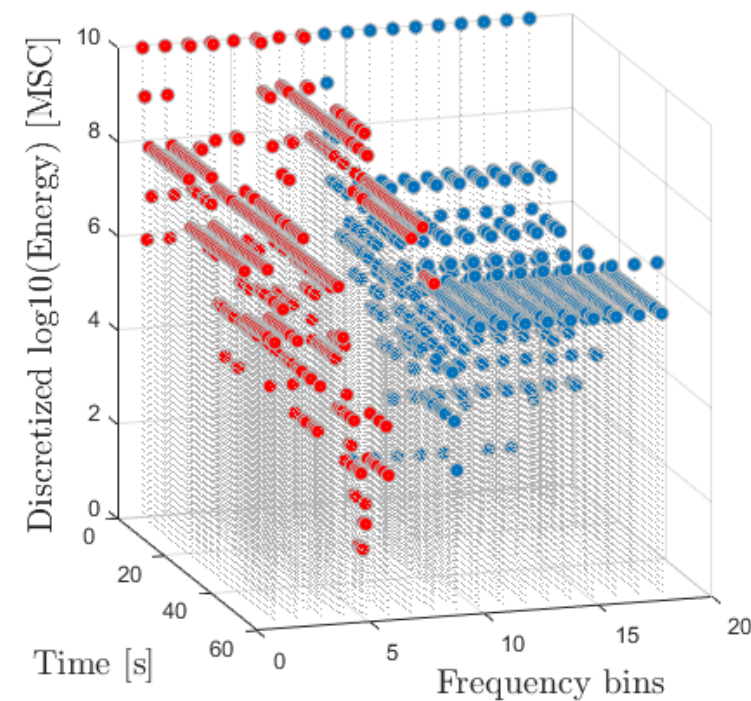
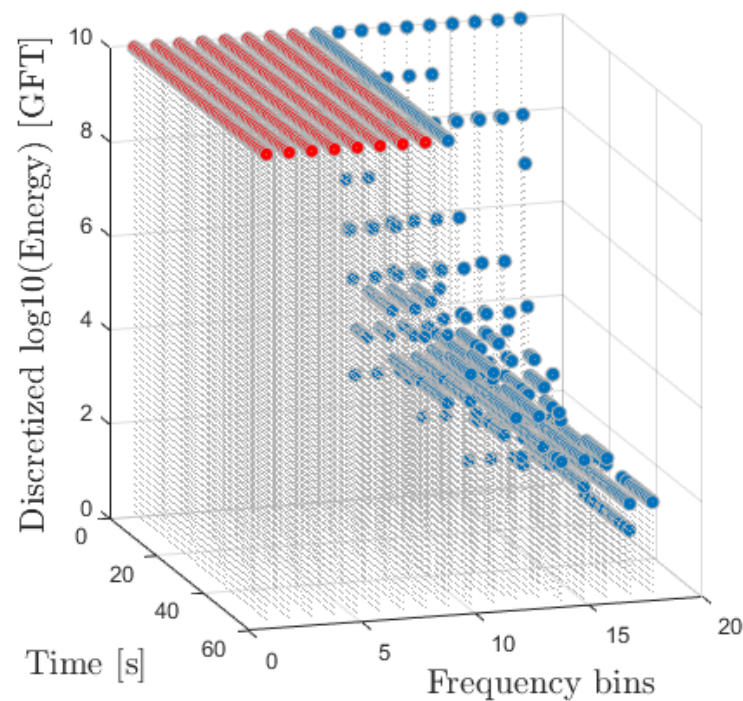
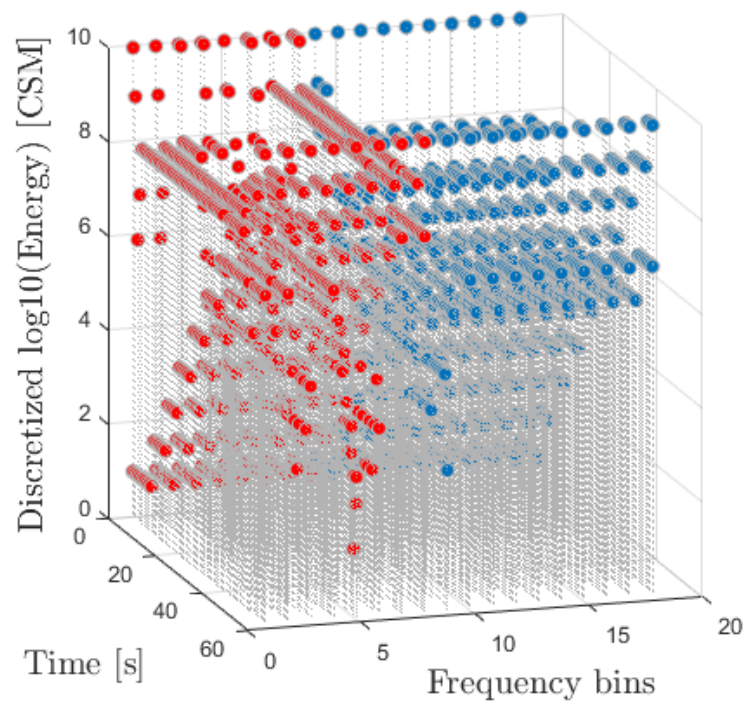
[4] Picton Terence W, John M Sasha, Dimitrijevic Andrew, Purcell David. Human auditory steady-state responses. *International journal of audiology*. 2003;42:177–219

[5] Infantsi Antônio Fernando Catelli, Melges DB, Tierra-Criollo Carlos Julio. Use of magnitude-squared coherence to identify the maximum driving response band of the somatosensory evoked potential. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. 2006;39:1593–1603.

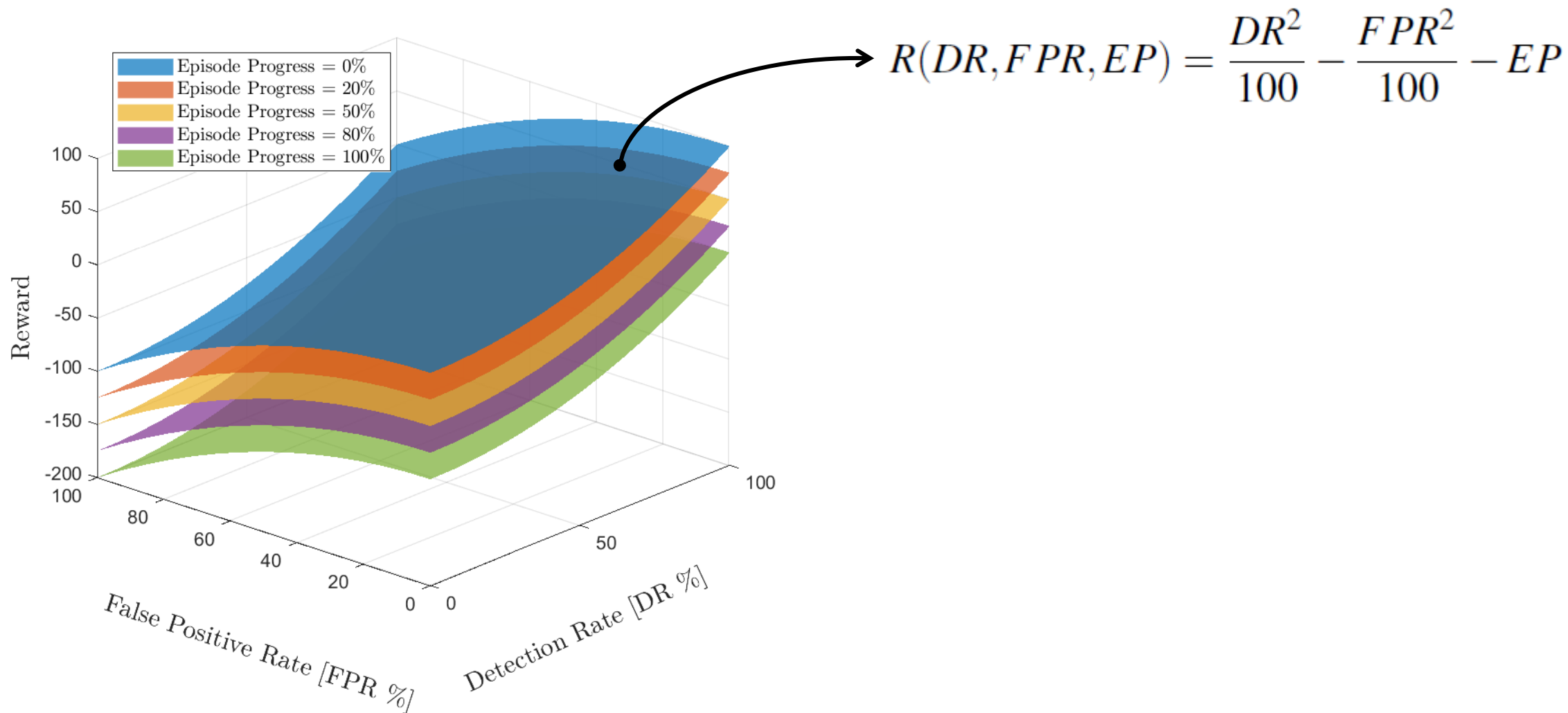
Estímulo presente



Estímulo presente...?

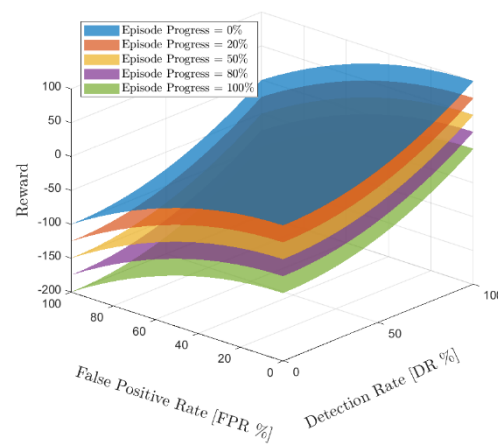
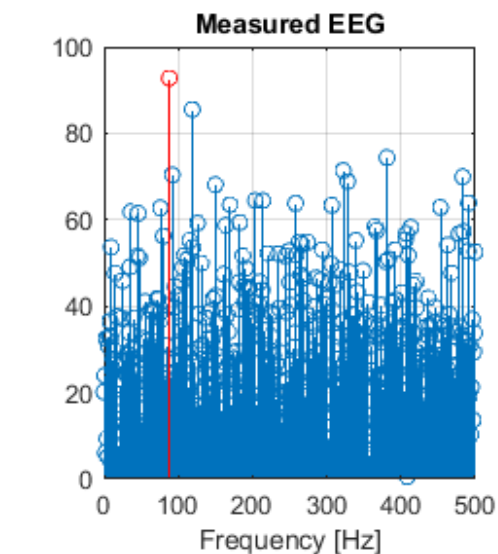


E construímos recompensas adequadas ao problema de detecção. 17



O detector avalia em qual estado os pacientes se encontram, e espera por mais medidas, ou detecta respostas (rejeita H_0).

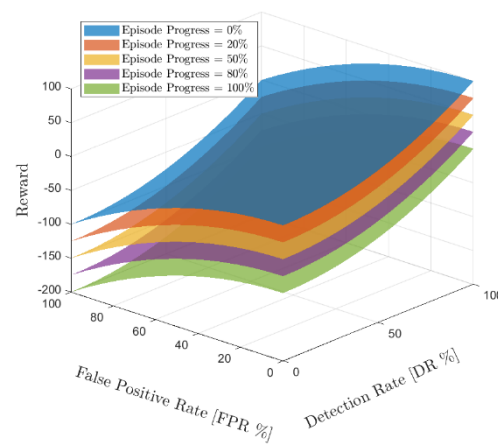
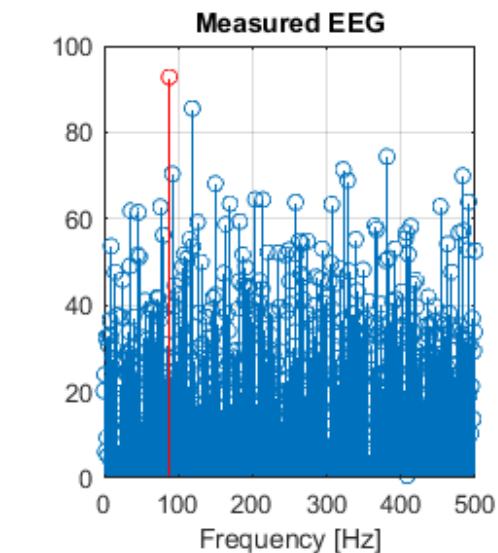
18



Estado (s)	Recompensa Ação (a_0)	Recompensa Ação (a_1)
x	0	0

O detector avalia em qual estado os pacientes se encontram, e espera por mais medidas, ou detecta respostas (rejeita H_0).

19

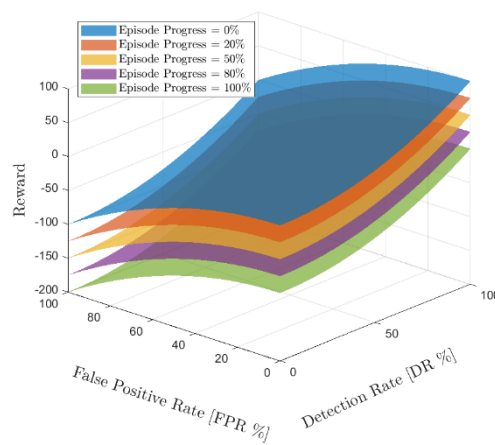
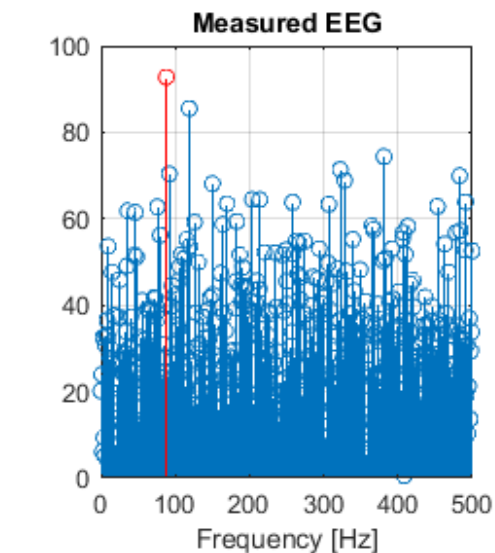


Estado (s)	Recompensa Ação (a_0)	Recompensa Ação (a_1)
x	0	0

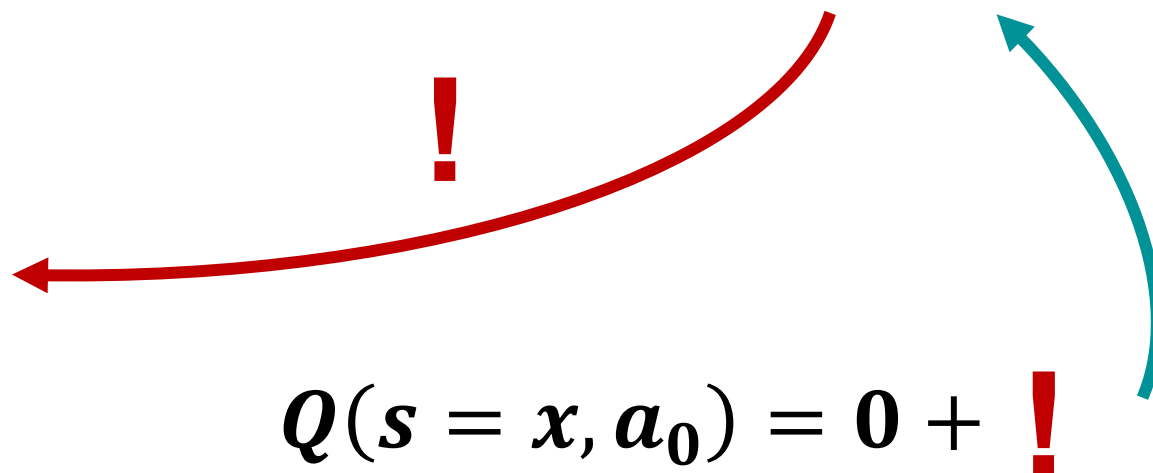


O detector avalia em qual estado os pacientes se encontram, e espera por mais medidas, ou detecta respostas (rejeita H_0).

20



Estado (s)	Recompensa Ação (a_0)	Recompensa Ação (a_1)
x	0	0

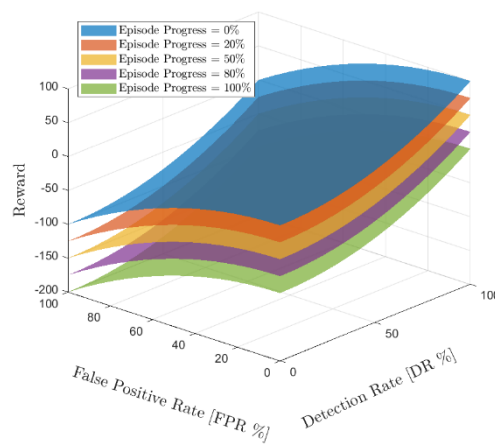
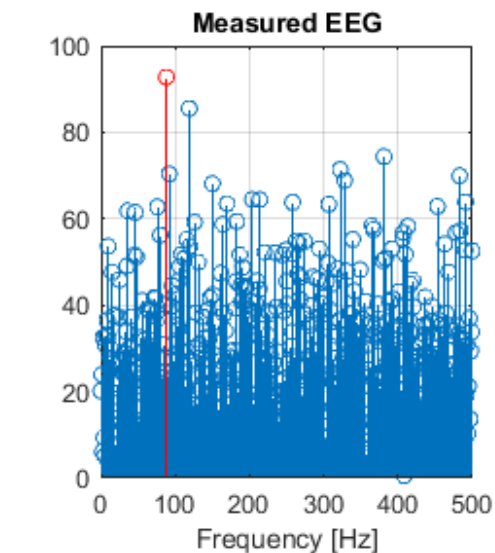


$$Q(s = x, a_0) = 0 + !$$

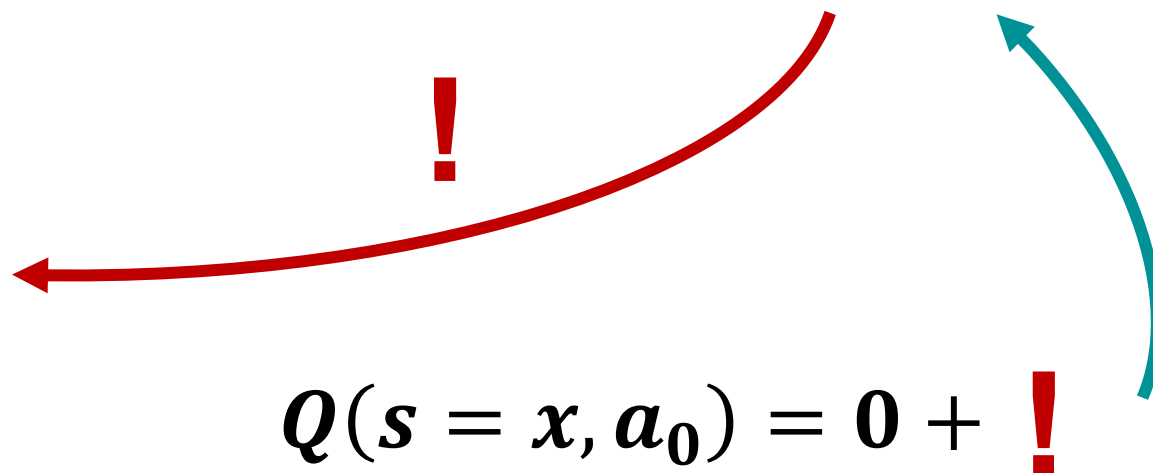
$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha[R + \gamma \max_a Q(s', a) - Q(s, a)]$$

O detector avalia em qual estado os pacientes se encontram, e espera por mais medidas, ou detecta respostas (rejeita H_0).

21



Estado (s)	Recompensa Ação (a_0)	Recompensa Ação (a_1)
x	-100	0

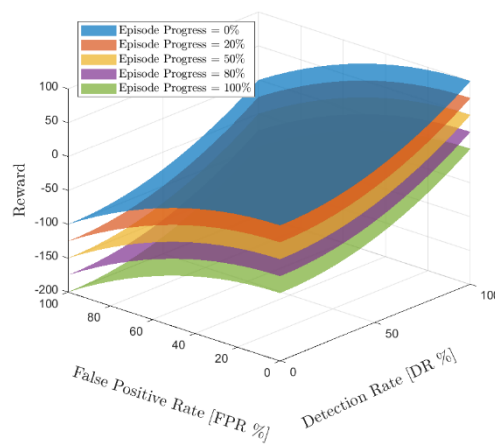
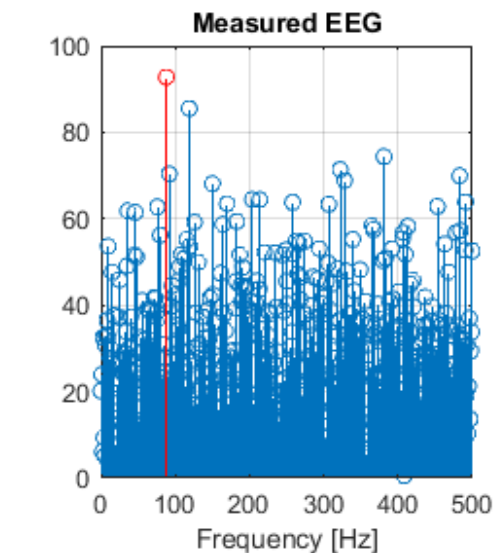


$$Q(s = x, a_0) = 0 + !$$

$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha [R + \gamma \max_a Q(s', a) - Q(s, a)]$$

O detector avalia em qual estado os pacientes se encontram, e espera por mais medidas, ou detecta respostas (rejeita H_0).

22



Estado (s)	Recompensa Ação (a_0)	Recompensa Ação (a_1)
x	-100	0
y	0	20
...
s	$Q(s, a_0) = R_0$	$Q(s, a_1) = R_1$

$$Q(s, a) = Q(s, a) + \alpha [R + \gamma \max_a Q(s', a) - Q(s, a)]$$

Contexto e motivação

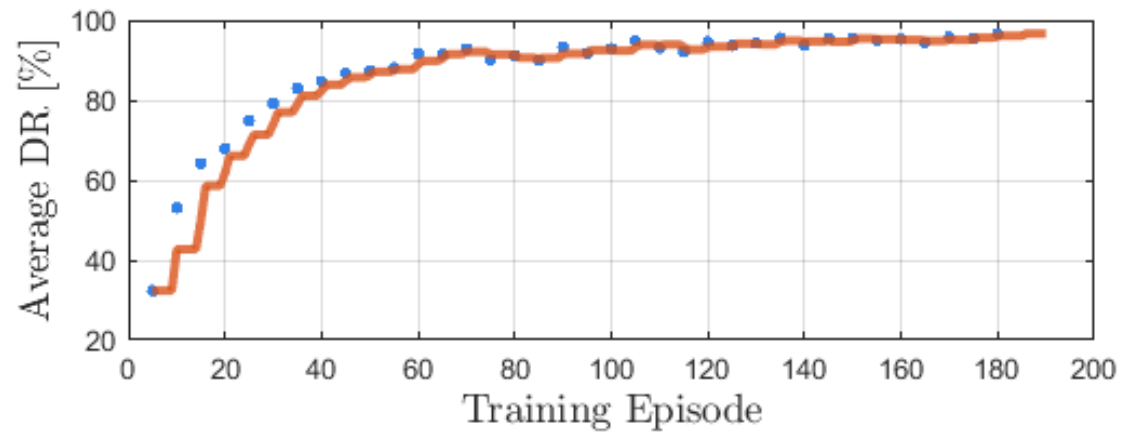
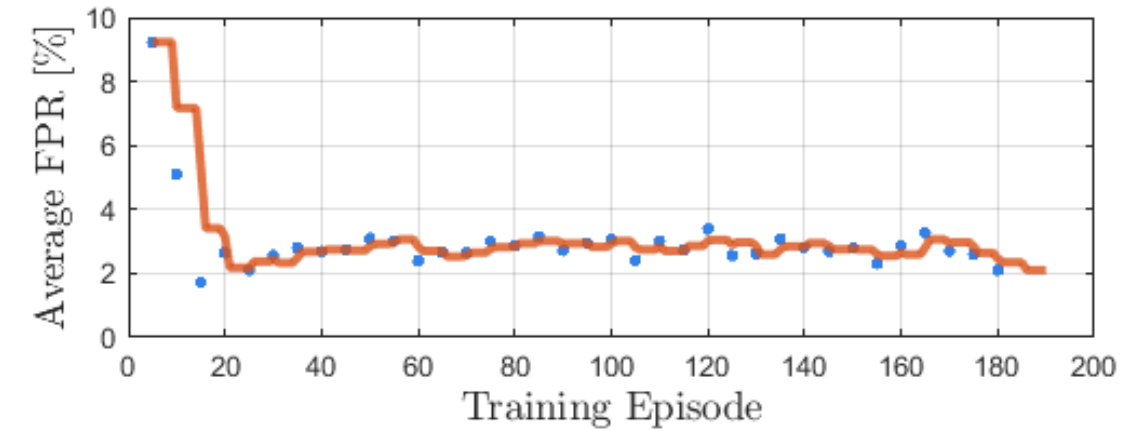
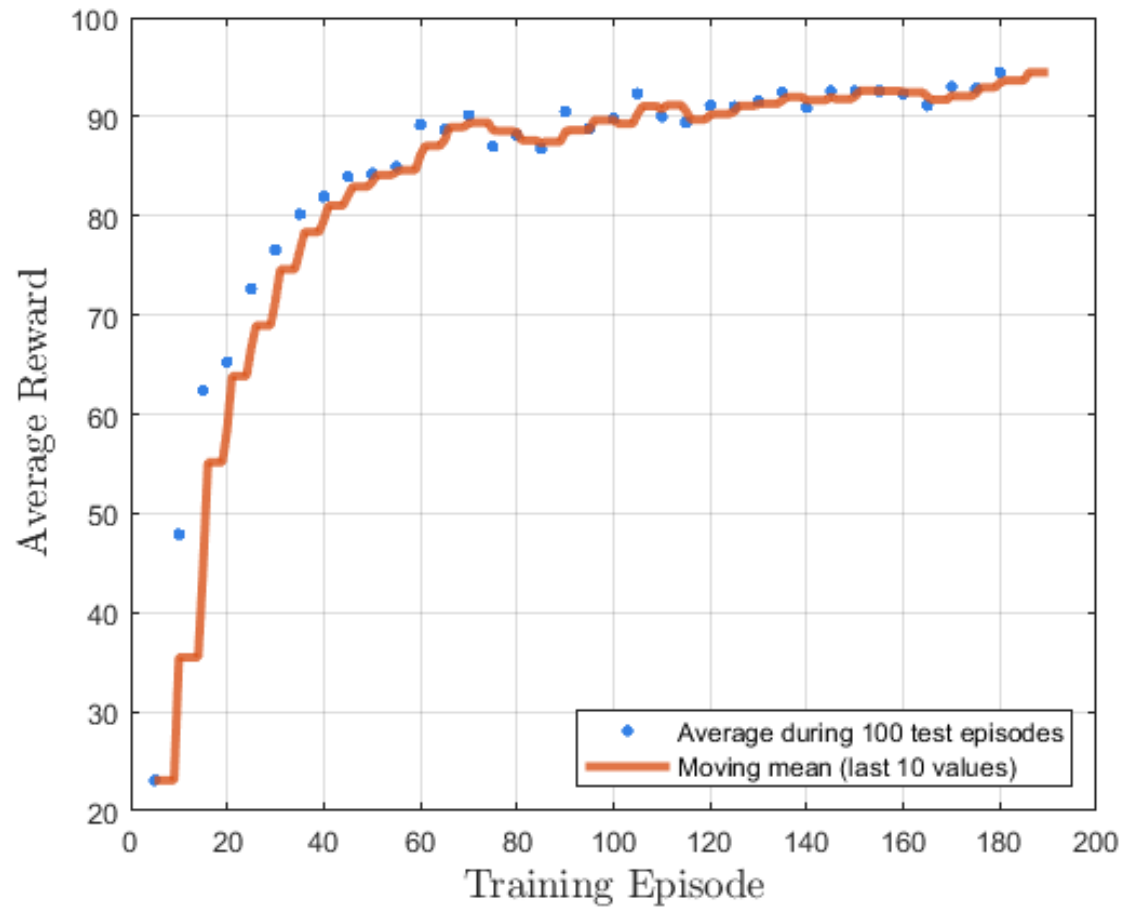
Materiais e métodos

Resultados e discussão

Comentários finais

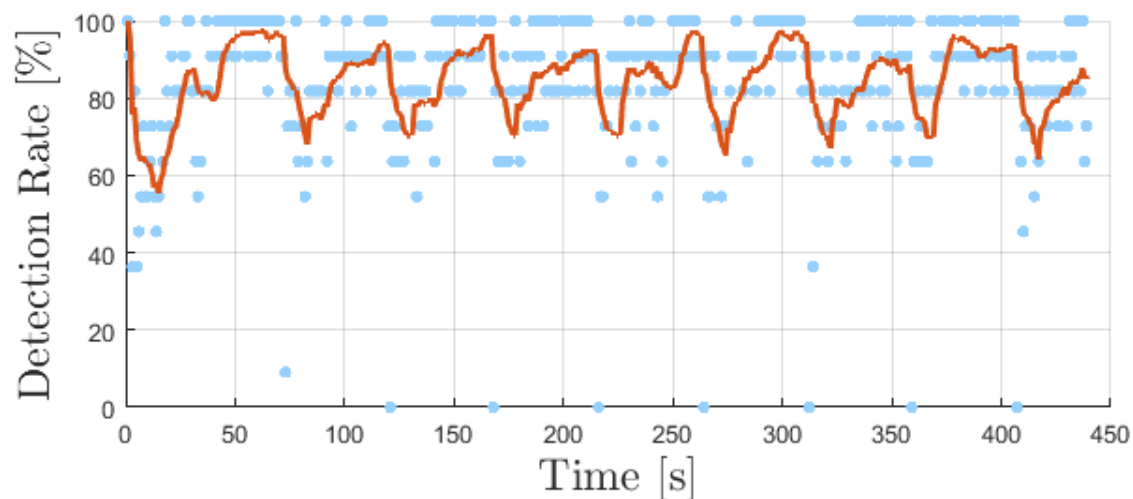
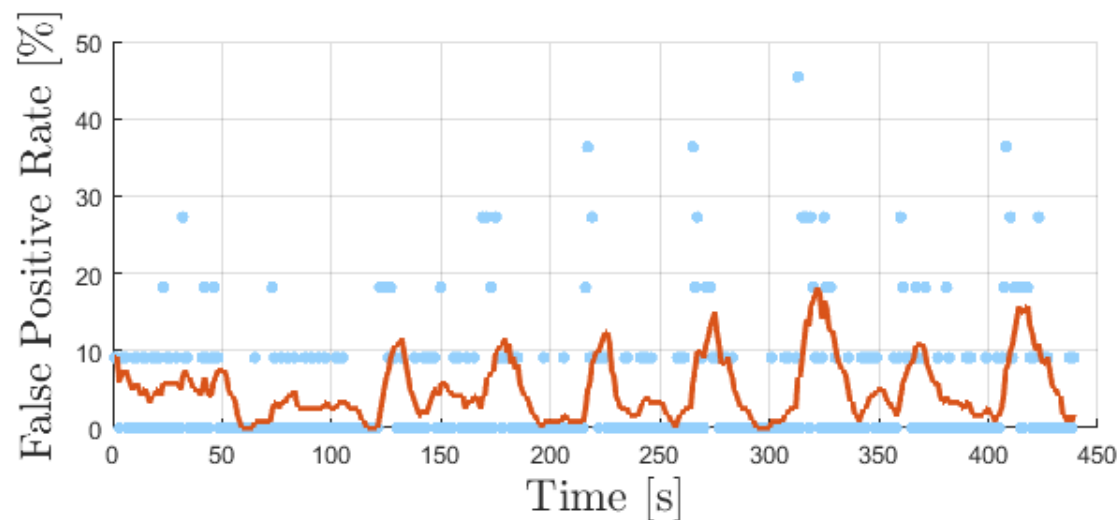
Agradecimentos

Ajustamos o modelo em dados sintéticos, avaliando comportamento. 24



Avaliamos o detector em população controle (sem perda auditiva).

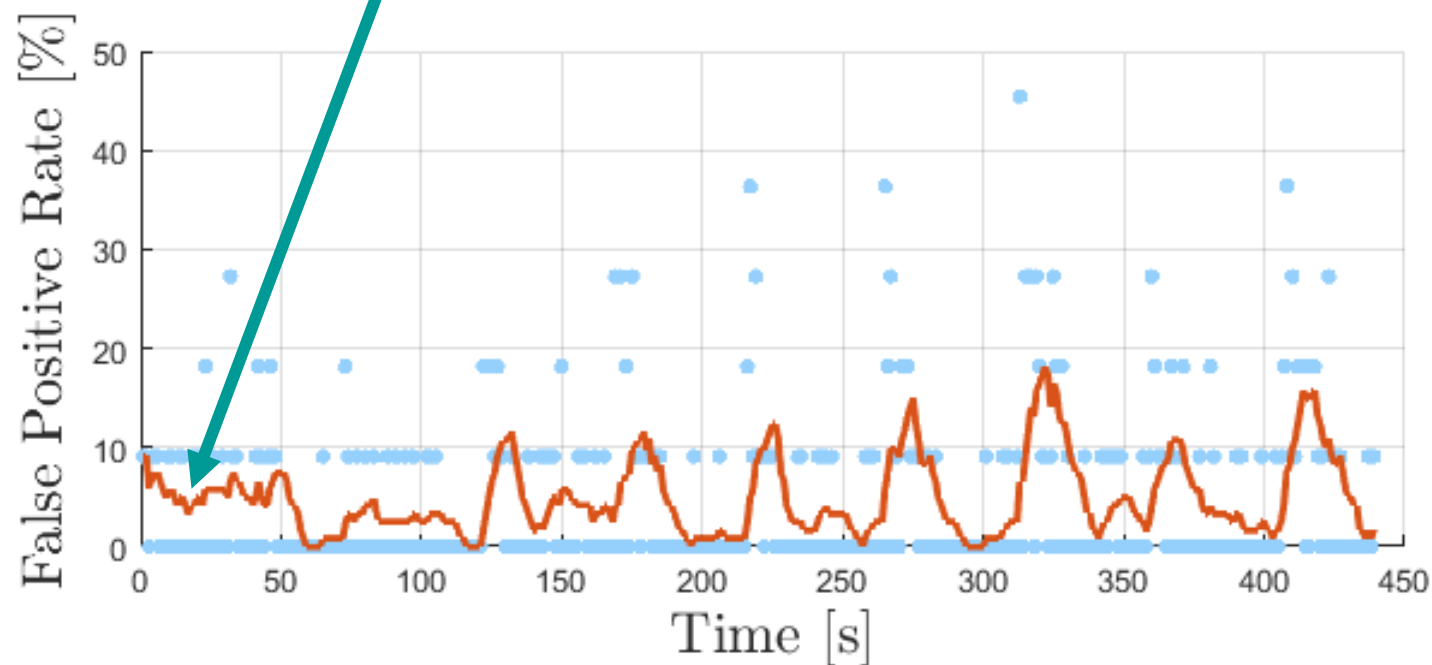
25



Avaliamos o detector em população controle (sem perda auditiva).

26

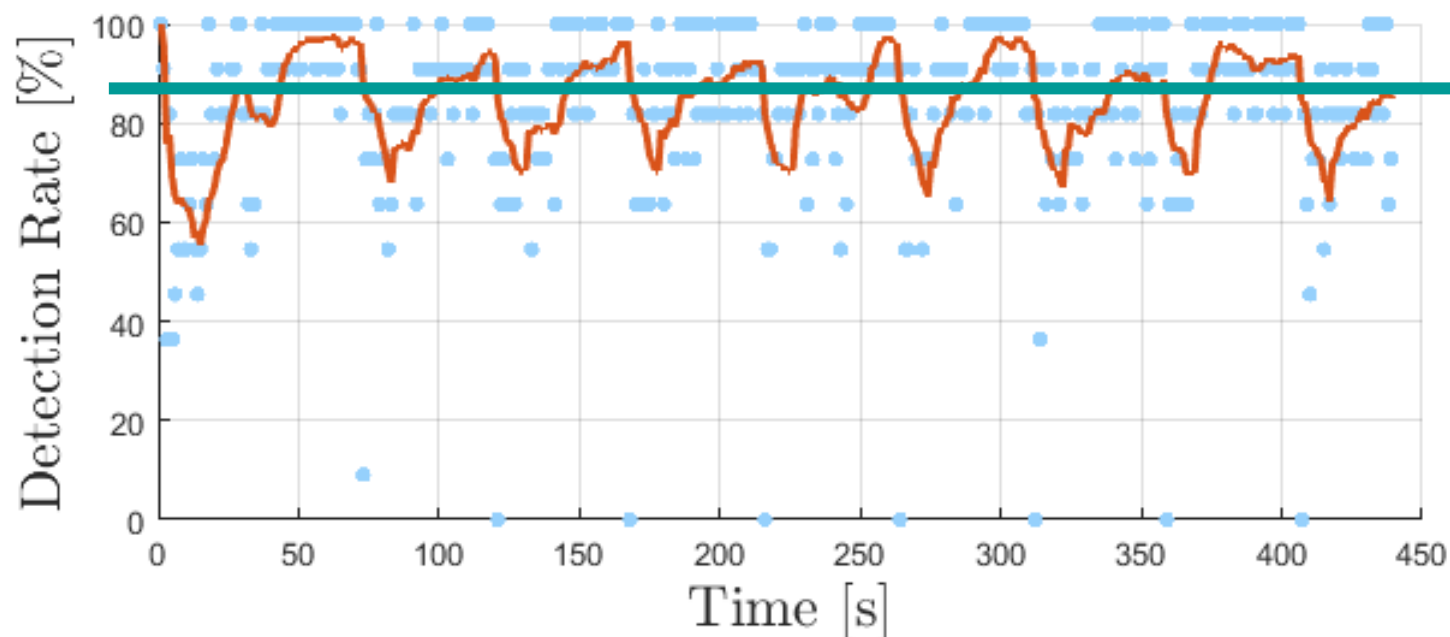
Erro em 5% (12 seg.)



Avaliamos o detector em população controle (sem perda auditiva).

27

$$\bar{P}(\text{detectar}|\text{estímulo}) \approx 84\%$$



Contexto e motivação

Materiais e métodos

Resultados e discussão

Comentários finais

Agradecimentos

Respeitando suas premissas, a metodologia é rápida e precisa.

29

Por que usar?

Vantagens	Limitações
Flexibilidade metodológica	
Detecta em janela exata	
Não exige gabarito	

Respeitando suas premissas, a metodologia é rápida e precisa.

30

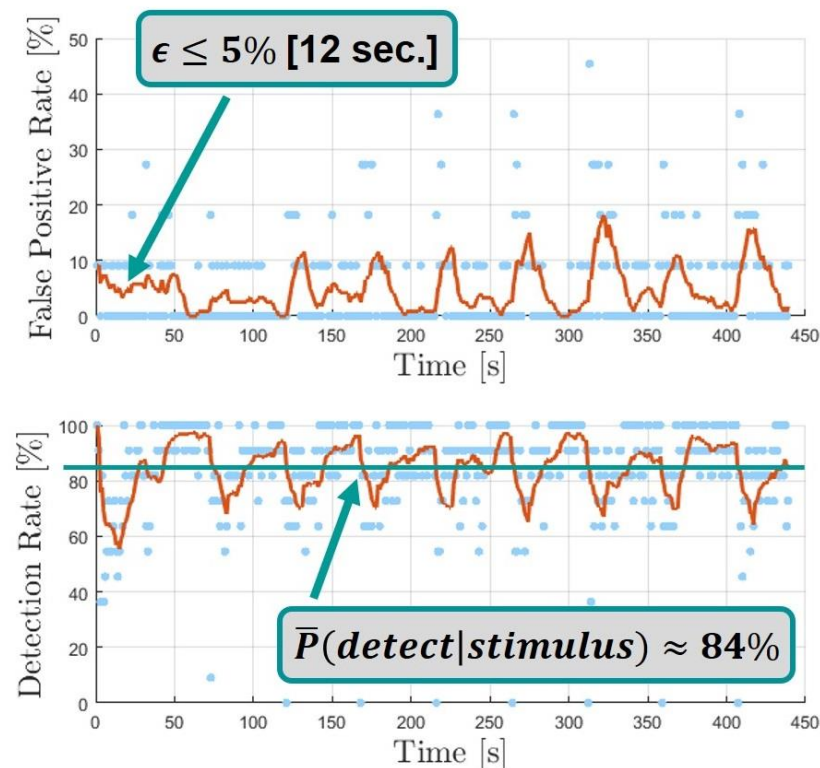
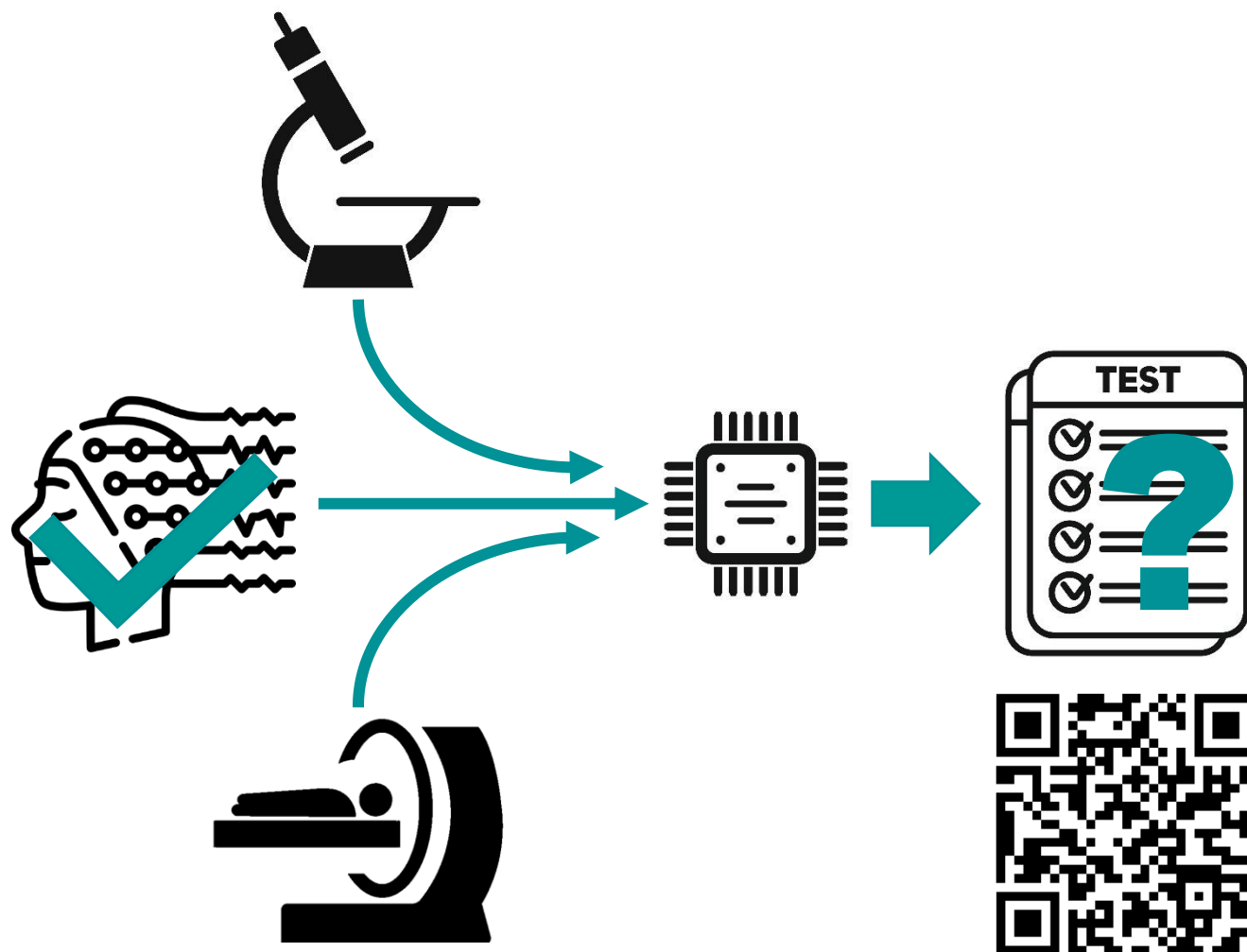
Por que usar?

Quando evitar?

Vantagens	Limitações
Flexibilidade metodológica	Dados representativos
Detecta em janela exata	Métricas adequadas
Não exige gabarito	Conhecimento técnico

O objetivo é atingir melhor suporte diagnóstico com decisões rastreáveis, otimizar o método e automatizar aquisição de métricas.

31



Our method adapts detection to individual data.

Contexto e motivação

Materiais e métodos

Resultados e discussão

Comentários finais

Agradecimentos

Muito obrigado! Dúvidas?

Patient-adaptive Objective Response Detection using Reinforcement Learning

Alexandre Gomes Caldeira¹ and Leonardo Bonato Felix²



**Agradecemos pela sua atenção, pelo apoio da agência
de fomento e da organização CBEB 2024.**

¹ Graduate Program in Electrical Engineering, Universidade Federal de Minas Gerais, alexandrecaldeira@ufmg.br

² Electrical Engineering Department, Universidade Federal de Viçosa, leobonato@ufv.br