

PROGRAMA  
EDUCACIONAL  
EM **SAÚDE  
DIGITAL**  
DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE GOIÁS

EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

## Organizadores

Rita Goreti Amaral

Ana Laura de Sene Amâncio Zara

Fábio Nogueira de Lucena

Rejane Faria Ribeiro-Rotta

Renata Dutra Braga

Sheila Mara Pedrosa

Silvana de Lima Vieira dos Santos

Taciana Novo Kudo

**Cegraf UFG**





## Universidade Federal de Goiás

Reitor

*Edward Madureira Brasil*

Vice-Reitora

*Sandramara Matias Chaves*

Diretora do Cegraf UFG

*Maria Lucia Kons*

---

### **Conselho Editorial da Coleção Programa Educacional em Saúde Digital**

Ana Laura de Sene Amâncio Zara (IPTSP / Universidade Federal de Goiás)

Fábio Nogueira de Lucena (INF / Universidade Federal de Goiás)

Gabriella Nunes Neves (CGISD / DATASUS / Secretaria Executiva / Ministério da Saúde)

Merched Cheheb de Oliveira (DATASUS / Secretaria Executiva / Ministério da Saúde)

Juliana Pereira de Souza Zinader (CGISD / DATASUS / Secretaria Executiva / Ministério da Saúde)

Maria Cristina Ferreira de Abreu (CGISD / DATASUS / Secretaria Executiva / Ministério da Saúde)

Rejane Faria Ribeiro-Rotta (FO / Universidade Federal de Goiás)

Renata Dutra Braga (INF / Universidade Federal de Goiás)

Rita Goreti Amaral (FF / Universidade Federal de Goiás)

Sheila Mara Pedrosa (UniEVANGÉLICA)

Silvana de Lima Vieira dos Santos (FEN / Universidade Federal de Goiás)

Taciana Novo Kudo (INF / Universidade Federal de Goiás)

Thais Lucena de Oliveira (CGISD / DATASUS / Secretaria Executiva / Ministério da Saúde)

### **Equipe de Produção**

Amanda Souza Vitor - graduanda (UFG)

Ester Adaianne Oliveira Ferreira - graduanda (UFG)

Gabriela Martins de Souza - graduanda (UFG)

Iêza Dara Costa Portela - graduada (UFG)

Iuri Vaz Miranda - graduando (UFG)

Jéssica Borges de Carvalho - técnica-administrativa (UFG)

Joyce Beatriz Ferreira da Costa Silva - graduanda (UFG)

Luciana Dantas Soares Alves - analista de TI

Luma Wanderley de Oliveira - doutoranda (UFG)

Patrícia Galúcio Coqueiro Galvão - técnica-administrativa (UFG)

Virgínia de Fernandes Souza - graduanda (UFG)

Sumaya Jorge Rabelo - graduanda (UFG)

Suse Barbosa Castilho - mestranda (UFG)

Warllson Jesus dos Santos - graduando (UNICEPLAC)

**Comissão de Governança da Informação em Saúde (CGIS)**

Silvana de Lima Vieira dos Santos

**Centro de Inovação em Gestão da Educação e do Trabalho em Saúde (CIGETS) e**

**Laboratório de Pesquisa em Empreendedorismo e Inovação (LAPEI)**

Cândido Vieira Borges Júnior

**Laboratório de Inovação e Estratégia em Governo (LineGov)**

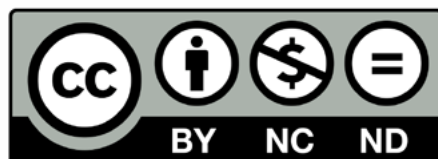
Antônio Isidro da Silva Filho

**Ministério da Saúde / Secretaria Executiva / Departamento de Informática do**

**Sistema Único de Saúde (DATASUS)**

Merched Cheheb de Oliveira

Esta obra é disponibilizada nos termos da Licença Creative Commons –  
Atribuição – Não Comercial – Compartilhamento pela mesma licença  
4.0 Internacional. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra,  
desde que citada a fonte



# Registro de sinais biológicos

Rita Goreti Amaral

Ana Laura de Sene Amâncio Zara

Fábio Nogueira de Lucena

Rejane Faria Ribeiro-Rotta

Renata Dutra Braga

Sheila Mara Pedrosa

Silvana de Lima Vieira dos Santos

Taciana Novo Kudo

(Organizadores)

**Cegraf UFG**

**2021**

© Cegraf UFG, 2021

© Rita Goreti Amaral; Ana Laura de Sene Amâncio Zara;

Fábio Nogueira de Lucena; Rejane Faria Ribeiro-Rotta; Renata Dutra Braga;

Sheila Mara Pedrosa; Silvana de Lima Vieira dos Santos; Taciana Novo Kudo, 2021

© Universidade Federal de Goiás, 2021

© Ministério da Saúde, 2021

#### Revisão editorial

Ana Laura Sene Amâncio Zara

#### Revisão técnica

Ana Claudia Sayeg Freire Murahovschi (Ministério da Saúde)

Ana Paula de Andrade Pannuti (Ministério da Saúde)

Andréia Cristina de Souza Santos (Ministério da Saúde)

Gabriella Nunes Neves (Ministério da Saúde)

Josélio Emar de Araújo Queiroz (Ministério da Saúde)

Juliana Pereira de Souza Zinader (Ministério da Saúde)

Mara Lucia dos Santos Costa (Ministério da Saúde)

Marcia Elizabeth Marinho da Silva (Ministério da Saúde)

Maria Cristina Ferreira de Abreu (Ministério da Saúde)

Patricia dos Santos Irigaray Rodrigues (Ministério da Saúde)

Rebeca Monteiro de Farias (Ministério da Saúde)

Robson Willian de Melo Matos (Ministério da Saúde)

Thais Lucena de Oliveira (Ministério da Saúde)

#### Capa

Iuri Vaz Miranda - graduando (UFG)

#### Editoração Eletrônica

Luma Wanderley de Oliveira - doutoranda (UFG)

Joyce Beatriz Ferreira da Costa Silva - graduanda (UFG)

<https://doi.org/10.5216/REG.ebook.978-85-495-0424-1/2021>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
GPT/BC/UFG

R337 Registro de sinais biológicos [E-book] / organizadores, Rita Goreti Amaral ... [et al.]. - Goiânia: Cegraf UFG, 2021. 26 p. : il.

ISBN (E-book): 978-85-495-0424-1

1. Saúde. 2. Paciente. 3. Monitoramento biológico. 4. Projeto de sistema centrado no usuário - Saúde digital. 5. Registros eletrônicos de saúde. I. Amaral, Rita Goreti.

CDU: 611

Bibliotecária responsável: Adriana Pereira de Aguiar / CRB1: 3172

# Registro de sinais biológicos

## Instituição responsável

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Comissão de Governança da Informação em Saúde da UFG (CGIS-UFG)

Centro de Inovação em Gestão da Educação e do Trabalho em Saúde (CIGETS)

Laboratório de Pesquisa em Empreendedorismo e Inovação da Universidade Federal de Goiás (LAPEI-UFG)

## Instituição financiadora

Ministério da Saúde (MS)

Secretaria Executiva (SE)

Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS)

Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde (SGTES)

## Apoio

Ministério da Saúde (MS):

Secretaria de Atenção Primária à Saúde (SAPS)

## Demais parceiros

Laboratório de Inovação e Estratégia em Governo (LineGov)

DISQUE  
SAÚDE  
136



MINISTÉRIO DA  
SAÚDE



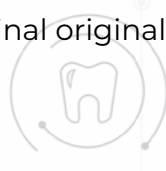
## Abreviaturas e Siglas

A/D	Análogo/Digital
Amp	Amplitude
CGIS	Comissão de Governança da Informação em Saúde
CIGETS	Centro de Inovação em Gestão da Educação e do Trabalho em Saúde
dB	Decibel
EMD	<i>Empirical Mode Decomposition</i>
EMG	Eletromiográfico
EMDRLS	<i>Empirical Mode Decomposition</i> combinada com um filtro <i>Recursive Least Squares</i>
Hz	Hertz
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
kHz	Quiloheartz
LAPEI	Laboratório de Pesquisa em Empreendedorismo e Inovação
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
LineGov	Laboratório de Inovação e Estratégia em Governo
mV	Milivolts
N	Número de Bits
NIATS	Núcleo de Inovação e Avaliação de Tecnologias em Saúde
pCO <sub>2</sub>	Pressão Parcial do Gás Carbônico
pO <sub>2</sub>	Pressão Parcial do Oxigênio
QRS	Ondas Q, R e S
SAPS	Secretaria de Atenção Primária à Saúde
SGTES	Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde
ua	Unidades Arbitrárias
UFG	Universidade Federal de Goiás
UNA-SUS	Universidade Aberta do Sistema Único de Saúde
UnB	Universidade de Brasília
wRLS	Filtro híbrido usando <i>wavelet</i> e filtro <i>recursive least squares</i> .



## Lista de Figuras e Vídeos

- Figura 1** - Sinal eletrocardiográfico típico (A) e um sinal eletromiográfico típico (B) [14](#)
- Figura 2** - Componente vertical da força de reação de solo, obtida por meio de uma plataforma de força, durante a inicialização da marcha [15](#)
- Figura 3** - Eletrocardiograma (A) e o tacograma correspondente (B) [17](#)
- Figura 4** - Função cosseno (periódica) com amplitude 3 (em unidades arbitrárias) e frequência 5 Hz (5 ciclos por segundo). Um sinal dado por uma função matemática é um sinal em tempo [20](#)
- Figura 5** - Dados do Índice de Preços ao Consumidor Amplo no Brasil, com intervalos de 30 dias é um exemplo de sinais em tempo discreto [21](#)
- Figura 6** - Exemplo de um sinal estocástico um ruído branco com variância igual a 1 [22](#)
- Figura 7** - Um sinal biológico exibindo características fractais: variação do intervalo de duração de uma passada durante uma caminhada (em segundos) [23](#)
- Figura 8** - Exemplo típico de caos exibido pela função quadrática  $F(x) = x^2 - 2$  [23](#)
- Figura 9** - Sinal eletromiográfico (EMG) corrompido pelo ruído de 60 Hz (A) e o mesmo sinal EMG após uma filtragem para remoção do ruído de 60 Hz (B) [24](#)
- Figura 10** - Sinal eletroencefalográfico contaminado pelo sinal eletromiográfico (EMG) do músculo masseter [25](#)
- Figura 11** - Exemplos de eletrodos [31](#)
- Figura 12** - Diagrama de blocos das etapas de processamento de sinais [31](#)
- Figura 13** - Cosseno de amplitude 2 (ua) e frequência 5 Hz (cinco ciclos completos em 1 segundo) [32](#)
- Figura 14** - Amostras do cosseno a intervalos regulares de tempo igual a 0,025 segundos, isto é, a uma frequência de amostragem de 40 Hz [33](#)
- Figura 15** - Sinal discreto no tempo obtido a partir da amostragem do nosso sinal contínuo no tempo, mostrado na Figura 14 [33](#)
- Figura 16** - Sinal discreto no tempo reproduzindo nosso sinal contínuo no tempo [34](#)
- Figura 17** - O mesmo sinal da Figura 13 agora com uma frequência de amostragem de 125 Hz [34](#)
- Figura 18** - O mesmo sinal da Figura 13 com uma frequência de amostragem de 2 Hz [35](#)
- Figura 19** - Amostrando o sinal da Figura 13 a uma frequência de amostragem de 2 Hz, recuperamos um sinal contínuo no tempo diferente do nosso sinal original [35](#)



<b>Figura 20</b> - Um exemplo de função escada utilizada na quantização para $N = 5$ bits (32 níveis de quantização), para um intervalo entre -10 e 10 mV	36
<b>Figura 21</b> - Um sinal contínuo no tempo de amplitude $\pm 10$ mV erroneamente adquirido com um nível de amplitude configurado em $\pm 5$ mV	38
<b>Figura 22</b> - Perfil do eletrocardiograma de um paciente com fibrilação atrial	41
<b>Figura 23</b> - Aquisição de 20 segundos de um sinal eletroencefalográfico de uma criança exibindo surtos epilépticos	42
<b>Figura 24</b> - Típico sinal eletromiográfico (EMG) de superfície de um músculo do membro inferior durante a marcha	42
<b>Figura 25</b> - Retificação de onda cheia do sinal eletromiográfico (EMG) da Figura 24	43
<b>Figura 26</b> - Envoltória do sinal eletromiográfico (EMG) retificado mostrado na Figura 24	44
<b>Figura 27</b> - Contração de maior intensidade da Figura 26 para mostrar o sinal integrado	44
<b>Figura 28</b> - Eletrocardiograma representado no domínio do tempo, entre os instantes de tempo 75 e 80 segundos	45
<b>Figura 29</b> - Detecção dos picos do complexo QRS do eletrocardiograma mostrado na Figura 28	45
<b>Figura 30</b> - Tacograma do eletrocardiograma mostrado na Figura 28	46
<b>Figura 31</b> - Eletrocardiograma da Figura 28 entre os instantes 60 e 120 segundos e o histograma dos intervalos de tempo entre as batidas do coração, extraído do tacograma	47
<b>Figura 32</b> - Decomposição por cossenos de diferentes amplitudes e diferentes frequências de um sinal eletrocardiográfico (sinal em vermelho) com duração de 1 segundo	51
<b>Figura 33</b> - Representação em frequência do sinal eletrocardiográfico mostrado em vermelho na Figura 32	52
<b>Figura 34</b> - Densidade espectral de potência (B) de um eletrocardiograma (A)	53
<b>Figura 35</b> - Espectrograma do sinal eletrocardiográfico mostrado na Figura 34	54
<b>Figura 36</b> - Espectrograma do sinal da Figura 24, em uma representação tempo-frequência	55
<b>Videoaula 1</b> - Tipos, origem e classificação dos sinais biológicos	26
<b>Videoaula 2</b> - Captação e aquisição de sinais biológicos	37
<b>Videoaula 3</b> - Processamento do sinal no domínio do tempo	47
<b>Videoaula 4</b> - Processamento do sinal no domínio da frequência	56



# Sumário

<b>Apresentação</b>	<b>11</b>
<b>Unidade 1: Origem, Classificação e Características do Sinal Biológico</b>	<b>12</b>
1.1 Introdução	13
1.2 Origem do Sinal Biológico	13
1.3 O Fenômeno Bioelétrico	18
1.4 Resumo	18
<b>Unidade 2: Tipos de Sinais</b>	<b>19</b>
2.1 Sinais em Tempo Contínuo e Sinais em Tempo Discreto	20
2.2 Tipos de Sinais	22
2.3 Ruído	24
2.4 Vídeoaula 1 - Sinais Biológicos	26
2.5 Resumo	26
2.6 Quiz	27
<b>Unidade 3: Captação e Aquisição de Sinais Biológicos</b>	<b>29</b>
3.1 Sensores e Transdutores	30
3.2 Aquisição de Sinais Biomédicos	31
3.3 Vídeoaula 2 - Captação e Aquisição de Sinais Biológicos	36
3.4 Situação-problema	37
3.4.1 Atenção à Configuração do Equipamento	37
3.4.2 Atenção à Segurança do Profissional de Saúde	38
3.4.3 Atenção à Segurança e Sigilo dos Sinais dos Pacientes	38
3.5 Resumo	38
<b>Unidade 4: Processamento do Sinal no Domínio do Tempo</b>	<b>40</b>
4.1 Introdução	41
4.2 Processamento do Sinal no Domínio do Tempo	42
4.3 Vídeoaula 3 - Processamento do Sinal no Domínio do Tempo	47
4.4 Resumo	48
<b>Unidade 5: Processamento do Sinal no Domínio da Frequência</b>	<b>49</b>
5.1 Introdução	50
5.2 Processamento do Sinal no Domínio da Frequência	52
5.3 Processamento em Tempo-frequência	53
5.4 Vídeoaula 4 - Processamento do Sinal no Domínio da Frequência	56
5.5 Resumo	56
<b>Unidade 6: Encerramento do Microcurso</b>	<b>57</b>

## Referências

Saiba mais...



59

60

# Apresentação

Seja bem-vindo(a) ao microcurso de **Registro de Sinais Biológicos!**

Sinais biológicos estão muito presentes no ambiente clínico/ambulatorial. O tempo todo escuta-se o coração de um paciente, mede-se sua temperatura corporal ou sua frequência cardíaca, inclusive sua pressão sanguínea. Isso tudo são sinais biológicos que mudam ao longo do tempo ou conforme uma dada condição, e até mesmo de paciente para paciente.

Assim, a proposta deste Microcurso é introduzir alguns conceitos para uma melhor compreensão do que é chamado de processamento de sinais biológicos.

Neste Microcurso, serão abordados temas como a natureza dos sinais biológicos, a forma como os sinais biológicos são captados e adquiridos e a forma como os sinais biológicos são processados, isto é, como se extrai informações úteis desses sinais.

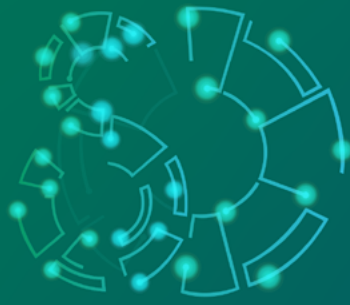
O Microcurso não tem a intenção de tornar o leitor um “expert” em processamento de sinais biológicos, mas introduzir alguns conceitos que o ajudarão a tomar algumas decisões no ambiente clínico/ambulatorial.

É importante ler os capítulos do *ebook*, assistir às videoaulas e fazer as atividades propostas na sequência apresentada. Espera-se que esse percurso, embora breve, seja interessante e enriquecedor e espera-se estimular o leitor a procurar aprofundar seus conhecimentos neste tema.

Bons estudos!

Prof. Marcus Fraga Vieira  
Engenheiro biomédico  
Laboratório de Bioengenharia e Biomecânica  
Universidade Federal de Goiás





EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

Unidade 1  
Origem, classificação  
e características do  
sinal biológico

Marcus Fraga Vieira



# Unidade 1: Origem, Classificação e Características do Sinal Biológico

## 1.1 Introdução

Na ciência é fundamental saber lidar com sinais e sistemas. Um sinal é o registro da energia produzida por um dado processo, que normalmente ocorre dentro de um determinado sistema. Em sinais biológicos, o sistema é o paciente, no qual vários processos ocorrem simultaneamente, produzindo energia de diferentes naturezas.

Em nossas casas existem exemplos de sistemas, com os quais lidamos todos os dias. A televisão é um exemplo. Um dado sinal difundido por uma fonte é captado por uma antena. Esse sinal é amplificado e conduzido à televisão, na qual é decodificado e mostrado na forma de imagem e som. Nesse sistema, antena e televisão, muitos processos ocorrem que, ao final, transformam uma onda eletromagnética em um espectro visível e uma onda mecânica, o som, que aparecem na televisão.

O paciente é um sistema no qual vários processos interagem para produzir um resultado surpreendente. É, por assim dizer, um sistema biológico, e uma das características de um sistema biológico é sua alta complexidade, que inclui a interação de vários processos.

Esses processos produzem energia de diferentes naturezas. Células excitáveis, como neurônios e fibras<sup>1</sup> musculares, produzem energia bioelétrica, a concentração de oxigênio ou de glicose no sangue, de origem química, assim como a pressão sanguínea produz uma energia mecânica.

Assim, um sinal biológico é um registro temporal de um evento biológico, como a contração de um músculo, o movimento de um segmento corporal ou a batida do coração. As atividades elétricas, químicas e mecânicas que ocorrem durante tais eventos frequentemente produzem sinais que podem ser registrados e analisados.

Sinais biológicos, portanto, contêm alguma informação útil que pode ser utilizada para compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos no processo que os produziram. Além disso, sinais biológicos são úteis para determinar o diagnóstico e o acompanhamento do paciente. Tudo isso envolve algum tipo de processamento, que, de forma simplificada, consiste em extrair do sinal informações úteis.

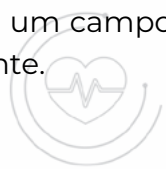
### 1 Nota do autor

As células musculares são denominadas de “fibras” por seu formato alongado e por possuírem vários núcleos. São células polinucleadas.

## 1.2 Origem do Sinal Biológico

Diversas são as fontes que originam sinais biológicos. De acordo com os processos fisiológicos que os originam, os sinais biológicos podem ser classificados como<sup>1,2</sup>:

- **Sinais bioelétricos:** são produzidos por células excitáveis como neurônios e fibras musculares. Essas células, quando excitadas, alteram o potencial transmembrana produzindo um campo elétrico que se propaga pelos tecidos e pode ser captado externamente.



Como exemplos de métodos para captar sinais bioelétricos, temos o eletroencefalograma, eletrocardiograma, o eletromiograma, o eletrorretinograma, entre outros.

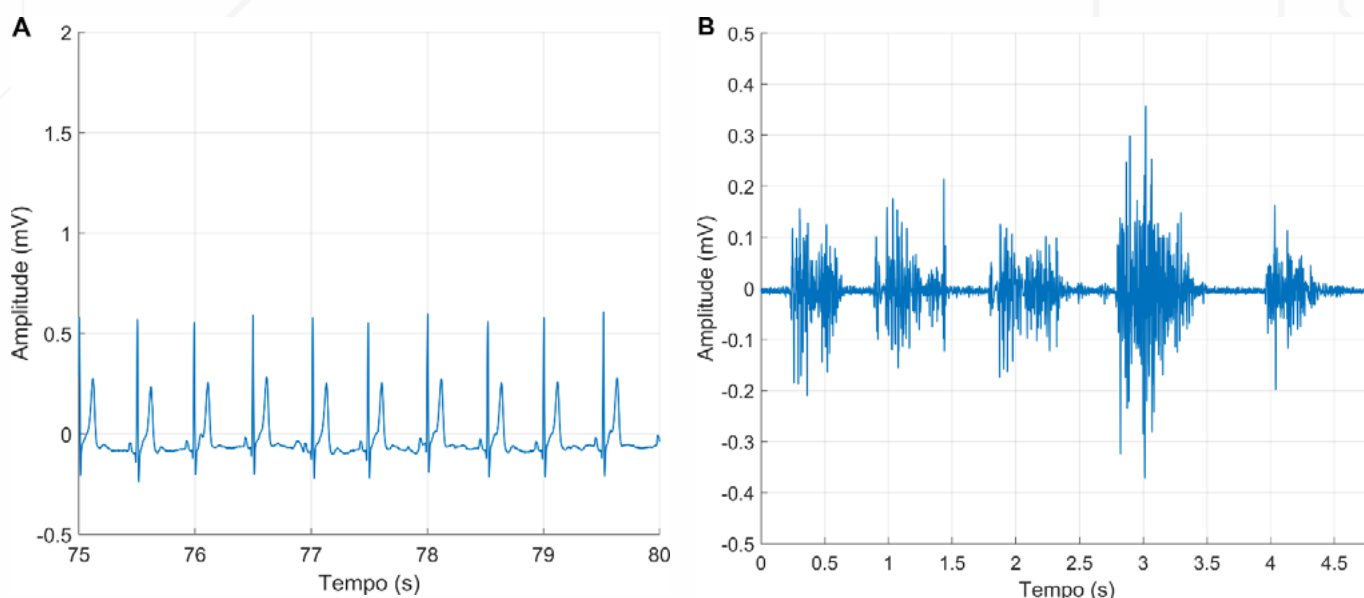
O eletroencefalograma é o registro da atividade dos neurônios das camadas mais superficiais do córtex cerebral. O eletroencefalograma é captado por eletrodos colocados no crânio em diferentes configurações, e possui ondas de diferentes frequências bem características (ondas alfa, beta, teta, e delta. Consulte Goette (2013), ou Rangayyan, (2002), para mais detalhes. O processamento do sinal no domínio da frequência será discutido na Unidade 5). O eletrocardiograma é a manifestação da atividade elétrica do músculo cardíaco captada por eletrodos na superfície do corpo. Conforme a disposição dos eletrodos na superfície do corpo, o gráfico do eletrocardiograma será diferente (Consulte Goette (2013) ou Rangayyan (2002), para mais detalhes). O eletromiograma é o registro da atividade elétrica das fibras musculares durante uma contração muscular (Rangayyan (2002), para mais detalhes).

## 2 Nota do autor

Potencial transmembrana é a diferença de potencial entre o meio intracelular e o meio extracelular. Uma mudança no potencial de membrana dos neurônios e fibras musculares é a base do fenômeno bioelétrico, e se propaga ao longo da membrana dessas células, sendo chamado de potencial de ação. Assista a uma breve aula sobre a geração do potencial de ação nesse [link](#).

Na Figura 1, são mostrados um sinal eletrocardiográfico típico (A), e um sinal eletromiográfico (EMG) típico (B). Observe os intervalos de tempo que correspondem à contração (de maior amplitude) e de relaxamento (de amplitude próxima a zero) do músculo.

**Figura 1** - Sinal eletrocardiográfico típico (A) e um sinal eletromiográfico típico (B)

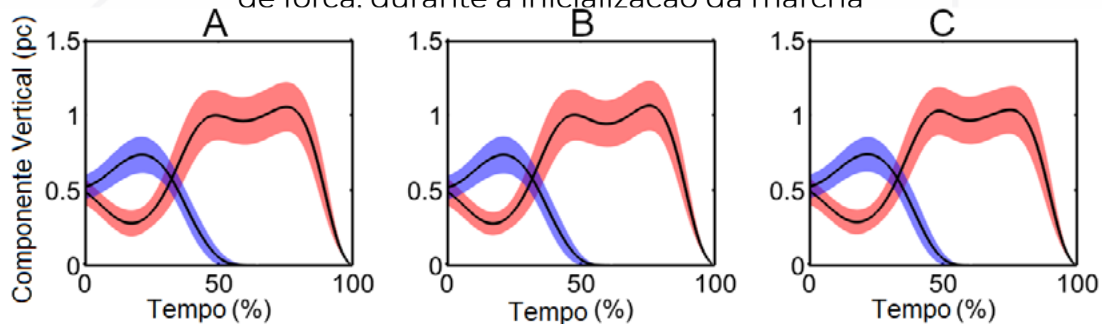


Fonte: autoria própria.



- **Sinais biomagnéticos:** campos magnéticos, embora de baixa magnitude, são produzidos por órgãos como coração, cérebro e pulmões. Com magnetômetros sensíveis, sensores capazes de registrar o campo magnético de um sistema em relação ao campo magnético da Terra, pode-se monitorar o campo magnético do cérebro (magnetoencefalografia), dos nervos periféricos (magnetoneurografia), do tubo digestivo (magnetogastrografia) e do coração (magnetocardiografia).
- **Sinais bioquímicos:** esses sinais carregam informações acerca da concentração de agentes químicos no corpo. Concentração de cálcio e potássio, pressão parcial do oxigênio ( $pO_2$ ) e gás carbônico ( $pCO_2$ ), nível de glicose ou lactato, são exemplos de sinais bioquímicos.
- **Sinais biomecânicos:** movimento, deslocamento, tensão, pressão e fluxo são fenômenos ou grandezas mecânicas que acontecem em nosso corpo e que produzem sinais biológicos mensuráveis. O gráfico da pressão arterial é um sinal biomecânico comumente usado no contexto clínico. Variáveis mecânicas são frequentemente utilizadas na análise da marcha em ortopedia e cirurgia (Figura 2). Sinais biomecânicos incluem também sinais advindos de sensores inerciais, que contém acelerômetros (registram a aceleração experimentada por um dado segmento corporal), giroscópios (registram a velocidade angular experimentada por esse segmento corporal) e magnetômetros (registram a variação do campo magnético em relação ao campo magnético da Terra).

**Figura 2** - Componente vertical da força de reação de solo, obtida por meio de uma plataforma de força, durante a inicialização da marcha



Fonte: modificada de Vieira et al., 2015.<sup>3</sup>

Nota: (A) Indivíduo descalço, (B) em uma espuma e (C) calçado. Em azul, pé de balanço; em vermelho, pé de apoio. O eixo horizontal está normalizado em relação à fase de apoio; o eixo vertical está normalizado em relação ao peso corporal (pc).



Um exemplo de exame muito utilizado no contexto clínico é o exame *Holter*, que, em alguns casos, combina um sensor de pressão sanguínea (sinal biomecânico) e um sensor de eletrocardiograma (um sinal bioelétrico) gravando os sinais em um dispositivo portátil durante um grande período de tempo.

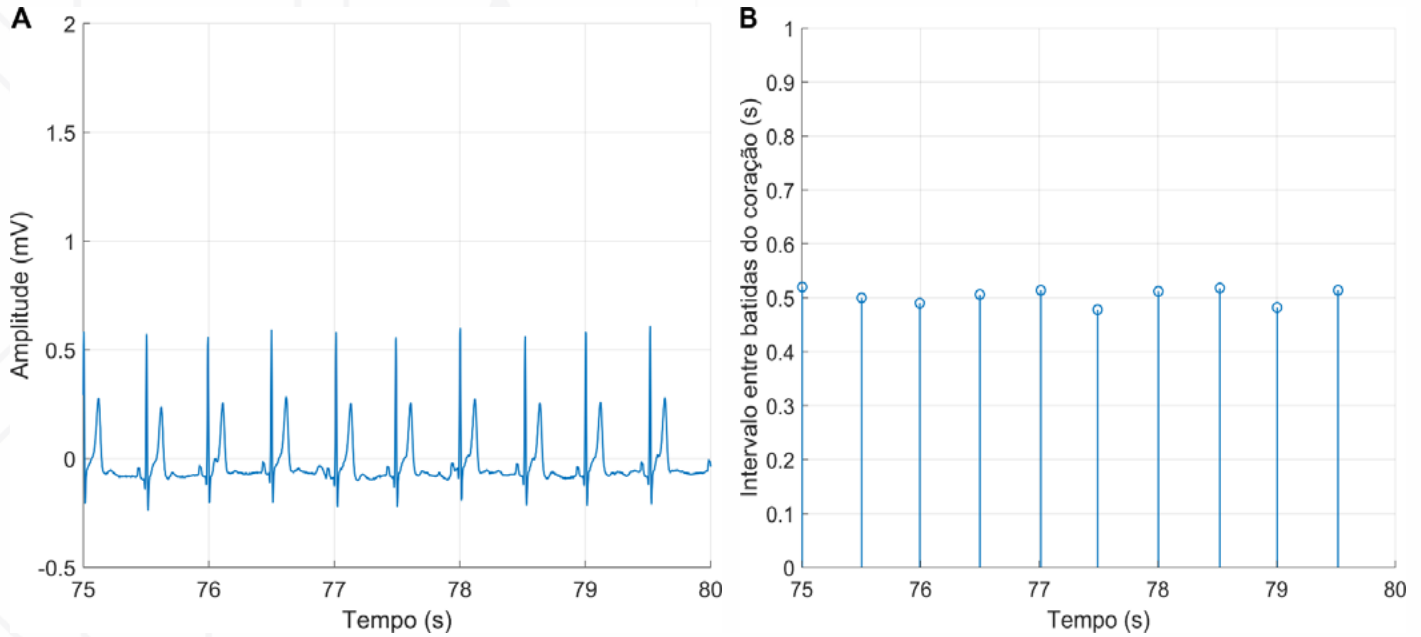
Sensores inerciais, assim como outros tipos de sensores, também podem ser embutidos em dispositivos vestíveis. É muito comum hoje em dia relógios equipados com sensores de frequência cardíaca e até mesmo oxímetros.

- **Sinais bioacústicos:** são na verdade um subconjunto dos sinais biomecânicos, mas que envolvem movimentos ou vibrações que produzem um som de valor diagnóstico. Exemplos são a escuta dos batimentos do coração, o som produzido pelo fluxo de sangue nos vasos sanguíneos, o som produzido pela respiração, o som dos batimentos fetais (Figura 4), entre outros.
- **Sinais bioópticos:** são sinais gerados por atributos ópticos ou induzidos pela luz de sistemas biológicos. Podem ocorrer naturalmente ou ser induzidos para medir um determinado parâmetro com uma luz externa. Esses sinais incluem bioluminescência (Figura 5), medidas de características de fluorescência do líquido amniótico e medidas de concentração do oxigênio no sangue obtida por absorção de luz através da pele ou de um tecido em particular (princípio de funcionamento do oxímetro, embora o oxímetro também possa ser classificado como um equipamento que mede um sinal bioquímico, isto é, a concentração de oxigênio no sangue).
- **Sinais térmicos:** estes incluem termografia e temperatura corporal, muito usados no diagnóstico e acompanhamento do paciente.

Alguns sinais são derivados dos sinais citados, como o tacograma (Figura 3), que é um sinal derivado do eletrocardiograma. O tacograma é um registro da duração dos intervalos entre cada batida do coração, tomados como o intervalo de tempo entre os picos do complexo QRS do eletrocardiograma em (A), cuja finalidade é avaliar a variabilidade da frequência cardíaca. O complexo QRS no eletrocardiograma corresponde à contração dos ventrículos do coração (Consulte Goette (2013) para mais detalhes).



**Figura 3** - Eletrocardiograma (A) e o tacograma correspondente (B)



Fonte: autoria própria.

Existem, ainda, os sinais que são produzidos valendo-se de determinadas propriedades do tecido biológico, como os sinais de bioimpedância, que indiretamente medem a composição corporal, tal como percentual de massa magra (músculos) e gordura corporal. Em Unidades de Terapia Intensiva e de monitoramento do sono, há equipamentos com múltiplos sinais, monitorando sinais eletroencefalográficos, eletrocardiográficos, EMG, pressão sanguínea e temperatura.

Além disso, não se pode deixar de citar as ferramentas utilizadas para diagnóstico por imagem, embora imagens não sejam sinais produzidos por processos fisiológicos. Aqui inclui-se imagens produzidas por raio x, por termografia, tomografia computadorizada, ultrassonografia (embora o ultrassom também seja usado para avaliar a integridade do biomaterial ou de determinadas funções, como o fluxo sanguíneo), ressonância magnética, tomografia por emissão de pósitrons.

Imagens médicas são sinais bidimensionais que não serão tratados diretamente neste Microcurso, embora os conceitos aqui introduzidos possam ser estendidos a esses sinais. Imagens médicas serão discutidas em um Microcurso específico.

Além de classificados conforme a fonte de origem, os sinais biológicos também podem ser classificados como a seguir<sup>1,2</sup>:

- conforme a aplicação biomédica. Exemplos: sinais para diagnóstico, sinais para monitoração do paciente.
- conforme as características do sinal: sinais contínuos, sinais discretos, sinais determinísticos, sinais estocásticos. Essa classificação será abordada com mais detalhes na Unidade 2.



### 1.3 O Fenômeno Bioelétrico

Vários eventos transmembrana nas células excitáveis são responsáveis pelo fenômeno bioelétrico. Esses eventos são responsáveis pela propagação de impulsos elétricos nos neurônios e fibras musculares, e geram um campo elétrico no meio extracelular passível de ser captado por eletrodos.

É recomendável assistir a esse vídeo para compreender o que é o **potencial de ação** no impulso nervoso, disponível no [link](#)

### 1.4 Resumo

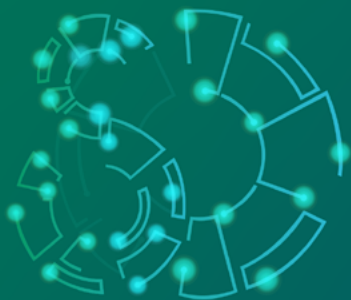
Nessa Unidade, nós vimos o que é um sinal e por que registrar e processar um sinal. Vimos também como os sinais biológicos podem ser classificados conforme a sua origem, apresentando diversos exemplos com aplicações clínicas.



#### Para lembrar...

- O que é um sinal?
- Por que registramos e processamos um sinal?
- Como os sinais biológicos são classificados quanto à origem?
- Há outras classificações possíveis para os sinais biológicos?





EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

## Unidade 2 Tipos de sinais

Marcus Fraga Vieira



## Unidade 2: Tipos de Sinais

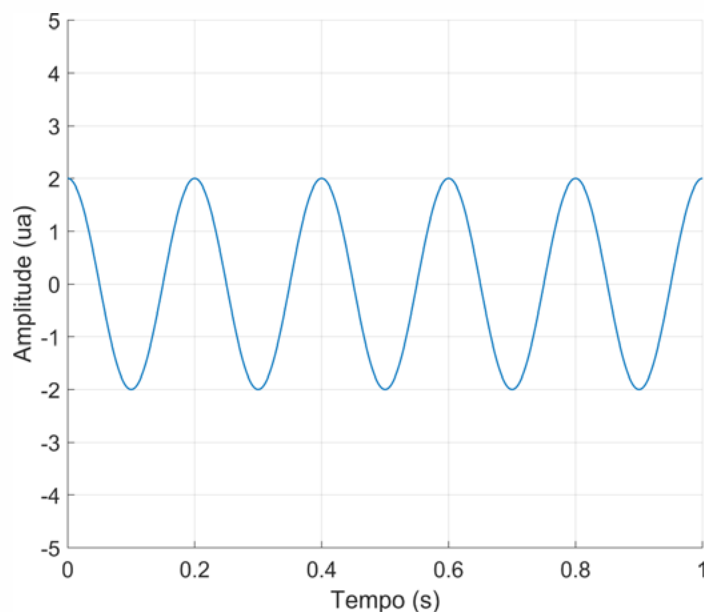
Com o advento dos computadores, praticamente todo o processamento de sinais passou a ser feito por *software* em máquinas cada vez mais rápidas. Entretanto, para que o processamento de sinais pudesse ser feito em computadores, um referencial teórico precisou ser desenvolvido, a matemática em tempo discreto, visto que os computadores não são capazes de lidar com sinais em tempo contínuo.

Mas o que é isso: sinais em tempo contínuo e sinais em tempo discreto?

### 2.1 Sinais em Tempo Contínuo e Sinais em Tempo Discreto

Sinais em tempo contínuo são aqueles sinais definidos para todo e qualquer instante de tempo. São também conhecidos como sinais analógicos. São sinais que são produzidos por processos também contínuos no tempo, um sinal que varia continuamente representando uma grandeza física que igualmente varia continuamente (Figura 4). Na Figura 4, vemos um exemplo de um sinal de tempo contínuo, o gráfico de uma função cosseno (uma função periódica) com amplitude 3 (em unidades arbitrárias [ua]) e frequência 5 Hz.

**Figura 4** - Função cosseno (periódica) com amplitude 3 (em unidades arbitrárias) e frequência 5 Hz (5 ciclos por segundo). Um sinal dado por uma função matemática é um sinal em tempo contínuo.



Fonte: autoria própria.

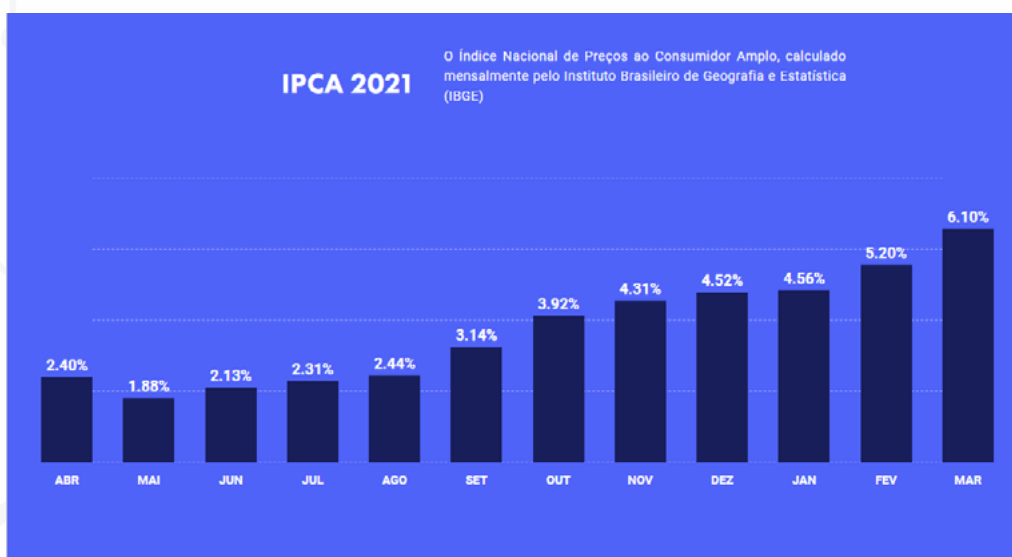


Sinais bioelétricos são tipicamente sinais em tempo contínuo, porque são continuamente produzidos no tempo. Os sinais bioelétricos advêm de processos que geram grandezas físicas produzidas continuamente no tempo, cujos sinais são captados continuamente por equipamentos analógicos, como um eletromiógrafo ou um eletrocardiógrafo.

Sinais em tempo contínuo são difíceis de serem processados em um *hardware* analógico. Precisamos convertê-los em sinais em tempo discreto a fim de serem processados em computadores, um *hardware* mais simples, porém, mais poderoso, comparado a um *hardware* analógico. Computadores não são capazes de processar sinais em tempo contínuo.

Mas, o que são sinais em tempo discreto? São sinais que não são definidos para todos os instantes de tempo e podem ser representados por uma sequência de números. Indicadores econômicos são exemplos típicos de sinais intrinsecamente em tempo discreto. No fechamento do dia, a cotação do dólar é dada naquele dia, ou seja, a cada vinte e quatro horas. Índices de inflação, como o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), são dados divulgados mensalmente, considerados sinais em tempo discreto (Figura 5).

**Figura 5** - Dados do Índice de Preços ao Consumidor Amplo no Brasil, com intervalos de 30 dias é um exemplo de sinais em tempo discreto.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021).<sup>5</sup>

Para processar sinais em tempo contínuo em computadores, precisamos convertê-los para sinais em tempo discreto. Esse processo de conversão analógico/digital, isto é, sinais em tempo contínuo para sinais em tempo discreto, chama-se amostragem de sinais em tempo contínuo.

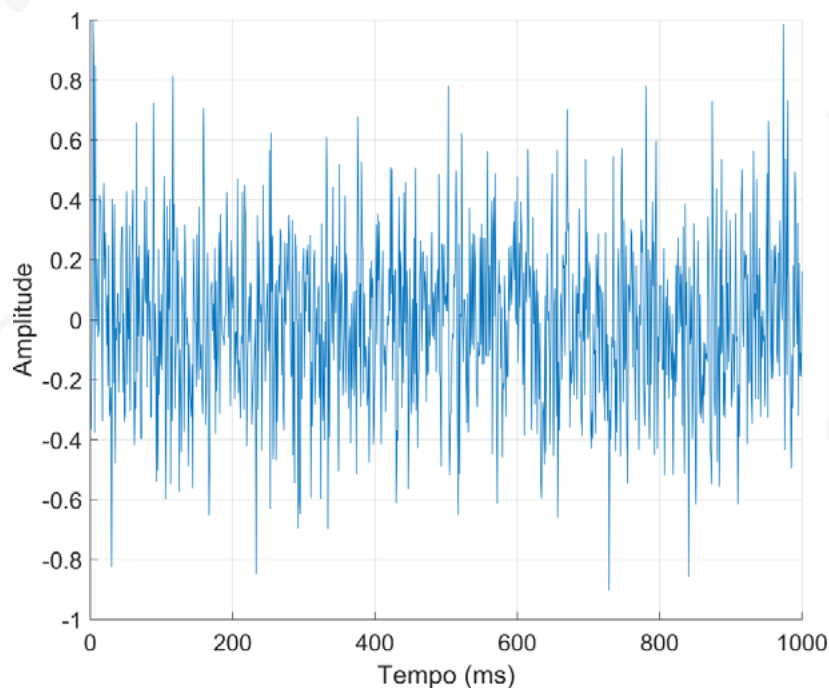
Alguns cuidados devem ser tomados ao se amostrar sinais em tempo contínuo, a fim de produzir sinais em tempo discreto passíveis de serem processados em computador. Discutiremos sobre amostragem de sinais em tempo contínuo na próxima Unidade. Por ora, vamos discutir sobre os tipos de sinais biológicos que podemos encontrar.



## 2.2 Tipos de Sinais

- **Sinais determinísticos:** são aqueles sinais totalmente previsíveis, isto é, valores futuros do sinal podem ser perfeitamente previstos a partir de valores passados. Exemplos típicos de sinais determinísticos são aqueles definidos por expressões matemáticas, como impulsos, exponenciais, cossenos, que nos permitem obter o valor do sinal em qualquer instante de tempo e prever o valor do sinal em qualquer instante futuro. O gráfico mostrado na Figura 4 é um exemplo típico de um sinal determinístico.
- **Sinais estocásticos:** são sinais aleatórios, para os quais é impossível prever com exatidão valores futuros a partir de valores passados. Um exemplo típico é o ruído branco, cujas amostras não guardam qualquer relação com amostras passadas e amostras futuras (Figura 6). O ruído branco é assim denominado por conter todas as bandas de frequência, e com igual potência (veja Unidade 5, Processamento do Sinal no Domínio da Frequência, de forma semelhante à luz branca, que é a soma de todas as demais cores (para mais detalhes, consulte Diniz et al. (2014)).

**Figura 6** - Exemplo de um sinal estocástico: um ruído branco com variância igual a 1.

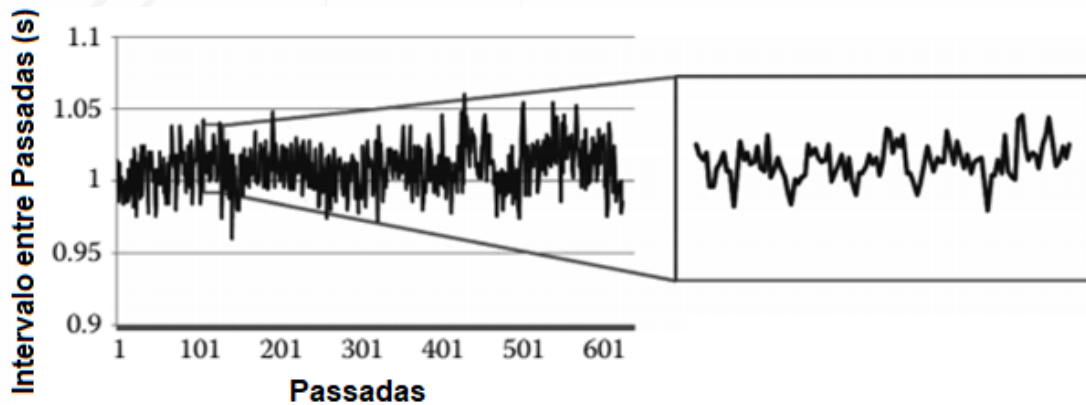


Fonte: autoria própria.

- **Sinais fractais:** fractais são conceitos geométricos que têm duas propriedades fundamentais – autossimilaridade e independência da escala. Fractal, quando visto de uma “lente de aumento”, revela estruturas que são essencialmente as mesmas do fractal como um todo. Sinais fractais, portanto, são aqueles que mostram semelhança em qualquer nível que sejam observados (Figura 7). Observe na Figura 7 que determinados padrões de variação do intervalo de passada se repetem independentemente da escala em que se observa o sinal.



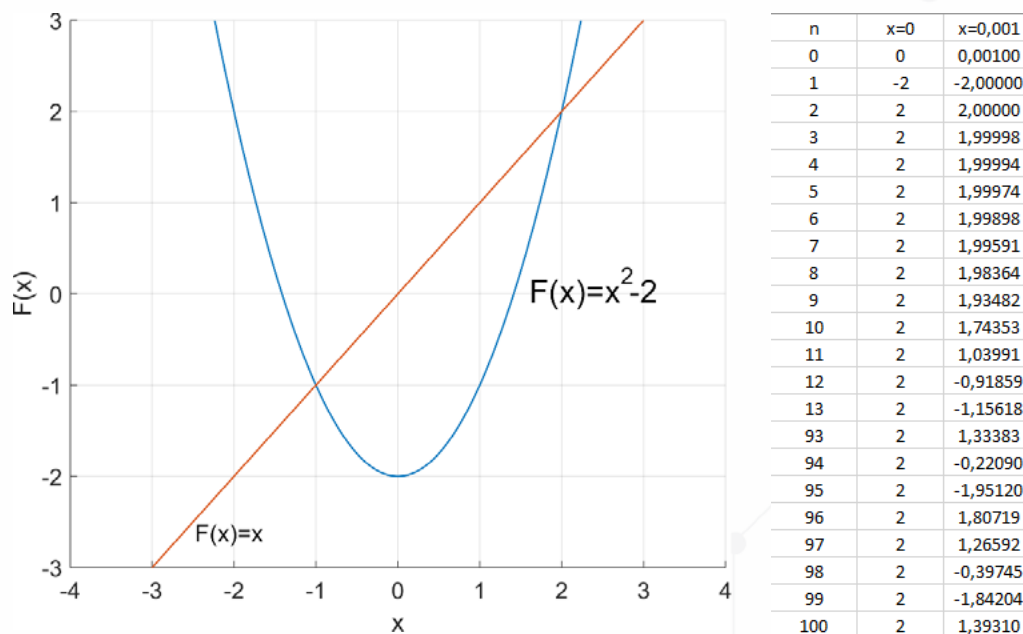
**Figura 7** - Um sinal biológico exibindo características fractais: variação do intervalo de duração de uma passada durante uma caminhada (em segundos)



Fonte: modificada de Stergiou (2016)<sup>6</sup>.

- **Sinais caóticos:** são sinais determinísticos, porém não periódicos, que são sensíveis às condições iniciais, mas que são limitados (Figura 8). Sinais biológicos comumente exibem características caóticas, como a variabilidade da frequência cardíaca. Na Figura 8, um exemplo típico de caos exibido pela função quadrática  $F(x) = x^2 - 2$ . O gráfico da função é mostrado à esquerda em azul. A reta em vermelho é a função  $F(x) = x$ . Nos valores à direita, observa-se que uma pequena alteração nas condições iniciais, de 0 para 0,001, produzem resultados completamente diferentes. Na segunda coluna, observa-se que após a segunda interação caímos no ponto 2, e de lá não saímos mais: é chamado de ponto fixo. Na terceira coluna, com uma pequena alteração na condição inicial, observamos o caos: há um distanciamento progressivo dos valores iniciais, e após a sexta interação não obtemos mais qualquer valor repetido – é o que chamamos de caos.

**Figura 8** - Exemplo típico de caos exibido pela função quadrática  $F(x) = x^2 - 2$



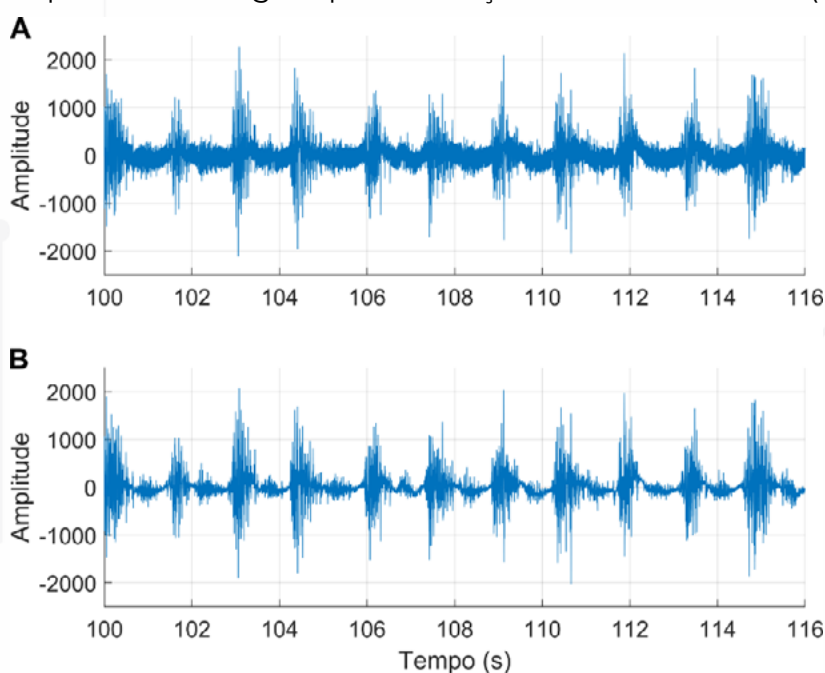
Fonte: autoria própria.



Sinais são processados com a finalidade de destacar o sinal desejado e extrair informações dele, assim como minimizar componentes não desejados no sinal. Assim, ruído é tudo aquilo que corrompe o sinal, incluindo aquilo que não é desejado no sinal. Normalmente tem-se a ideia de ruído como algo aleatório e indesejado que corrompe nosso sinal. Mas nem sempre é assim.

A fonte mais comum de ruído em sinais biológicos é aquele produzido pelo campo elétrico das redes de energia elétrica em nossos edifícios. Como nossa energia elétrica é do tipo alternada, com ciclos positivos e negativos que se alternam a 60 ciclos por segundo, ou seja, com uma frequência de 60 Hz, isso produz um ruído comumente denominado de ruído 60 Hz (Figura 9).

**Figura 9** - Sinal eletromiográfico (EMG) corrompido pelo ruído de 60 Hz (A) e o mesmo sinal EMG após uma filtragem para remoção do ruído de 60 Hz (B)



Fonte: autoria própria.

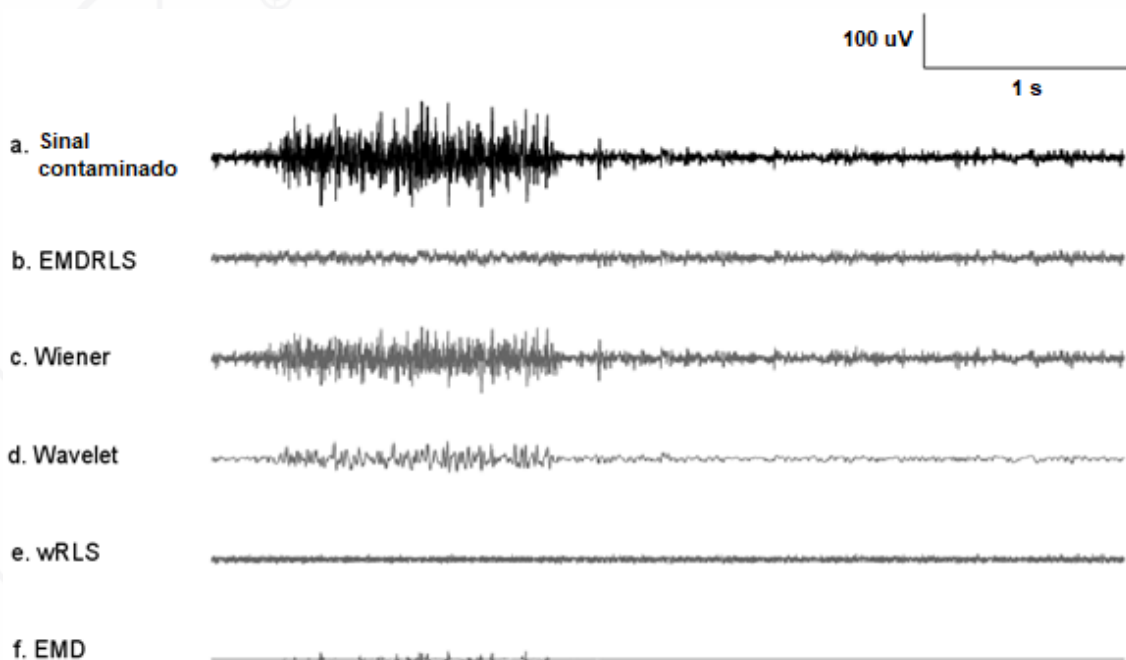
Esse é um ruído comum e relativamente fácil de ser evitado. Em sinais biológicos, literalmente aterramos nosso paciente e fazemos uma captação diferencial, isto é, obtemos a diferença entre o sinal captado por dois sensores dispostos em locais próximos, mas distintos. Assim, o ruído comum captado em cada sensor é bastante reduzido, restando o sinal desejado. O equipamento utilizado deve apresentar, em suas especificações, a capacidade de cancelar o ruído em captação diferencial, o que é chamado de modo de rejeição comum.

### Traduzindo...

**Aterramento:** Aterramento elétrico significa colocar instalações e equipamentos no mesmo potencial, de modo que a diferença de potencial entre a terra e o equipamento seja o menor possível.

Entretanto, o ruído, às vezes, é simplesmente algo indesejado em nosso sinal. Um exemplo típico são sinais EMG de músculos no tórax que aparecem corrompidos pelo sinal de eletrocardiograma ou o sinal do eletroencefalograma que aparece corrompido por sinais EMG de músculos da face (Figura 10). Nesses casos, técnicas mais complexas de cancelamento de ruído devem ser empregadas (Figura 10).

**Figura 10** - Sinal eletroencefalográfico contaminado pelo sinal eletromiográfico (EMG) do músculo masseter



Fonte: figura cedida por Andrade.<sup>1</sup>

Nota do autor: A figura mostra técnicas avançadas de processamento de sinais. EMD: empirical mode decomposition. EMDRLS: empirical mode decomposition combinada com um filtro recursive least squares. Wiener: filtro adaptativo de Wiener. Wavelet: filtro usando transformada wavelet discreta. wRLS: filtro híbrido usando wavelet e filtro recursive least squares.

<sup>1</sup> Figura gentilmente cedida pelo Prof. Adriano O. de Andrade, do Núcleo de Inovação e Avaliação de Tecnologias em Saúde (NIATS) da Universidade Federal de Uberlândia.

## 2.4 Videoaula 1 - Sinais Biológicos

Para conhecer mais sobre os sinais biológicos, assista a Videoaula 1.

### Videoaula 1 - Tipos, origem e classificação dos sinais biológicos



Fonte: autoria própria.

## 2.5 Resumo

Nessa Unidade, nós vimos o que são sinais contínuos e sinais discretos no tempo. Esses últimos são importantes no processamento de sinais digitais em computador, dado que os computadores só são capazes de lidar com sinais em tempo discreto. Vimos também como os sinais são classificados conforme suas características em sinais determinísticos, estocásticos, fractais e caóticos. Além disso, nós vimos o conceito de ruído em processamento de sinais.



1. Sinais estocásticos são sinais aleatórios, isto é, os valores que o sinal virá a ter no futuro podem ser perfeitamente previstos a partir de valores passados.

**Verdadeiro**

2. Sinais em tempo contínuo são aqueles definidos para todo e qualquer instante de tempo. Podem ser representados por uma sequência de números e tem por exemplo os Indicadores Econômicos.

**Verdadeiro**

3. Os computadores não são capazes de processar sinais contínuos no tempo. Assim, esses sinais são convertidos para sinais discretos no tempo. A esse processo de conversão analógico/digital, isto é, sinais em tempo contínuo para sinais em tempo discreto dá-se o nome de amostragem de sinais em tempo contínuo.

**Verdadeiro**

4. Ruído configura tudo aquilo que corrompe um sinal, incluindo aquilo que é indesejado no sinal. Pode-se citar como fonte mais comum de ruído, em sinais biológicos, aquele produzido pelo campo elétrico das redes de energia elétrica dos edifícios.

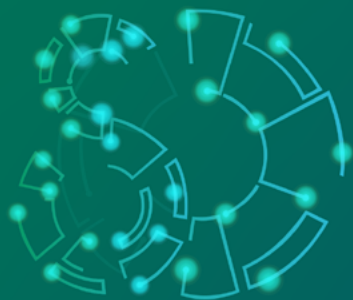
**Verdadeiro**



### Para lembrar...

- Sinais em tempo contínuo são sinais definidos para todo e qualquer instante de tempo.
- Sinais discretos no tempo são sinais definidos somente em determinados instantes de tempo.
- Sinais em tempo discreto são importantes no processamento de sinais em computador, dado que os computadores só são capazes de lidar com sinais em tempo discreto.
- Os sinais são classificados conforme suas características em sinais determinísticos, sinais estocásticos, sinais fractais, sinais caóticos.
- Ruído é tudo aquilo que corrompe o sinal desejado.





EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

## Unidade 3 Captação e Aquisição de sinais biológicos

Marcus Fraga Vieira



## Unidade 3: Captação e Aquisição de Sinais Biológicos

### 3.1 Sensores e Transdutores

Sensores são dispositivos utilizados na captação da energia produzida por um determinado processo. Sensores entregam o mesmo tipo de energia captada ao condicionador de sinais, sem qualquer tipo de transformação. Condicionador de sinal é o dispositivo que vai amplificar o sinal, filtrá-lo, convertê-lo de analógico para digital, e fornecê-lo ao computador para a visualização. Transdutores, por outro lado, são dispositivos que captam a energia de um dado processo, mas a convertem em uma outra energia antes da etapa de condicionamento do sinal.

Eletrodos usados na captação do sinal eletrocardiográfico é um exemplo típico de um sensor: captam uma energia de natureza elétrica, que provém do fenômeno bioelétrico de despolarização das fibras musculares cardíacas, e fornecem um sinal igualmente elétrico ao condicionador de sinais. Acelerômetros e oxímetros, por outro lado, são transdutores: captam uma energia essencialmente mecânica, no caso do acelerômetro, ou uma concentração química por meio de sinais ópticos, no caso do oxímetro, mas os convertem a um sinal elétrico antes de os enviarem ao condicionador de sinais.

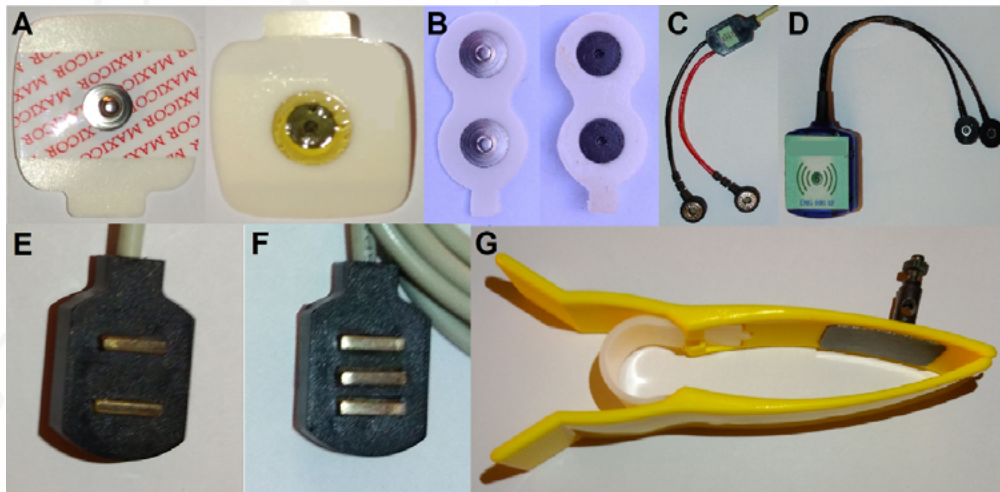
Os sensores e transdutores servem, portanto, como uma interface entre um sistema biológico e um sistema eletrônico, sendo desejável que não afetem nenhum desses sistemas. De maneira geral, sensores biomédicos podem ser classificados em sensores físicos e sensores bioquímicos. Sensores físicos captam grandezas geométricas, mecânicas, térmicas, elétricas e hidráulicas, incluindo aplicações em movimentação do músculo, pressão arterial, temperatura corporal, fluxo sanguíneo, pressão do fluido cerebrospinal, entre outros.

Sensores bioquímicos são aqueles que são sensíveis a grandezas químicas tais como a presença de um componente químico em particular, ou a concentração de componentes químicos como oxigênio e glicose. Os sensores químicos incluem aqueles sensíveis a um gás, a eletroquímicos, e sensores fotométricos e bioanalíticos.

De capital importância são os sensores bioelétricos que captam a energia de fenômenos bioelétricos, discutidos anteriormente, que possuem destacada importância clínica. Os sensores utilizados para captação do sinal bioelétrico são chamados de eletrodos, e constituem uma interface metal-tecido biológico na qual reações são necessárias para que uma carga seja transferida entre o tecido vivo e o eletrodo. Ocorre uma alteração na concentração de íons no tecido biológico próximo ao eletrodo, de forma a alterar a diferença de potencial entre o tecido biológico e o eletrodo. Na Figura 11, vemos diferentes tipos de eletrodos.



**Figura 11** - Exemplos de eletrodos



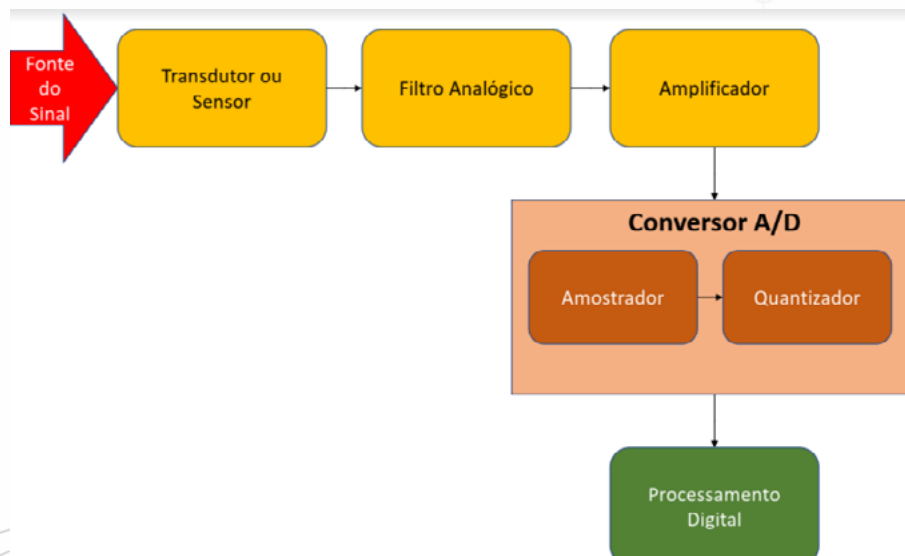
Fonte: autoria própria.

Em (A), eletrodo de clipe descartável para eletrocardiografia e eletromiografia de superfície. Em (B), eletrodo duplo de clipe descartável para eletromiografia de superfície. Ambos os eletrodos em (A) e (B) são conectados a um pré-amplificador com fio (C), ou sem fio (D). Este último comunica-se por rádio-frequência com o condicionador de sinais. Em (D), eletrodo diferencial para eletromiografia de superfície. Em (E), eletrodo diferencial em barra para eletromiografia de superfície. Em (F), eletrodo duplo diferencial em barra para eletromiografia de superfície. Em (G), eletrodo de referência para eletromiografia de superfície. O eletrodo de referência é posicionado em uma região com menos músculos quanto possível.

### 3.2 Aquisição de Sinais Biomédicos

Na Figura 12, vemos um diagrama com as etapas iniciais do processamento de sinais, destacando as etapas de captação e aquisição do sinal. A etapa de captação inclui as três primeiras etapas mostradas na Figura 12, nas quais o sinal original é captado por algum sensor ou transdutor, amplificado e filtrado a fim de limitar a sua banda (explicaremos o que é isso mais para frente). O conversor A/D refere-se ao conversor analógico/digital, que converterá o sinal em tempo contínuo no sinal digital, discreto no tempo e discreto em amplitude.

**Figura 12** - Diagrama de blocos das etapas de processamento de sinais



Fonte: autoria própria.



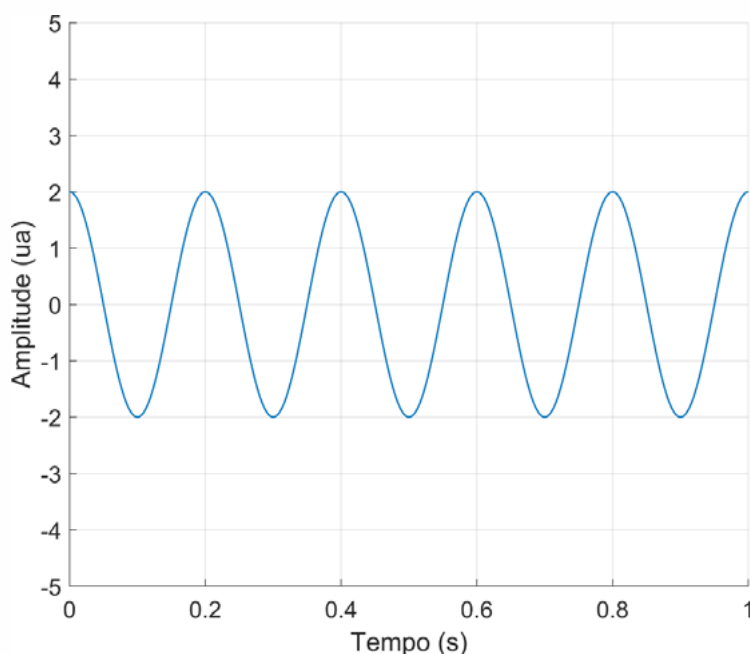
A etapa de aquisição é a conversão analógico/digital do sinal (bloco Conversor A/D na Figura 12), que na verdade é a conversão do sinal em tempo contínuo para o sinal em tempo discreto. Este último, passível de ser processado em computador.

Uma das etapas da aquisição do sinal é a amostragem de um sinal de tempo contínuo de forma a produzir um sinal de tempo discreto. A amostragem do sinal de tempo contínuo é uma etapa capital no processamento digital de sinais, e exige alguns cuidados que explicaremos a seguir. A segunda etapa da aquisição do sinal é a quantização do sinal do tempo contínuo de forma a produzir um sinal com amplitude discreta. Assim, produzimos um sinal digital, discreto no tempo e discreto na amplitude. O sinal digital, então, pode ser processado em um computador (computadores não são capazes de processar sinais analógicos, de tempo contínuo).

Como a maioria dos fenômenos fisiológicos dos quais captamos um sinal biológico são contínuos no tempo, assim também são os sinais biológicos. Precisamos convertê-los para um sinal em tempo discreto a fim de processá-los em computador. Vejamos em que consiste a amostragem de um sinal em tempo contínuo.

Suponha que tenhamos um cosseno em tempo contínuo, como mostrado na Figura 13. Esse cosseno tem amplitude 2, em unidades arbitrárias (ua), e frequência igual a 5 Hz. Observe que em 1s (veja o eixo horizontal), esse cosseno tem cinco ciclos, razão pela qual tem frequência igual a 5 Hz (ou 5 ciclos por segundo).

**Figura 13** – Cosseno de amplitude 2 (ua) e frequência 5 Hz (cinco ciclos completos em 1 segundo)

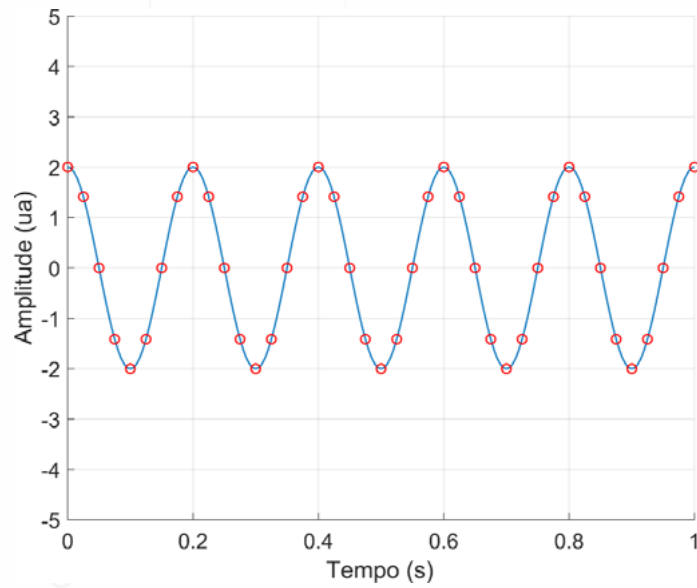


Fonte: autoria própria.

Vamos tomar amostras desse sinal a intervalos constantes de 0,025 segundos, como mostra a Figura 14. Isso é um processo de amostragem do sinal em tempo contínuo. Esse intervalo constante de tempo, em cujos múltiplos tomamos amostras do sinal em tempo contínuo, chamamos de período de amostragem, cujo inverso é a frequência de amostragem. A frequência de amostragem nesse exemplo é, portanto, igual a 40 Hz. Isso significa que tomamos 40 amostras do sinal em tempo contínuo a cada 1 segundo.



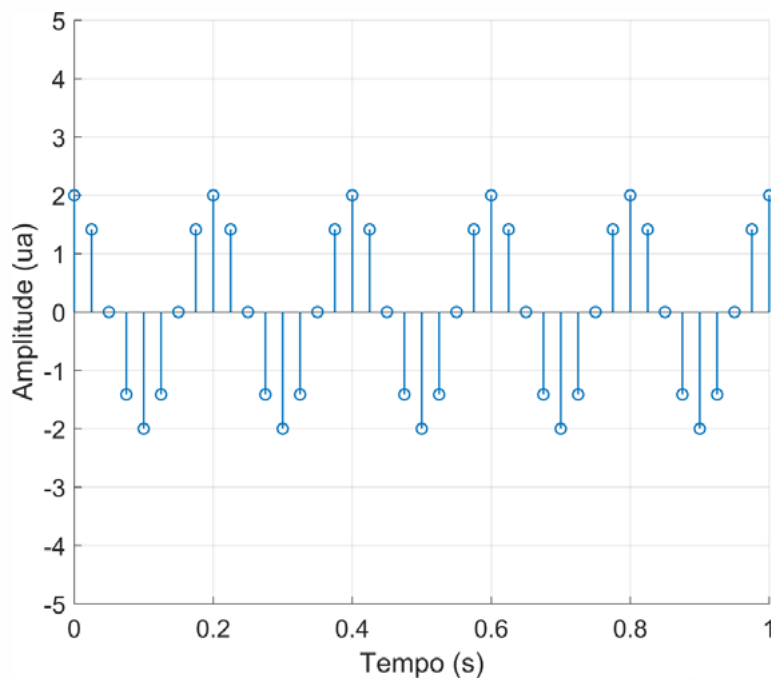
**Figura 14** - Amostras do cosseno a intervalos regulares de tempo igual a 0,025 segundos, isto é, a uma frequência de amostragem de 40 Hz



Fonte: autoria própria.

Vamos agora construir o sinal em tempo discreto com as amostras que foram tomadas do sinal em tempo contínuo (Figura 15).

**Figura 15** - Sinal discreto no tempo obtido a partir da amostragem do nosso sinal contínuo no tempo, mostrado na Figura 14

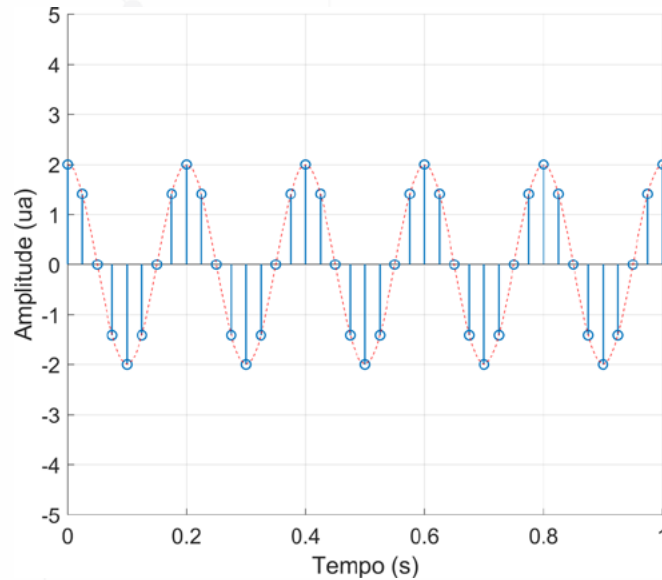


Fonte: autoria própria.

Veja que o sinal em tempo discreto reproduz as características do sinal em tempo contínuo (Figura 16).



**Figura 16** - Sinal discreto no tempo reproduzindo nosso sinal contínuo no tempo

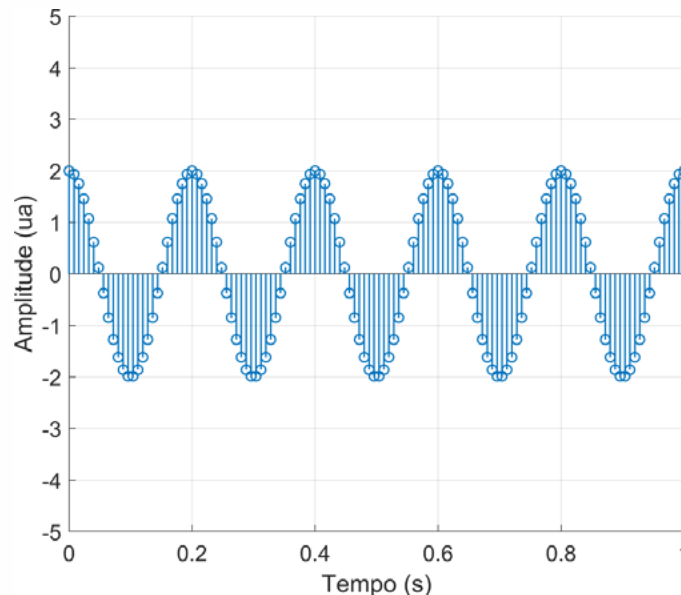


Fonte: autoria própria.

Nota do autor: Em azul, as amostras que foram tomadas do sinal em tempo contínuo. Em vermelho, a linha tracejada é o sinal em tempo contínuo original.

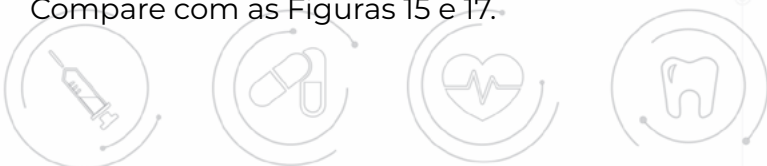
Observe que o sinal em tempo discreto vai se aproximar mais ainda do sinal em tempo contínuo no tempo se aumentarmos a frequência de amostragem. Vejamos como ficaria se adotarmos uma frequência de amostragem de 125 Hz (Figura 17). Compare a Figura 15 com a Figura 17. Com uma frequência de amostragem mais elevada, o sinal em tempo discreto reproduz melhor o sinal em tempo contínuo.

**Figura 17** - O mesmo sinal da Figura 13 agora com uma frequência de amostragem de 125 Hz

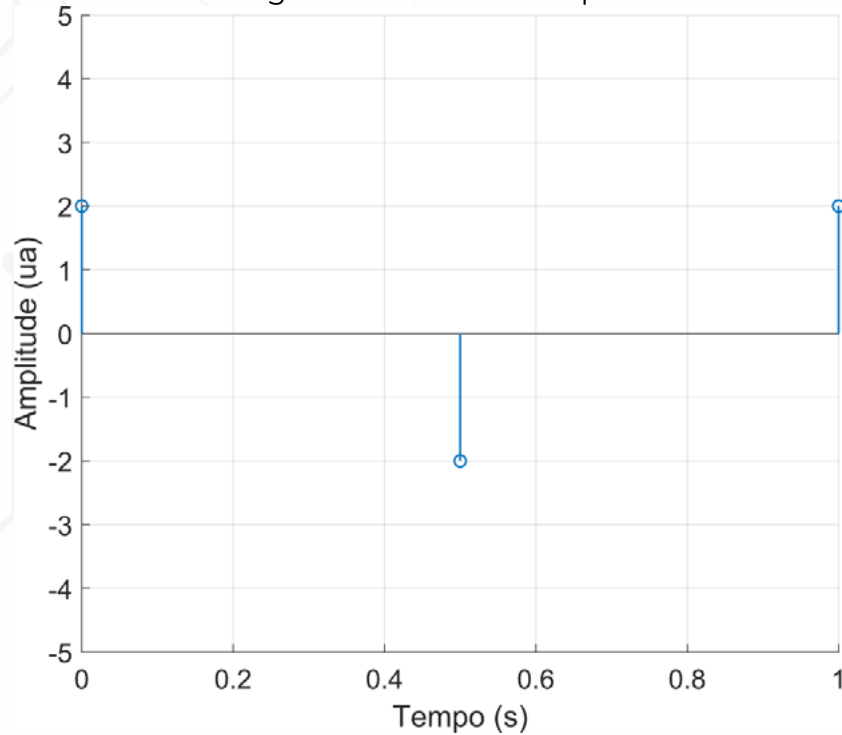


Fonte: autoria própria.

O que aconteceria se, por um descuido, o sinal fosse amostrado a uma frequência de amostragem de 2 Hz? Ficaria como mostrado na Figura 18. Observe que não é possível visualizar o sinal original. Compare com as Figuras 15 e 17.



**Figura 18** - O mesmo sinal da Figura 13 com uma frequência de amostragem de 2 Hz

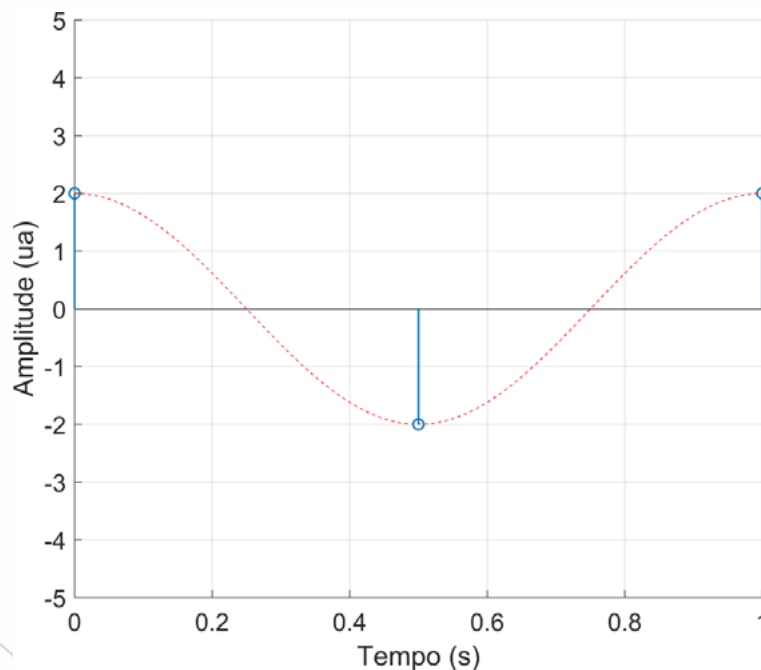


Fonte: autoria própria.

Pelo sinal em tempo discreto da Figura 18 não é possível recuperar o sinal original em tempo contínuo. Na verdade, seria recuperado um cosseno diferente do cosseno original. Veja na Figura 19. Compare a linha tracejada vermelha com o sinal original mostrado na Figura 13.

O processo de amostragem deve, portanto, ser feito com cuidado. De acordo com a teoria de processamento digital de sinais, um sinal em tempo contínuo deve ser amostrado com uma frequência de amostragem pelo menos maior do que duas vezes a frequência do sinal original em tempo contínuo. Além disso, quanto maior a frequência de amostragem, respeitando esse valor mínimo, mais semelhante ao sinal original será o sinal em tempo discreto.

**Figura 19** - Amostrando o sinal da Figura 13 a uma frequência de amostragem de 2 Hz, recuperamos um sinal contínuo no tempo diferente do nosso sinal original

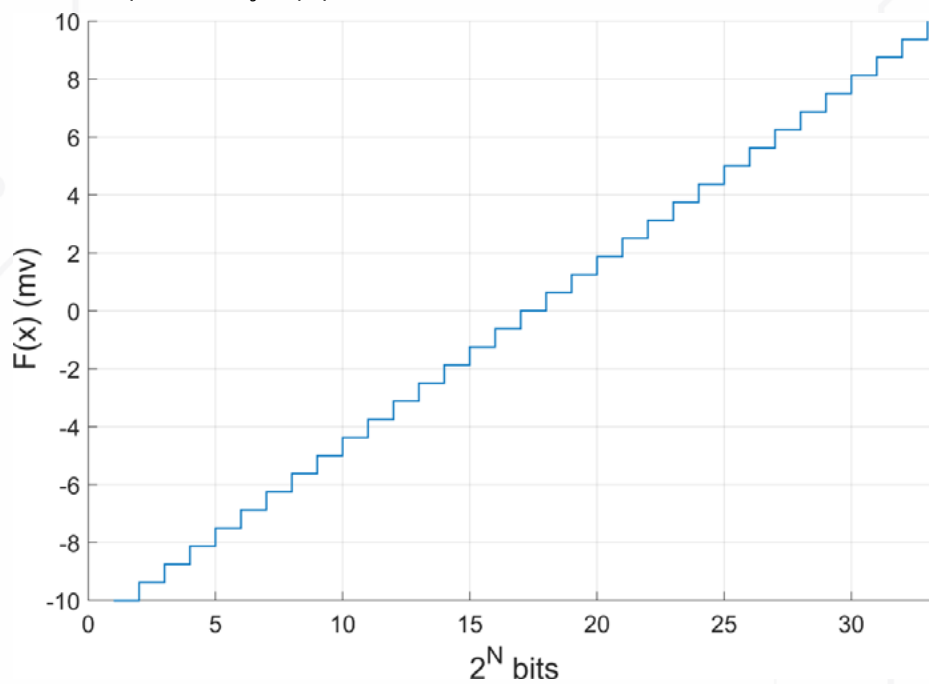


Fonte: autoria própria.

O processo de quantização do sinal em tempo contínuo, isto é, tornar o sinal discreto em amplitude, depende da resolução do equipamento utilizado. Geralmente essa resolução é expressa em número de bits (N), de tal forma que o equipamento utilizado é capaz de produzir até  $2^N$  níveis de amplitude ao tornar o sinal discreto em amplitude. Por exemplo, se o sinal é captado entre 0 e 10 mV, e o equipamento tem 2 bits de resolução, o equipamento será capaz de quantizar o sinal captado em até  $2^2 = 4$  níveis de amplitude, isto é, 0 – 2,5 – 5,0 – 7,5 – 10,0 mV. Todos os demais possíveis valores do sinal original seriam aproximados para um desses níveis: o nível mais próximo. É claro que com somente 2 bits de resolução o equipamento produziria sinais discretos em amplitude muito truncados. Por isso, a maioria dos equipamentos atuais têm 12, 16, 24 bits, ou mais, capazes de quantizar o sinal em tempo contínuo em  $2^{24} = 16.777.216$  níveis de amplitude. Para um sinal em tempo contínuo contido entre 0-10 mV, por exemplo, o sinal digital (discreto no tempo e discreto na amplitude) ficará bem “suave”.

A operação de quantização consiste na multiplicação do sinal em tempo contínuo por uma função escada, como mostrada na Figura 20. Observe que quanto maior a resolução do equipamento utilizado, maior o número de quantização e, portanto, mais fiel ficará o sinal digital em relação ao sinal original em tempo contínuo. A amplitude das amostras tomadas do sinal original em tempo contínuo será arredondada para um desses níveis de quantização. Observe que quanto maior o número de bits de resolução do equipamento utilizado, maior o número de níveis de quantização, e, portanto, mais suave será o sinal digital.

**Figura 20** - Um exemplo de função escada utilizada na quantização para N = 5 bits (32 níveis de quantização), para um intervalo entre -10 e 10 mV



Fonte: autoria própria.

### 3.3 Vídeoaula 2 - Captação e Aquisição de Sinais Biológicos

Assista, a seguir, os cuidados necessários durante a captação e aquisição de sinais biológicos (Vídeo 3).





Fonte: autoria própria.

### 3.4 Situação-problema

Na coleta de sinais biológicos, a preparação do equipamento, do ambiente e do paciente são de fundamental importância. Prepare o ambiente adequadamente quanto à temperatura e à luz. Explique o procedimento para que seu paciente sinta confiança em você. Instrua como seu paciente deve se portar a fim de não interferir na qualidade do sinal adquirido, sobretudo, quanto à forma de interromper a sessão, caso seu paciente sinta algum desconforto.

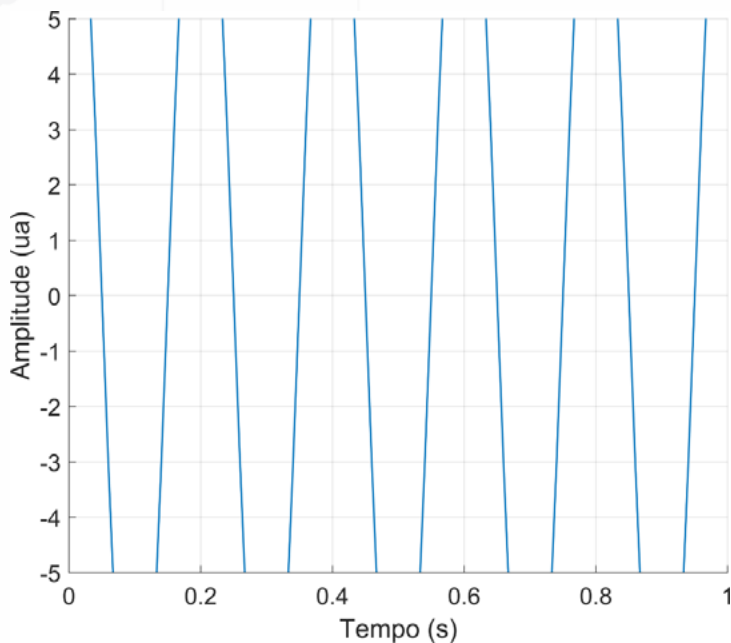
#### 3.4.1 Atenção à Configuração do Equipamento

Verifique cuidadosamente se as características do seu equipamento atendem ao tipo de sinal que deseja registrar. Geralmente, os equipamentos fabricados para o uso clínico são bem específicos e não precisamos nos preocupar com a maioria dos parâmetros de configuração: eletrocardiógrafo é destinado somente para eletrocardiografia, eletroencefalógrafo somente para encefalografia.

Mas, alguns parâmetros podem ser configurados, como a frequência de amostragem, o nível da amplitude de aquisição, e o tempo de aquisição. Verifique se a frequência de amostragem é adequada para o sinal a ser adquirido: deve ser suficientemente grande a fim de produzir um sinal digital suave e bem semelhante ao sinal original. Verifique também se o nível da amplitude de aquisição está adequado. De outra maneira o seu sinal pode ser truncado (Figura 21). Nesse caso, diz-se que o sinal “saturou”. Observe como o sinal aparece truncado em amplitude na Figura 21.



**Figura 21** - Um sinal contínuo no tempo de amplitude  $\pm 10$  mV erroneamente adquirido com um nível de amplitude configurado em  $\pm 5$  mV



Fonte: autoria própria.

### 3.4.2 Atenção à Segurança do Profissional de Saúde

Se você for coletar algum sinal que dependa de algum biomarcador radioativo (tal como carbono 14 ou iodo 131), esteja atento às recomendações relativas à segurança radiológica tanto para seu paciente quanto para si mesmo.

### 3.4.3 Atenção à Segurança e Sigilo dos Sinais dos Pacientes

Todos os dados e sinais coletados de pacientes estão protegidos pela Lei 13.709/2018, Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).<sup>7</sup> Os sinais coletados dos pacientes devem ser utilizados somente pelos profissionais que os solicitaram com a finalidade de diagnóstico ou acompanhamento ou somente no ambiente hospitalar para monitoramento do paciente internado. Mesmo assim, o sigilo a esses dados deve ser garantido. Além disso, os sinais coletados só podem ser utilizados para outros fins, como pesquisa, com autorização por escrito dos pacientes.

## 3.5 Resumo

Nessa Unidade, nós vimos o que são sensores e transdutores. Vimos também as etapas para a captação, aquisição e processamento dos sinais biológicos. A mais importante e com a qual devemos ter um cuidado especial é a etapa de aquisição que envolve a conversão de um sinal em tempo contínuo em um sinal em tempo discreto, apropriado para um processamento em computador. Esteja atento também às dicas de preparação e segurança na coleta de sinais biológicos!

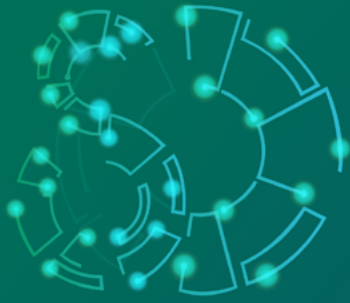




### Para lembrar...

- Sensores são dispositivos utilizados na captação da energia produzida por um determinado processo.
- Transdutores são dispositivos que captam a energia de um dado processo, mas a convertem em uma outra energia antes da etapa de condicionamento do sinal.
- Dentre as etapas para a captação, aquisição e processamento dos sinais biológicos, a mais importante e que se deve ter um cuidado especial é a etapa de aquisição que envolve a conversão de um sinal em tempo contínuo em um sinal em tempo discreto no tempo, apropriado para um processamento em computador.





EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

Unidade 4  
**Processamento  
do sinal no  
domínio do  
tempo**

Marcus Fraga Vieira



## Unidade 4: Processamento do Sinal no Domínio do Tempo

### 4.1 Introdução

Nos exemplos de sinais biológicos mostrados até então, o sinal estava representado no domínio do tempo, isto é, a variável independente no eixo horizontal era o tempo. Essa é a representação mais intuitiva de um sinal, dado que o sinal varia com o tempo.

A inspeção visual de um sinal representado no domínio do tempo fornece muitas informações acerca do paciente. Consiste em verificar quando ocorre algum evento por variação na amplitude do sinal ou variação na sequência de amostras do sinal. Isso é muito comum em um contexto clínico com sinais de eletrocardiograma (Figura 22) e eletroencefalograma (Figura 23), por exemplo.

Nas Figuras 22 e 23, o sinal está representado no domínio do tempo, na qual o eixo horizontal é o tempo, em um intervalo de 10 segundos. Na Figura 22, as setas e linhas verticais azuis indicam a ocorrência do complexo QRS. Da representação do sinal no domínio do tempo, muitas informações acerca do paciente podem ser extraídas visualmente.

A Figura 23 é uma representação típica de um sinal no domínio do tempo, na qual o eixo horizontal é o tempo.

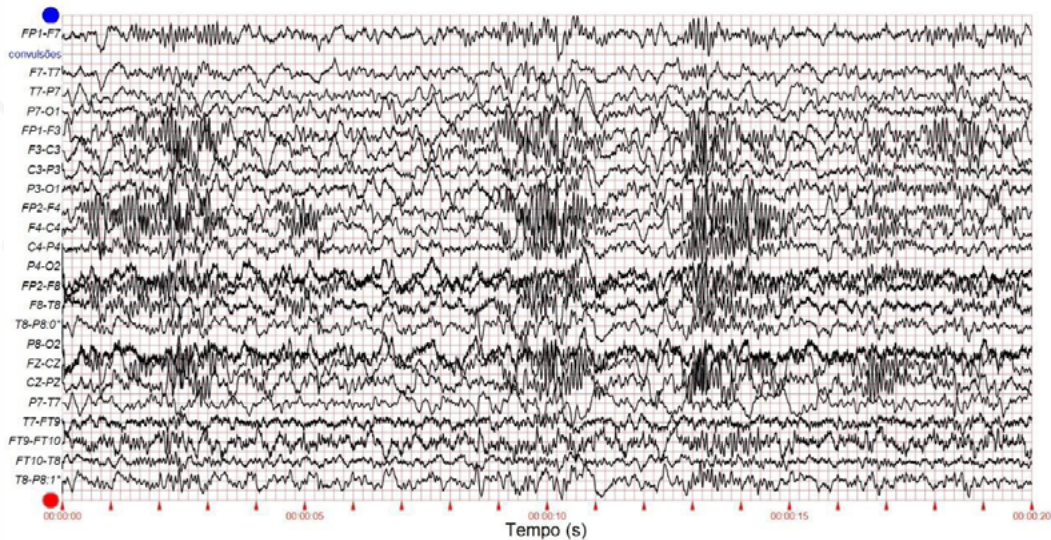
**Figura 22** - Perfil do eletrocardiograma de um paciente com fibrilação atrial



Fonte: Disponível publicamente em <https://www.physionet.org/content/aftdb/1.0.0/>, acessado em 10/08/2021, Moody (2004).<sup>8</sup>



**Figura 23** - Aquisição de 20 segundos de um sinal eletroencefalográfico de uma criança exibindo surtos epilépticos

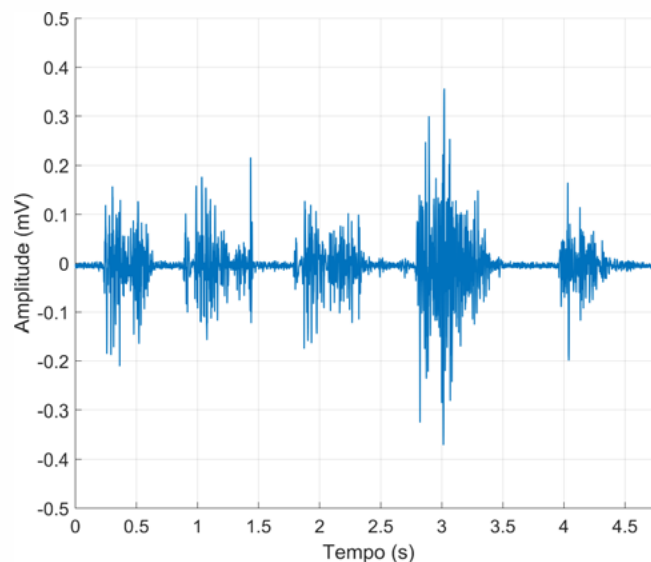


Fonte: Disponível publicamente em <https://www.physionet.org/content/chbmit/1.0.0/>, acessado em 10/08/2021. Shoeb e Guttag (2010).<sup>9</sup>

## 4.2 Processamento do Sinal no Domínio do Tempo

Diversas ferramentas são utilizadas para melhorar a visualização do sinal no domínio do tempo ou para cancelar ruído ou para extrair alguma informação em particular. Tomemos como exemplo um sinal EMG (Figura 24). Observe os instantes de contração e relaxamento do músculo, e como a contração é (quase) cíclica, assim como os eventos da marcha.

**Figura 24** - Típico sinal eletromiográfico (EMG) de superfície de um músculo do membro inferior durante a marcha



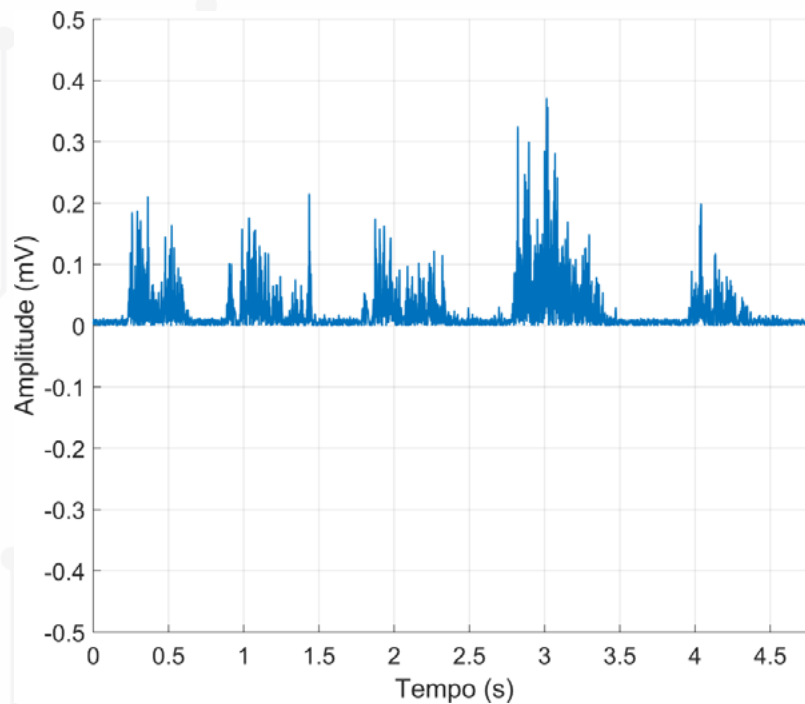
Fonte: autoria própria.

Na Figura 24, podemos ver como o sinal EMG é bipolar, isto é, assume valores positivos e negativos, embora a despolarização da fibra muscular produza um sinal unipolar. Isso ocorre em razão da captação bipolar (com eletrodos bipolares de superfície) do sinal EMG para cancelar o ruído comum, como explicado anteriormente.



Assim, inicialmente pode-se fazer uma retificação do sinal. A retificação do sinal pode ser de meia onda, na qual ignoramos os valores negativos do sinal, ou uma retificação de onda cheia, na qual tomamos o valor absoluto do sinal. Na retificação de onda cheia, os valores negativos serão expressos como valores positivos e o sinal ficará como mostrado na Figura 25.

**Figura 25** - Retificação de onda cheia do sinal eletromiográfico (EMG) da Figura 24

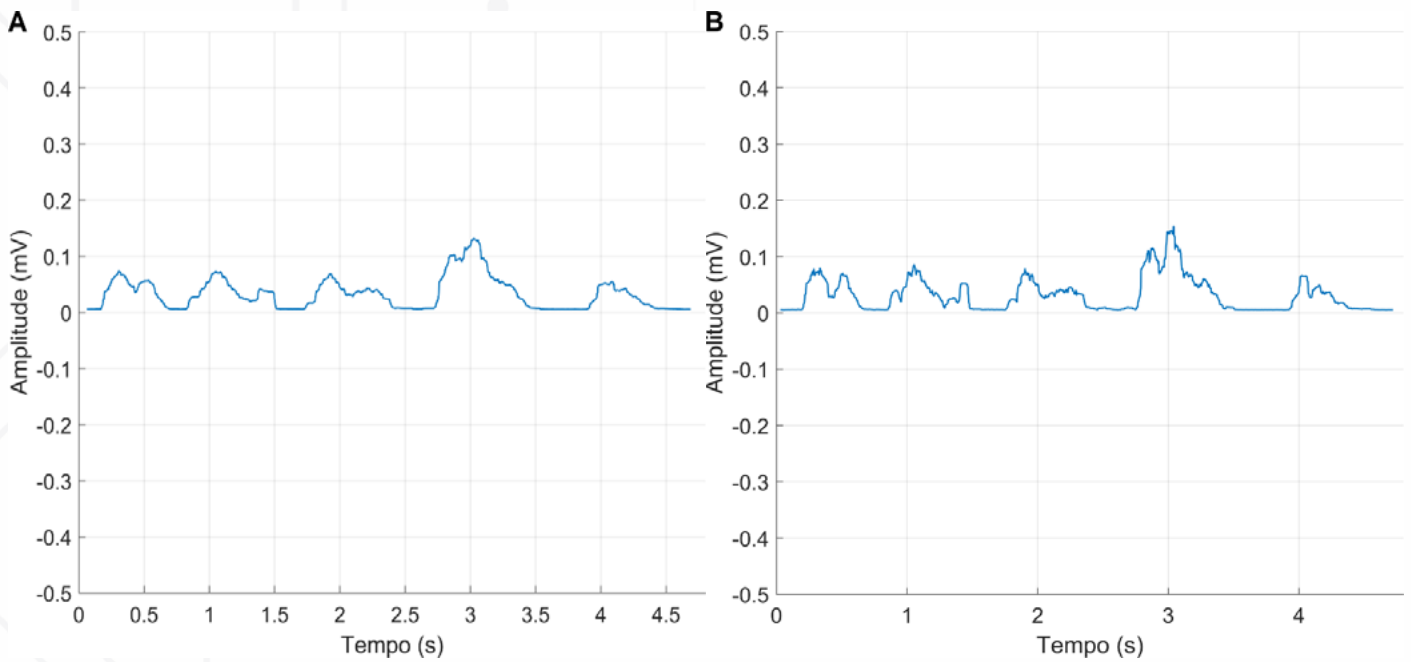


Fonte: autoria própria.

Em seguida, para melhorar a visualização no domínio do tempo, vamos tomar somente a envoltória do sinal. Assim, os períodos de contração e relaxamento do músculo estarão mais destacados. Para tomar a envoltória do sinal, utilizamos um filtro de média móvel de frequência de corte relativamente baixa, de forma a destacar somente as flutuações lentas no sinal. Uma outra forma de obter a envoltória do sinal é calcular a raiz quadrática média em uma pequena janela que desliza sobre o sinal. Nesse caso, como tomamos o quadrado do sinal, não é necessário retificar o sinal primeiramente. O sinal produzido por essa técnica é mostrado na Figura 26. A técnica utilizada aqui foi a raiz quadrática média com uma janela de 125 amostras (A) e de 62 amostras (B).



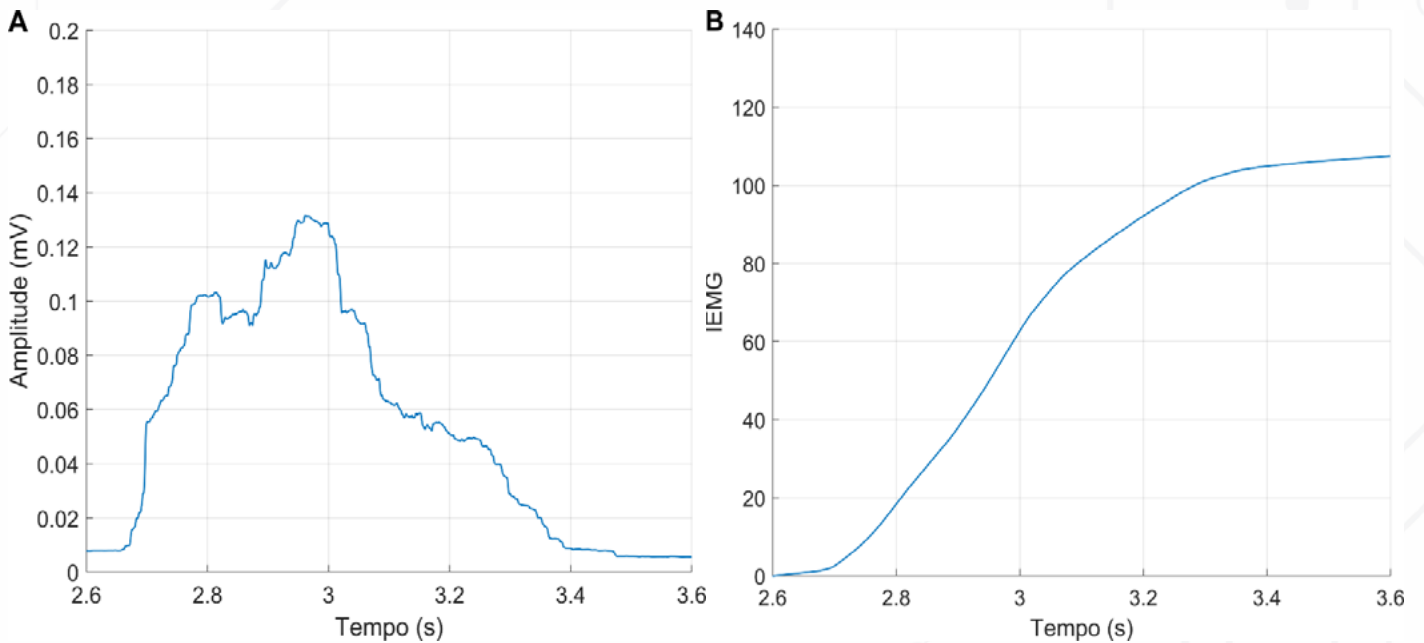
**Figura 26** – Envoltória do sinal eletromiográfico (EMG) retificado mostrado na Figura 24



Fonte: autoria própria.

Para avaliar o nível de atividade do músculo investigado, podemos integrar o sinal, isto é, somar acumuladamente o sinal ao longo do tempo. O sinal integrado é a área sob a curva do sinal retificado. Vamos destacar a contração de maior intensidade no sinal da Figura 26 e mostrar o sinal integrado (Figura 27). Em cima (A), zoom na Figura 27 entre os instantes 2,6 e 3,6 segundos, destacando a contração de maior intensidade. Embaixo (B), sinal integrado ao longo do intervalo 2,6 – 3,6 segundos.

**Figura 27** - Contração de maior intensidade da Figura 26 para mostrar o sinal integrado



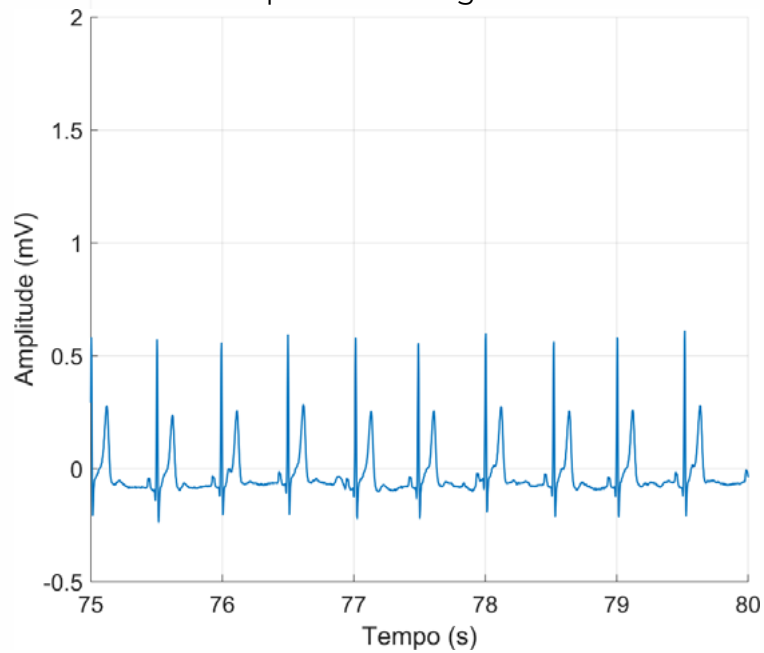
Fonte: autoria própria.



Outras informações de natureza estatística podem ser extraídas do sinal no domínio do tempo, incluindo valor médio, desvio padrão, variância, valor máximo, valor mínimo, faixa de valores (diferença entre o valor máximo e o valor mínimo), entre outros.

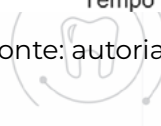
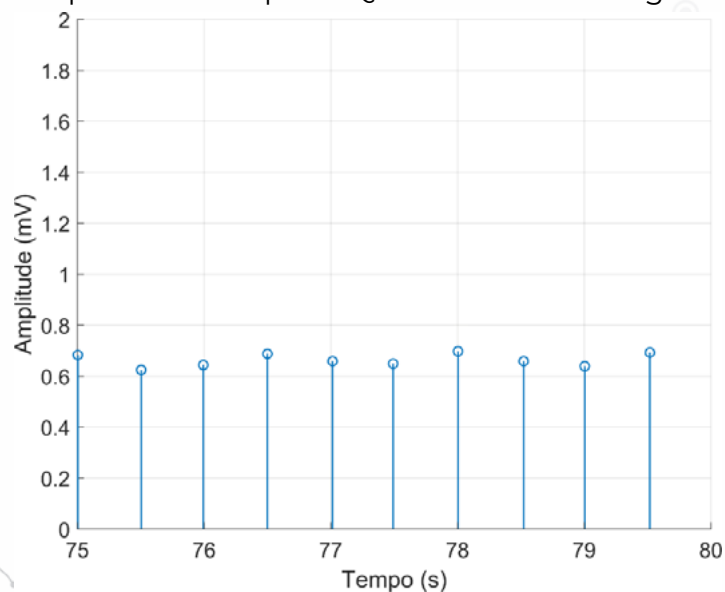
Um outro exemplo típico de processamento de sinal biológico no domínio do tempo é o tacograma, extraído a partir do sinal eletrocardiográfico. O tacograma mostra os instantes de cada batida do coração e é usado para investigar a variabilidade da frequência cardíaca, que fornece muitas informações acerca do paciente. Tomemos como exemplo um eletrocardiograma típico, como mostrado na Figura 28.

**Figura 28** - Eletrocardiograma representado no domínio do tempo, entre os instantes de tempo 75 e 80 segundos



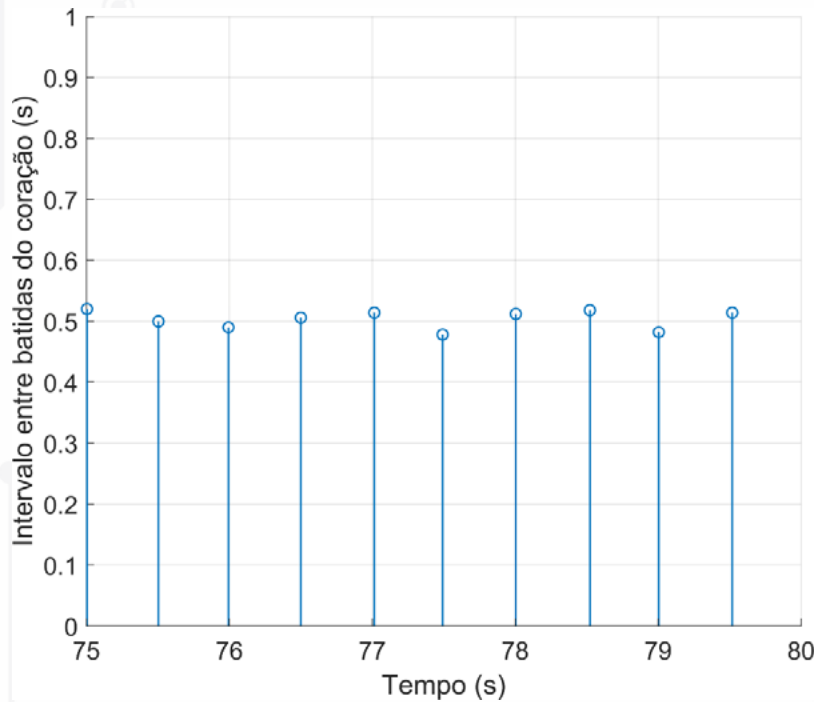
Vamos usar uma função limiar e detectar os picos de cada complexo QRS (os picos mais elevados na Figura 28, que correspondem à contração dos ventrículos). Obtemos o seguinte gráfico mostrado na Figura 29.

**Figura 29** - Detecção dos picos do complexo QRS do eletrocardiograma mostrado na Figura 28



Compare a Figura 29 com a Figura 28. Observe que os picos do complexo QRS foram detectados corretamente e que a amplitude de cada pico é resguardada. Vamos agora calcular o intervalo de tempo entre cada um dos picos detectados na Figura 29. Representando esses intervalos de tempo em um gráfico, temos o tacograma (Figura 30). Observe que cada amostra exibe no eixo horizontal o instante da batida do coração e, no eixo vertical, o intervalo de tempo entre essa batida do coração e a imediatamente anterior.

**Figura 30** - Tacograma do eletrocardiograma mostrado na Figura 28

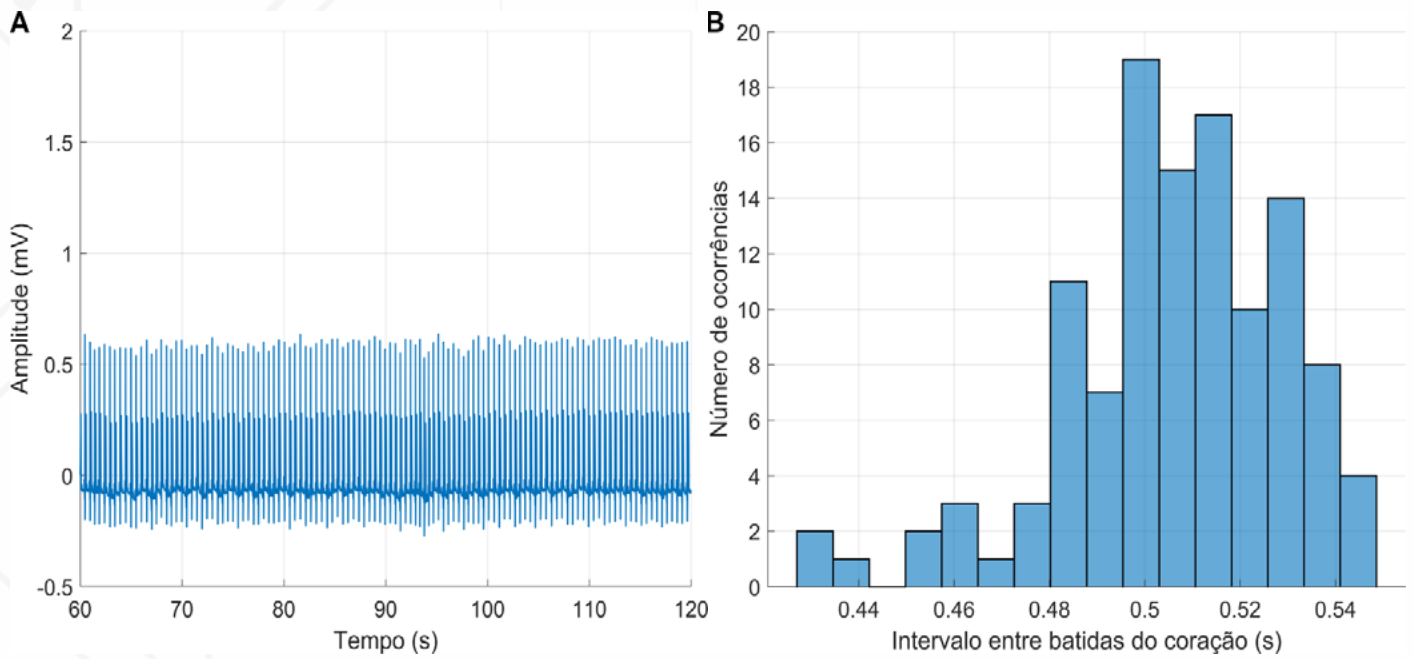


Fonte: autoria própria.

Vamos fazer um histograma dos intervalos de tempo entre cada batida, agora tomando todo o eletrocardiograma que foi adquirido por cerca de 60 segundos (Figura 31 - A). Esse histograma é muito utilizado para avaliar a variabilidade da frequência cardíaca do paciente. Essa variabilidade é fisiológica e desejável. Uma baixa variabilidade na frequência cardíaca é sinal de alguma patologia, que será verificada em outros exames. Na Figura 31, em A, vemos o eletrocardiograma da Figura 28 entre os instantes 60 e 120 segundos, correspondendo a uma aquisição com 60 segundos de duração. Em B, o histograma dos intervalos de tempo entre as batidas do coração, extraído do tacograma. Observe que a maior parte dos intervalos entre as batidas do coração está entre 0,50 e 0,52 segundos, mas ocorre uma variabilidade fisiológica entre 0,48 e 0,54 segundos, com intervalos, embora menos numerosos, de até 0,44 segundos. Em média, a frequência cardíaca do indivíduo do qual o sinal foi coletado foi de 120 batimentos por minuto. Provavelmente, ele estava sob algum estresse de esforço.



**Figura 31** - Eletrocardiograma da Figura 28 entre os instantes 60 e 120 segundos e o histograma dos intervalos de tempo entre as batidas do coração, extraído do tacograma



Fonte: autoria própria.

### 4.3 Vídeoaula 3 - Processamento do Sinal no Domínio do Tempo

Assista a Vídeoaula 3 para entender o que é uma representação do sinal no domínio do tempo e conhecer algumas técnicas para extração de informações do sinal no domínio do tempo.

#### Vídeoaula 3 - Processamento do sinal no domínio do tempo



Fonte: autoria própria.



## 4.4 Resumo

Nessa Unidade, nós vimos o que é a representação de um sinal no domínio do tempo, assim como algumas técnicas de processamento do sinal no domínio do tempo. Lembre-se que processar um sinal significa utilizar alguma ferramenta para extrair informações do sinal e, indiretamente, do seu paciente. Essas técnicas dependem do sinal biológico coletado assim como da finalidade do processamento. Alguns exemplos como envoltória e média quadrática foram mostrados.

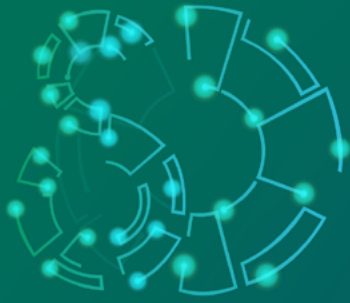


### Para lembrar...

#### O que é a representação de um sinal no domínio do tempo?

- Algumas técnicas de processamento do sinal no domínio do tempo incluem retificação, envoltória, média, entre outros.
- Processar um sinal significa utilizar alguma ferramenta para extrair informações do sinal e, indiretamente, do paciente.
- Essas técnicas dependem do sinal biológico coletado, assim como da finalidade do processamento.





EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

Unidade 5  
**Processamento  
do sinal no  
domínio da  
frequência**

Marcus Fraga Vieira



## Unidade 5: Processamento do Sinal no Domínio da Frequência

### 5.1 Introdução

Na Unidade anterior, nós discutimos o processamento do sinal no domínio do tempo. Na representação no domínio do tempo, alterações do sinal são mostradas ao longo do tempo e muitas técnicas são utilizadas para extrair informações do paciente a partir do sinal.

Entretanto, o sinal também pode ser representado no domínio da frequência, quando utilizamos ferramentas denominadas transformadas. As transformadas são ferramentas matemáticas que mapeiam uma dada função de um dado domínio em um outro domínio. Para mapear um sinal no domínio do tempo para um domínio da frequência utilizamos basicamente a transformada discreta de Fourier e a transformada Wavelet. Vamos falar um pouco sobre a transformada discreta de Fourier.

Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) foi um matemático e físico francês, célebre por demonstrar que qualquer série periódica pode ser decomposta em uma soma infinita de cossenos de diferentes amplitudes e frequências (a série de Fourier).

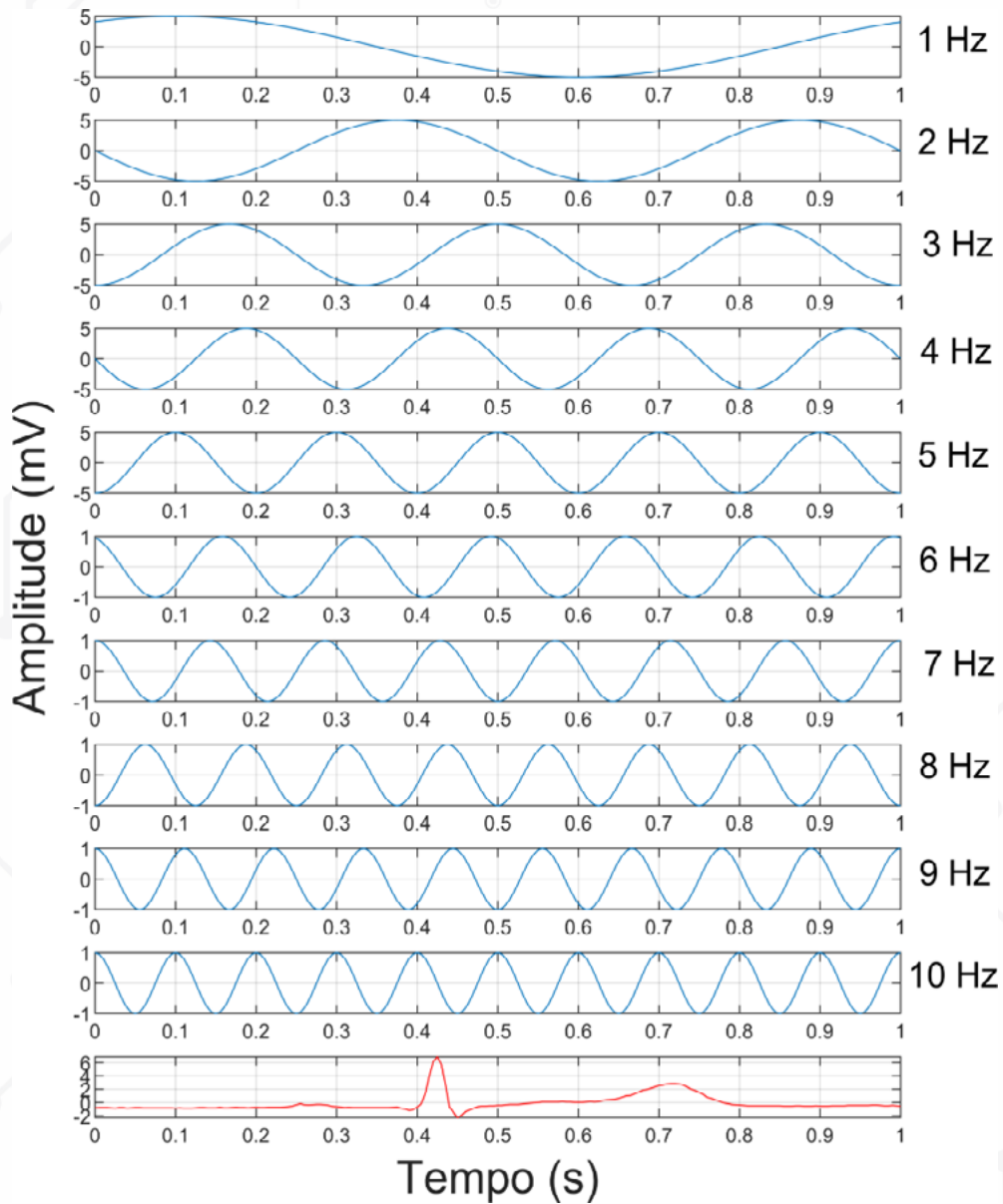
A transformada de Fourier, assim designada em sua homenagem, pode ser aplicada a sinais não periódicos, e associa um sinal em tempo contínuo a uma representação em frequência contínua. A transformada discreta de Fourier, de maior interesse no processamento de sinais digitais, associa um sinal em tempo discreto a uma representação em frequência discreta.

Na Figura 32, é mostrado um exemplo de decomposição de um sinal biológico em uma soma de cossenos de diferentes amplitudes e diferentes frequências. Observamos que o sinal eletrocardiográfico (gráfico em vermelho, correspondendo a um batimento do coração) pode ser decomposto em uma soma de cossenos de diferentes amplitudes, com diferentes frequências e fases (gráficos em azul). A soma desses diferentes cossenos (sinal em azul superposto ao sinal original em vermelho) reproduz, com uma certa exatidão, o sinal original mostrado em vermelho. A exata representação do sinal original requereria um número maior de cossenos.

Na Figura 32, os sinais têm a duração de 1s. Pode-se contar o número de ciclos de cada cosseno em essa janela de 1s, ou seja, em Hertz, e verificar se é o mesmo valor mostrado na legenda à direita dos gráficos.



**Figura 32** - Decomposição por cossenos de diferentes amplitudes e diferentes frequências de um potencial de ação de um sinal eletrocardiográfico (sinal em vermelho) com duração de 1 segundo

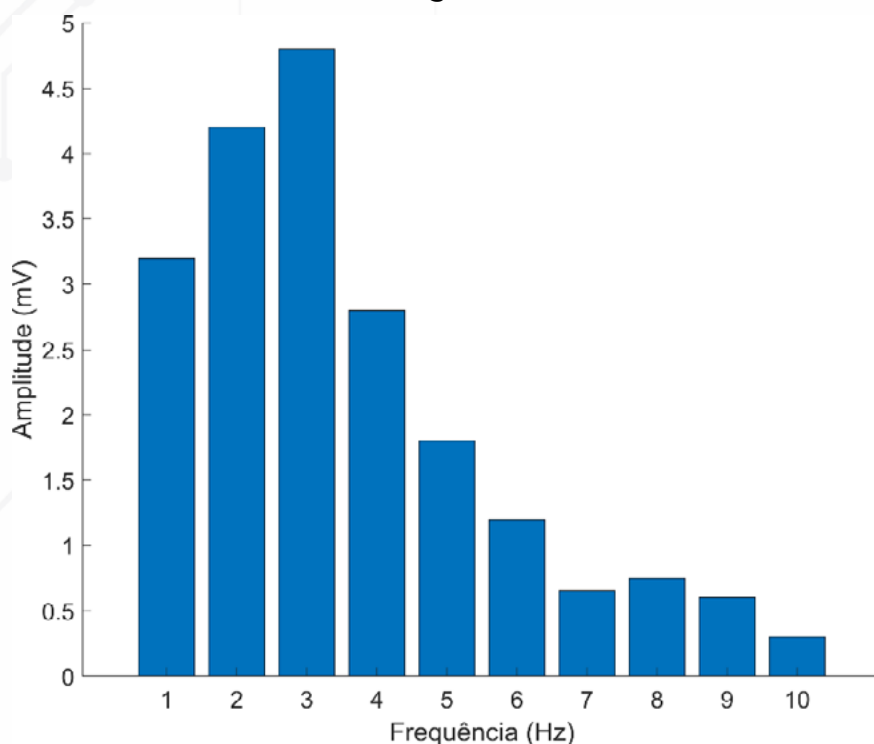


Fonte: autoria própria.

Pode-se, então, representar o sinal original pelos cossenos cuja soma reproduz o sinal original. Seria produzido um gráfico no qual teríamos no eixo horizontal as frequências dos cossenos e, no eixo vertical, as amplitudes dos cossenos, como mostrado na Figura 33. Essa é, portanto, a representação em frequência do sinal original ou a representação do sinal no domínio da frequência.



**Figura 33** - Representação em frequência do sinal eletrocardiográfico mostrado em vermelho na Figura 32



Fonte: autoria própria.

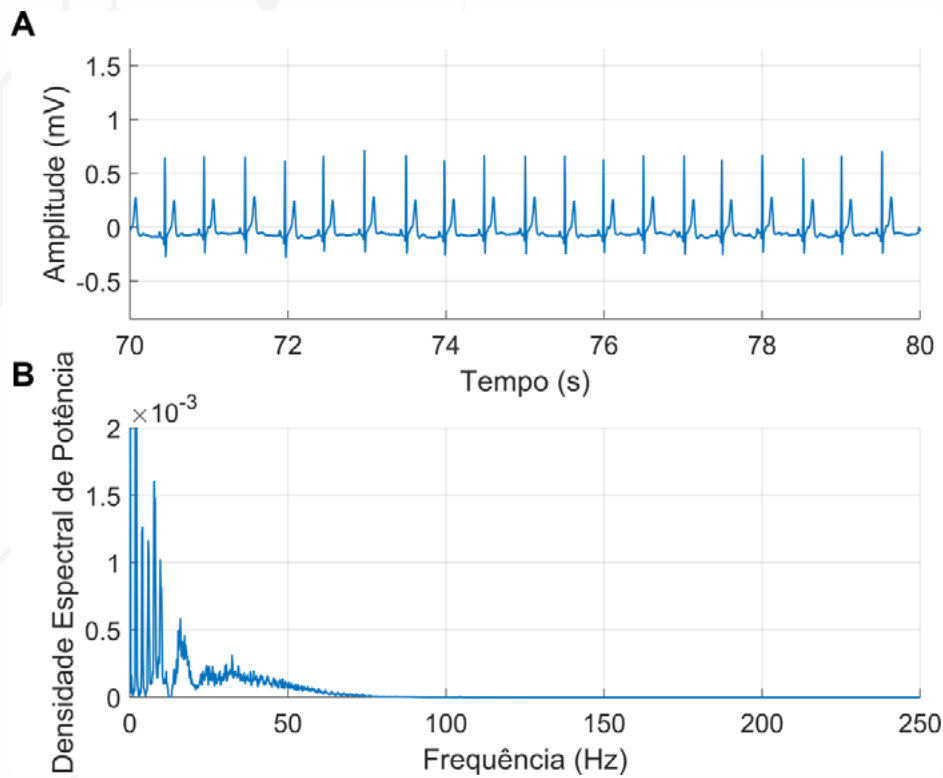
Da representação mostrada na Figura 33, dizemos que essas são as componentes espectrais do sinal original ou o espectro de frequência do sinal. Da representação em frequência, podemos tirar várias informações acerca do sinal e, conseqüentemente, do paciente. No nosso exemplo, observamos que nosso sinal contém componentes de maior intensidade entre 1 e 4 Hz, que dominam o sinal.

## 5.2 Processamento do Sinal no Domínio da Frequência

Uma forma mais comum de representar um sinal no domínio da frequência é fazer a decomposição espectral do sinal a partir de sua energia, ou seja, do quadrado do sinal. Essa representação é denominada de densidade espectral de potência. Na Figura 34, vemos um exemplo da densidade espectral de potência de um sinal biológico. Em A, vemos a representação de um eletrocardiograma no domínio do tempo e, em B, a densidade espectral de potência desse mesmo sinal, ou seja, a sua representação no domínio da frequência.



**Figura 34** - Densidade espectral de potência (B) de um eletrocardiograma (A)



Fonte: autoria própria.

Observe, como esperado, que a maior parte da potência de um sinal eletrocardiográfico está abaixo de 75 Hz. Há muito ruído de baixa frequência nesse sinal, dadas as elevadas potências de bandas de frequência abaixo de 15 Hz.

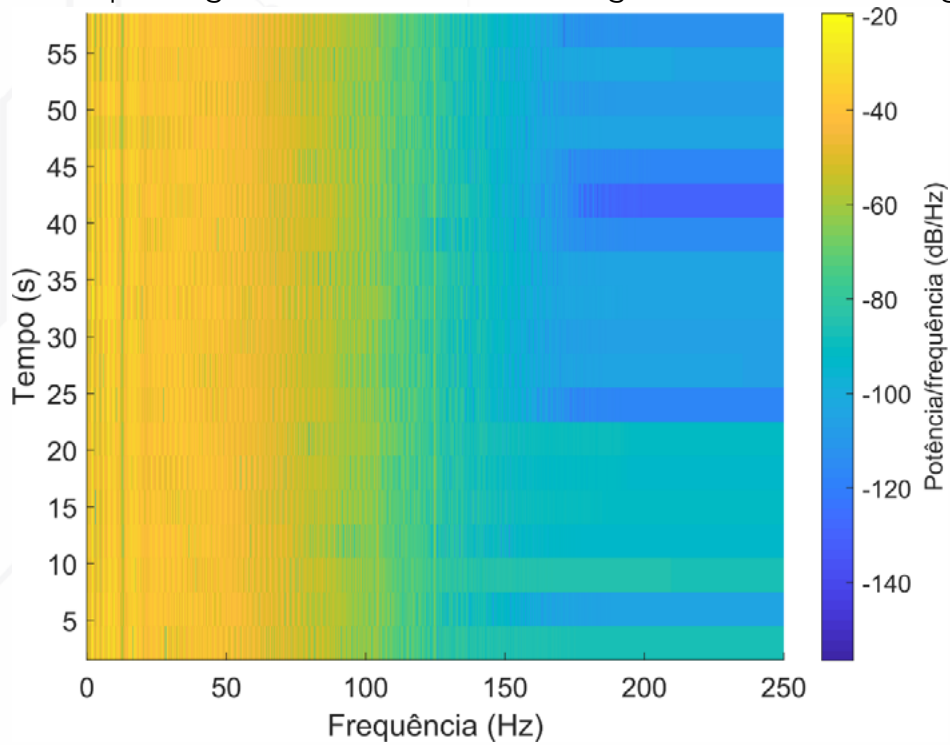
### 5.3 Processamento em Tempo-frequência

Há formas alternativas de mostrar o conteúdo espectral de um sinal. Uma forma interessante é o espectrograma, uma representação simultânea tempo-frequência. Essa forma de apresentar o sinal no domínio da frequência é bastante interessante para aqueles sinais cujo conteúdo espectral varia com o tempo. Na Figura 35, vemos o espectrograma do sinal eletrocardiográfico mostrado na Figura 34.

A potência do sinal é dada em decibel (dB), definido como  $20\log(\text{Amp})$ , na qual Amp é a amplitude do sinal. Observe que na Figura 35 a potência do sinal está normalizada pela frequência em Hz.



**Figura 35** - Espectrograma do sinal eletrocardiográfico mostrado na Figura 34



Fonte: autoria própria.

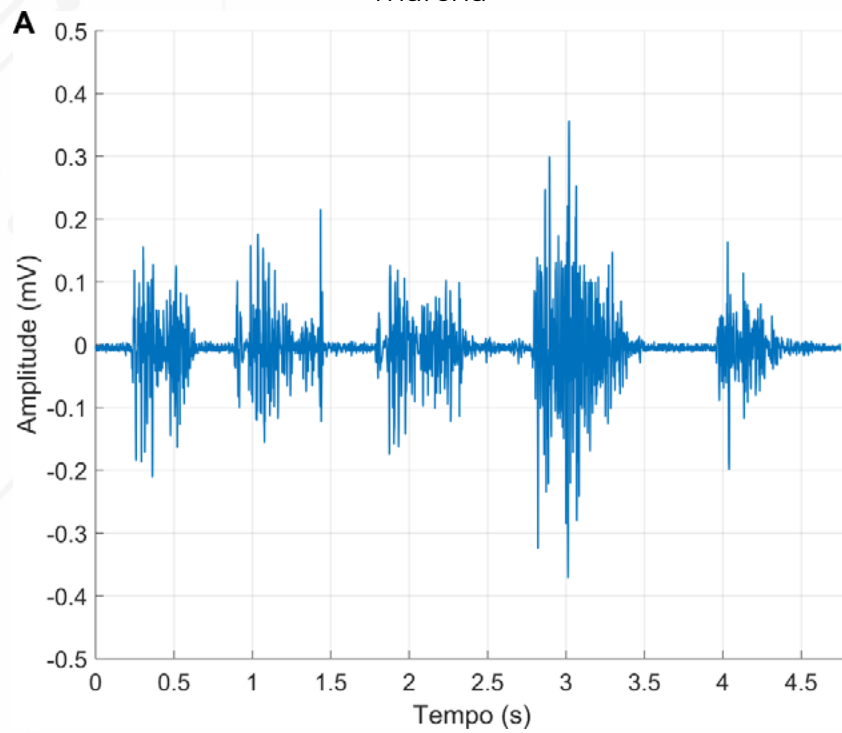
O espectrograma é um gráfico de tempo-frequência. Mostra o conteúdo espectral do sinal ao longo de um determinado intervalo de tempo. Assim, no eixo horizontal é mostrada a frequência e, no eixo vertical, o tempo. A amplitude de cada banda de frequência é dada por diferentes intensidades de cores, de acordo com a legenda à direita.

O espectrograma fornece algumas informações adicionais. Vemos que realmente a maior parte da potência do sinal está entre 5 e 75 Hz, como indicado pelas cores mais claras à esquerda do gráfico. Mas vemos também que as componentes espectrais desse sinal pouco variam ao longo do tempo, pois as cores do gráfico pouco variam na direção vertical.

Na Figura 36, vemos o espectrograma do sinal EMG mostrado na Figura 24, que foi reproduzido aqui por conveniência, uma representação no domínio do tempo (A). No espectrograma do mesmo sinal (B), está a representação tempo-frequência. São visíveis as bandas que correspondem à ativação muscular, assim como percebe-se que a energia do sinal EMG de superfície está abaixo de 0,4 kHz, ou seja, 400 Hz.

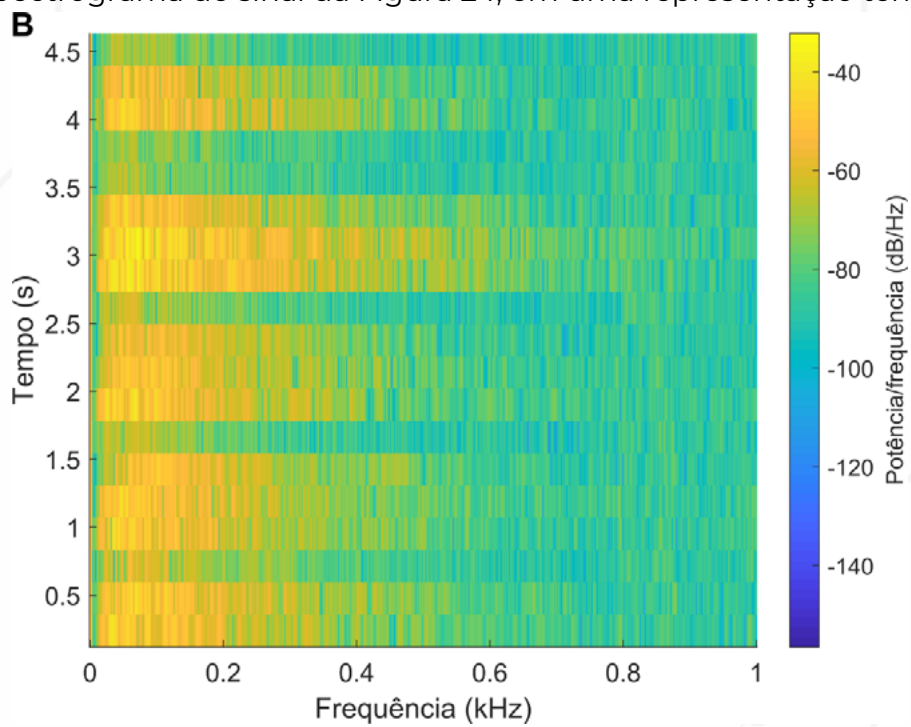


**Figura 24** - Típico sinal eletromiográfico (EMG) de um músculo do membro inferior durante a marcha



Fonte: autoria própria.

**Figura 36** - Espectrograma do sinal da Figura 24, em uma representação tempo-frequência



Fonte: autoria própria.



## 5.4 Videoaula 4 - Processamento do Sinal no Domínio da Frequência

Assista a Videoaula 4 para entender o que é a representação do sinal no domínio da frequência e conhecer algumas técnicas para extração de informações do sinal no domínio da frequência.

### Videoaula 4 - Processamento do sinal no domínio da frequência



Fonte: autoria própria.

## 5.5 Resumo

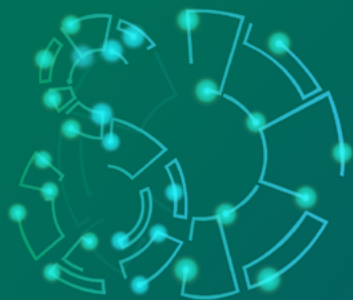
Nessa Unidade, aprendemos o que é representar um sinal no domínio da frequência. O embasamento conceitual, ou melhor, o princípio matemático para mapear um sinal discreto no tempo em uma representação discreta em frequência é a transformada de Fourier, embora existam outros princípios como a transformada Wavelet. Chamamos a representação de um sinal no domínio do tempo por espectro de frequência do sinal ou de densidade espectral de potência do sinal. Vimos também diferentes formas de mostrar os componentes espectrais de um sinal, inclusive uma forma de representação tempo-frequência: o espectrograma, e como extrair algumas informações adicionais do sinal.



### Para lembrar...

#### O que é a representação de um sinal no domínio da frequência?

- O princípio matemático para mapear um sinal em tempo discreto em uma representação discreta em frequência é a transformada de Fourier, embora existam outros princípios como a transformada Wavelet.
- A representação de um sinal no domínio da frequência é denominada de espectro de frequência do sinal ou densidade espectral de potência do sinal.
- Uma forma alternativa é a representação tempo-frequência do sinal



EDUCAÇÃO E CAPACITAÇÃO  
DE RECURSOS HUMANOS  
EM **SAÚDE DIGITAL**

# Registro de sinais biológicos

Unidade 6

## Encerramento do Microcurso

Rita Goreti Amaral



## Unidade 6: Encerramento do Microcurso

Encerramos o Microcurso “**Registro de Sinais Biológicos**”. Tivemos a oportunidade de conhecer os conceitos básicos sobre sinais biológicos, sua origem e classificação, os sensores e transdutores utilizados para registro desses sinais, cuidados na captação e aquisição de sinais biológicos.

Esse conhecimento é indispensável aos profissionais que atuam no contexto clínico-hospitalar, seja para diagnóstico ou para acompanhamento/monitoramento da saúde do indivíduo, visando uma prática mais segura e precisa.

Os sinais biológicos são informações sobre a saúde de um indivíduo. Portanto, é uma informação que deve ser tratada, respeitando e protegendo os direitos fundamentais, garantidos na Constituição Federal e atendendo aos requisitos da LGPD.

Esperamos que você tenha construído um alicerce de conceitos e tenha aproveitado ao máximo até aqui as informações oferecidas. Essas informações serão importantes para a discussão e implementação da Estratégia Saúde Digital do Brasil.

Conheça mais sobre outras ações para implementação dessa Estratégia no próximo Microcurso “**Imagens digitais com finalidade de diagnóstico**”.

Até lá!



## Referências

1. BRONZINO, J. D. (ed.). Biomedical engineering fundamentals. *In: The biomedical engineering handbook*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2006.
2. ENDERLE, J. D.; BRONZINO, J. D.; BLANCHARD, S. M. **Introduction to biomedical engineering**. 2. ed. Cambridge: Academic Press, 2005.
3. VIEIRA, M. F.; SACCO, I. C. N.; NORA, F. G. S. A.; ROSENBAUM, D.; LOBO DA COSTA, P. H. Footwear and foam surface alter gait initiation of typical subjects. **PLoS ONE**. 2015, v. 10, n. 8, p. e0135821. DOI: 10.1371/journal.pone.0135821.
4. ANDRADE, L. E. C.; LESER, P. G. **Revista Brasileira de Reumatologia**. 2004, v. 44, n. 3, p. 215-223. Acesso em 20 jun. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbr/a/ZYBTPt9mLP8KQwqWXXgM6Mc/?format=pdf&lang=pt>.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. Acesso em 12 abr. 2021. Disponível em: <http://ibge.gov.br/>.
6. STERGIOU, N. (ed.). **Nonlinear analysis for human movement variability**. Boca Raton: CRC Press, 2016.
7. BRASIL. **Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção dos Dados**. Acesso em 12 abr. 2021. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13709.htm)
8. MOODY, G. E. Spontaneous termination of atrial fibrillation: a challenge from physionet and computers in cardiology 2004. **Computers in Cardiology**, 2004, 2004, pp. 101-104, DOI: 10.1109/CIC.2004.1442881.
9. SHOEB, A.; GUTTAG, J. Application of machine learning to epileptic seizure detection. **ICML'10: Proceedings of the 27th International Conference on International Conference on Machine Learning**. Jun. 2010, p. 975-982.



## Saiba mais...

AKAY, M. **Nonlinear biomedical signal processing**. IEEE Press, 2001. Acesso em 30 jun. 2021. DOI: 10.1109 / 9780470545379.

AKAY, M. (ed.). **Wiley encyclopedia of biomedical engineering**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006.

AKAY, M.; MARSH, A. (eds.). **Information technologies in medicine**. New York: John Wiley & Sons, 2001.

DINIZ, P. S. R.; SILVA, E. A. B.; NETTO, S. L. **Processamento digital de sinais** [recurso eletrônico]: projeto e análise de sistemas. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. Acesso em 30 jun. 2021. Disponível em: <https://docero.com.br/doc/s1xx05c>

GOETTE, J. **Review of Various Biomedical Signals**. Bern University of Applied Sciences, 2013.

PURVES, D.; AUGUSTINE, G. J.; FITZPATRICK, D.; HALL, W. C.; LAMANTIA, A.; WHITE, L. E. (eds.). **Neuroscience**. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2012.

RANGAYYAN, R. J. **Biomedical Signal Analysis: A Case-Study Approach**. New York, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

SCHILLING, R. J.; HARRIS, S. L. **Fundamentals of digital signal processing**. Stamford: Cengage Learning, 2012.

SEMMLOW, J. L. **Biosignal and biomedical image processing**. New York: Marcel Dekker Inc., 2004.

TOMPKINS, W.J. (ed.). **Biomedical digital signal processing**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 2000. Acesso em 30 jun. 2021. Disponível em : <[https://www.academia.edu/42979171/BIOMEDICAL\\_DIGITAL\\_SIGNAL\\_PROCESSING\\_C\\_Language\\_Examples\\_and\\_Laboratory\\_Experiments\\_for\\_the\\_IBM\\_PC](https://www.academia.edu/42979171/BIOMEDICAL_DIGITAL_SIGNAL_PROCESSING_C_Language_Examples_and_Laboratory_Experiments_for_the_IBM_PC)>.



# Minibiografias

## Organizadores

**Rita Goreti Amaral** é professora titular da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG), com atuação na graduação e pós-graduação. Graduada em Farmácia e Bioquímica e especialista em Citologia Clínica (UFG). Mestre em Biologia Celular e Molecular (USP) e Doutora em tocoginecologia pela Faculdade de Ciências Médicas (UNICAMP). Coordenadora do Laboratório de Monitoramento Externa da Qualidade da Faculdade de Farmácia (UFG). Desenvolve projetos de pesquisa e extensão na área de Citologia Clínica e Saúde Pública, atuando nos seguintes temas: controle da qualidade em citopatologia do colo do útero, prevenção, detecção precoce de doenças, aperfeiçoamento de métodos diagnósticos, desenvolvimento e validação de práticas de cuidado do paciente nas doenças crônicas transmissíveis e não transmissíveis, informática em saúde e assistência farmacêutica.

E-mail: [rita@ufg.br](mailto:rita@ufg.br)

**Ana Laura de Sene Amâncio Zara** é graduada em Farmácia e em Análises Clínicas (UFMT), especialista em Avaliação de Tecnologias em Saúde (UFRGS) e em Docência do Ensino Superior (UCDB). Possui mestrado e doutorado em Epidemiologia pelo Programa de Pós-Graduação em Medicina Tropical e Saúde Pública (UFG) e pós-doutorado pelo Programa de Pós-graduação de Odontologia da Faculdade de Odontologia (UFG). Atualmente, é professora do Departamento de Saúde Coletiva da UFG. Ensina, pesquisa e orienta nas áreas de Epidemiologia, Saúde Coletiva, Metodologia e Editoração Científicas, Economia da Saúde, Bioestatística, Informática em Saúde e Revisões Sistemáticas.

E-mail: [analauraufg@gmail.com](mailto:analauraufg@gmail.com)

**Fábio Nogueira de Lucena** é graduado em Ciência da Computação (UFG), mestre e doutor em Ciência da Computação (UNICAMP), especialista em Informática em Saúde (UNIFESP), Project Management Professional (PMI) e Certified Software Development Professional (IEEE), além de possuir outras certificações da indústria de software. É professor titular do curso de Engenharia de Software do Instituto de Informática da UFG.

Github: <https://github.com/kyriosdata>

E-mail: [kyriosdata@ufg.br](mailto:kyriosdata@ufg.br)

**Rejane Faria Ribeiro-Rotta** é graduada em Odontologia (UFG), especialista em Radiologia Bucomaxilofacial e Estomatologia, mestre e doutora em Odontologia (Diagnóstico Bucal) (USP-Bauru), com experiência em colaborações internacionais em pesquisa e intercâmbios, e na gestão institucional do ensino superior. Professora titular da Faculdade de Odontologia da UFG. Fundadora do Centro Goiano de Doenças da Boca da Faculdade de Odontologia da UFG (CGDB-FO-UFG) e da Comissão de Governança da Informação em Saúde da UFG. Principais temáticas de pesquisa: Diagnóstico de lesões da região bucomaxilofacial / Câncer de boca; Dores crônicas orofaciais; Diagnóstico por imagem da região bucomaxilofacial; Prática baseada em evidência, Informação e Informática em saúde.

E-mail: [rejaneufr@ufg.br](mailto:rejaneufr@ufg.br)

**Renata Dutra Braga** é professora adjunta do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás (UFG). É mestre e doutora em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina da UFG, pós-graduada em Informática em Saúde (UNIFESP) e em Qualidade e Gestão de Software (PUC-GO) e é graduada em Sistemas de Informação (UniEvangélica). É atualmente vice-coordenadora da Comissão de Governança da Informação em Saúde (CGIS-UFG). Ensina, pesquisa, orienta e desenvolve projetos de extensão na área de saúde digital, com interesse, principalmente em modelagem de processos de negócios, engenharia de requisitos, modelos de informação, terminologias clínicas e padrões para a troca da informação em saúde.

E-mail: [renatadbraga@ufg.br](mailto:renatadbraga@ufg.br)

**Sheila Mara Pedrosa** é graduada e mestre em Enfermagem pela Faculdade de Enfermagem (UFG), especialista em Saúde Coletiva e Regulação em Saúde no SUS (IEP/HSL) e doutora em Ciências da Saúde pela Faculdade de Medicina (UFG). Atualmente é professora adjunta do Centro Universitário de Anápolis e desenvolve pesquisa e extensão no âmbito das violências e vulnerabilidade social. É membro da Comissão de Governança da Informação em Saúde (CGIS-UFG) e participa de projetos voltados à saúde digital.

E-mail: [sheilaenf@gmail.com](mailto:sheilaenf@gmail.com)

**Silvana de Lima Vieira dos Santos** - é enfermeira, mestre e doutora em Ciências da Saúde (UFG), Especialista em Enfermagem em Infectologia (USP) e em Informática em Saúde (UNIFESP). É professora associada da Faculdade de Enfermagem (UFG). Vice líder do Núcleo de Estudos e Pesquisa de Enfermagem em Prevenção e Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (NEPIH), vinculado ao CNPq. Experiência na área de prevenção e controle de infecções relacionadas à assistência à saúde, epidemiologia e informática em saúde. Coordenadora da Comissão de Governança da Informação em Saúde (CGIS-UFG).

E-mail: [silvanalvsantos@ufg.br](mailto:silvanalvsantos@ufg.br)

**Taciana Novo Kudo** é professora adjunta do Instituto de Informática da Universidade Federal de Goiás (UFG). É mestre e doutora em Ciência da Computação pelo Departamento de Computação (UFSCar) e graduada em Ciência da Computação (UNIMAR). Possui experiência profissional na área de Engenharia de Software, especificamente em Engenharia de Requisitos e Gerência de Projetos, em institutos de pesquisa e empresas de São Paulo e Goiás. Como pesquisadora, atua em projetos voltados para Engenharia de Software, Engenharia de Requisitos e Informática aplicada à Educação e à Saúde.

E-mail: [taciana@ufg.br](mailto:taciana@ufg.br)





PROGRAMA  
EDUCACIONAL  
EM **SAÚDE**  
**DIGITAL**  
DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE GOIÁS



SOBRE O E-BOOK

Tipografia: Montserrat

Publicação: Cegraf UFG

Câmpus Samambaia, Goiânia -

Goiás. Brasil. CEP 74690-900

Fone: (62) 3521-1358

<https://cegraf.ufg.br>