# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

Naomar Almeida-Filho
ISC/UFBA SEIDIGI/MS

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

**Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0**

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**


Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios


## Fundamentos da IA :

Algoritmos

Recorrência

Sintaxe dinâmica

dados => informação

Relação com megadados

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

## Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

- Fundamentos da IA
- Conceitos de IA
- Usos da IA na Saúde
- Potencial da IA no SUS
- Dilemas e desafios

**Fundamentos da IA :**

- Algoritmos
- Recorrência
- Sintaxe dinâmica
- dados => informação
- Relação com megadados

```
import json
import uuid
from IPython.display
    import display_javascript, display_html, display

class FlotPlot(object):
    def __init__(self, x, y):
        self.x = x
        self.y = y
        self.uuid = str(uuid.uuid4())

    def _ipython_display_(self):
        json_data = json.dumps(list(zip(self.x, self.y)))
        display_html(
            '<div id="{}"
                style="height: 300px;
                width:80%;"></div>'
            .format(self.uuid), raw=True)
        display_javascript("""require([".removed../jquery.flot.min.js"],

function() {
    var line = JSON.parse ("%s");
    console.log(line);
    $.plot("#%s", [line]);
});

""" % (json_data, self.uuid), raw=True)
```

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**


- Fundamentos da IA
- Conceitos de IA
- Usos da IA na Saúde
- Potencial da IA no SUS
- Dilemas e desafios


## Fundamentos da IA :

- Algoritmos
- Recorrência
- Sintaxe dinâmica
- dados => informação
- Relação com megadados

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

## Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

- Fundamentos da IA
- Conceitos de IA
- Usos da IA na Saúde
- Potencial da IA no SUS
- Dilemas e desafios

**Fundamentos da IA :**

- Algoritmos
- Recorrência
- Sintaxe dinâmica
- dados => informação
- Relação com megadados

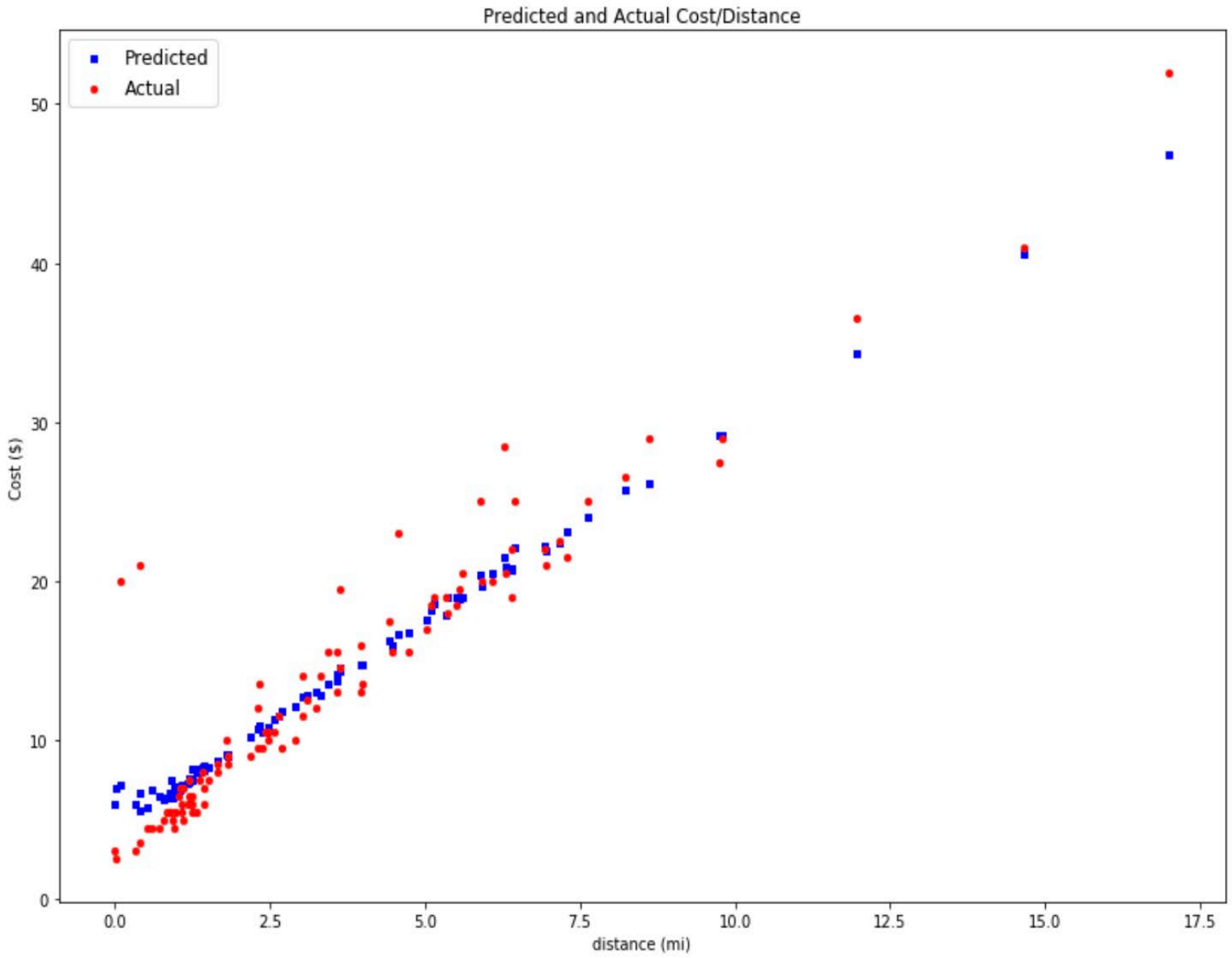



**Figure 12:** A scatter plot of predicted versus actual values

Malik, Sahil. AI for Absolute Beginners CODE Magazine: updated: November 10, 2021

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

## Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

- Fundamentos da IA
- Conceitos de IA
- Usos da IA na Saúde
- Potencial da IA no SUS
- Dilemas e desafios

**Fundamentos da IA :**

- Algoritmos
- Recorrência
- Sintaxe dinâmica
- dados => informação
- Relação com megadados

**Listing 5: Crea a scatter plot**

```
import matplotlib.pyplot as plt

fig = plt.figure(figsize=(14, 10))
ax1 = fig.add_subplot(111)

distance_vals = [x[4] for x in x_test.values]
y_actual = y_test.values.flatten().tolist()

ax1.scatter(distance_vals[:100], y_predict[:100], s=18, c='b', marker="s",
ax1.scatter(distance_vals[:100], y_actual[:100], s=18, c='r', marker="o",

ax1.set_xlabel('distance (mi)')
ax1.set_title('Predicted and Actual Cost/Distance')
ax1.set_ylabel('Cost ($)')

plt.legend(loc='upper left', prop={'size': 12})
plt.rcParams.update({'font.size': 14})
plt.show()
```

Malik, Sahil. AI for Absolute Beginners CODE Magazine: updated: November 10, 2021

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**


- Fundamentos da IA
- Conceitos de IA
- Usos da IA na Saúde
- Potencial da IA no SUS
- Dilemas e desafios


## Fundamentos da IA :

- Algoritmos
- Recorrência
- Sintaxe dinâmica
- dados => informação
- Relação com megadados

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

# MODO DE PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO

## Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0

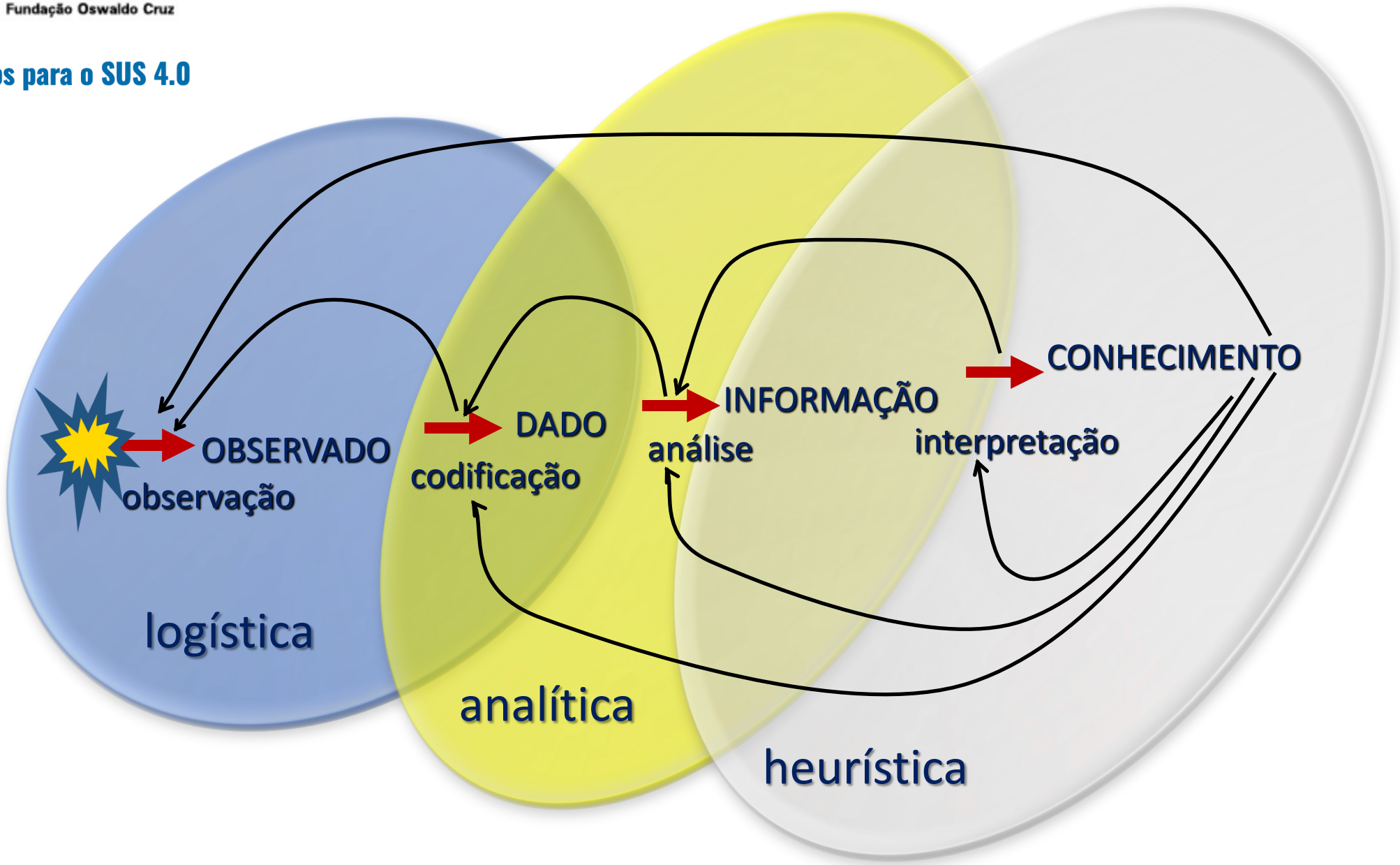
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

- Fundamentos da IA
- Conceitos de IA
- Usos da IA na Saúde
- Potencial da IA no SUS
- Dilemas e desafios

**Fundamentos da IA :**

- Algoritmos
- Recorrência
- Sintaxe dinâmica
- dados => informação
- Relação com megadados



## OECD FRAMEWORK FOR CLASSIFYING AI SYSTEMS

OECD (2019), "Scoping the OECD AI principles: Deliberations of the Expert Group on Artificial Intelligence at the OECD (AIGO)", *OECD Digital Economy Papers*, No. 291, Paris, OECD Publishing, https://doi.org/10.1787/d62f618a-en.

CONTEXT

FIRS
THE CLAS

DAT
SEC
THE CLA

TASK & OUTPUT

FOURTH DIMENSION OF
THE CLASSIFICATION FRAMEWORK

**DATA CAN BE SYNTHETIC, DERIVED, INFERRED, AGGREGATED; ALSO DYNAMIC OR STATIC**

AI MODEL

THIRD DIMENSION OF
THE CLASSIFICATION FRAMEWORK

**MODEL PROPERTIES:**

1. **FAIRNESS**
2. **EXPLAINABILITY**
3. **ROBUSTNESS**
4. **PERFORMANCE**

TASK OF THE SYSTEM

- recognition
- event detection
- forecasting
- personalisation
- interaction support
- goal-driven optimization
- reasoning with knowledge structures

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

**Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0**

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**


Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios


# Conceitos de IA :

- Terminologias da IA
- *machine learning* (AM)
- Tipologia de AM
- *deep learning*
- *adversarial ML*
- Grandes modelos de linguagem (LLM)

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

**Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0**

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**


Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios


**Conceitos de IA :**


Terminologias da IA

*machine learning*

Tipologia de AM

*deep learning*

AM adversarial

Grandes modelos de linguagem (LLM)


Existem várias modalidades de IA; a mais usada atualmente é o Aprendizagem de Máquina (AM) (em inglês: *machine learning*) . Método para treinar um programa computacional a partir de dados reais ou simulados sem programá-lo diretamente, replicando o resultado no processamento de novos dados.

Existem várias abordagens para a AM:

- AM supervisionada: a aprendizagem começa com um conjunto de entradas previstas e saídas corrigidas, às quais se agregam novos códigos.
- AM semi-supervisionada: para algumas classes de dados faltam rótulos, agregados num treinamento.
- AM não supervisionada: apenas os parâmetros de entrada são fornecidos e o algoritmo agrupa ou gera os dados, dando-lhes uma estrutura autônoma.
- AM por auto-reforço: aprendizagem por ciclos iterativos de tentativa e erro, sem dados de entrada.

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios

**Conceitos de IA :**

Terminologias da IA

*machine learning*

*deep learning*

AM adversarial

Grandes modelos de linguagem (LLM)

Aprendizagem profunda (em inglês: *deep learning*) e aprendizagem por contestação (em inglês: *adversarial machine learning*) – formas de auto-treinamento do programa de AM que buscam revelar padrões subjacentes nos dados analisados ou criar novos padrões ou configurações (por exemplo, algoritmos usados para encontrar clusters, variações ou equivalências nos dados).

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios

**Conceitos de IA :**

Terminologias da IA

*machine learning*

*deep learning*

AM adversarial

Grandes modelos de linguagem (LLM)

*Deep learning* compreende um subconjunto de AM que emprega camadas de dados brutos de entrada e ciclos de processamento para extrair novos dados e reprogramar o algoritmo para novos critérios e padrões.

*Adversarial machine learning* consiste em rodar um programa de AM, ou alguns dos seus algoritmos, posto em permanente confronto consigo mesmo em ciclos iterativos, daí resultando instruções e soluções para inconsistências e contradições geradas nos conflitos lógicos resultantes.

# INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO SUS: FUNDAMENTOS E CONCEITOS

**SUMÁRIO:**

Fundamentos da IA

Conceitos de IA

Usos da IA na Saúde

Potencial da IA no SUS

Dilemas e desafios

**Conceitos de IA :**

Terminologias da IA

*machine learning*

*deep learning*

AM adversarial

Grandes modelos de linguagem (LLM)

Várias modalidades de IA generativa usam grandes modelos de linguagem (em inglês: *Large Language Models*). Alguns são "*transformers*" de conversação. Exemplos: ChatGPT, Gemini

Programas de IA desenhados para geração de objetos comunicacionais (palavras, sentenças e textos em linguagem natural; códigos em linguagem de programação; sons e música; imagens; transcrições e traduções).

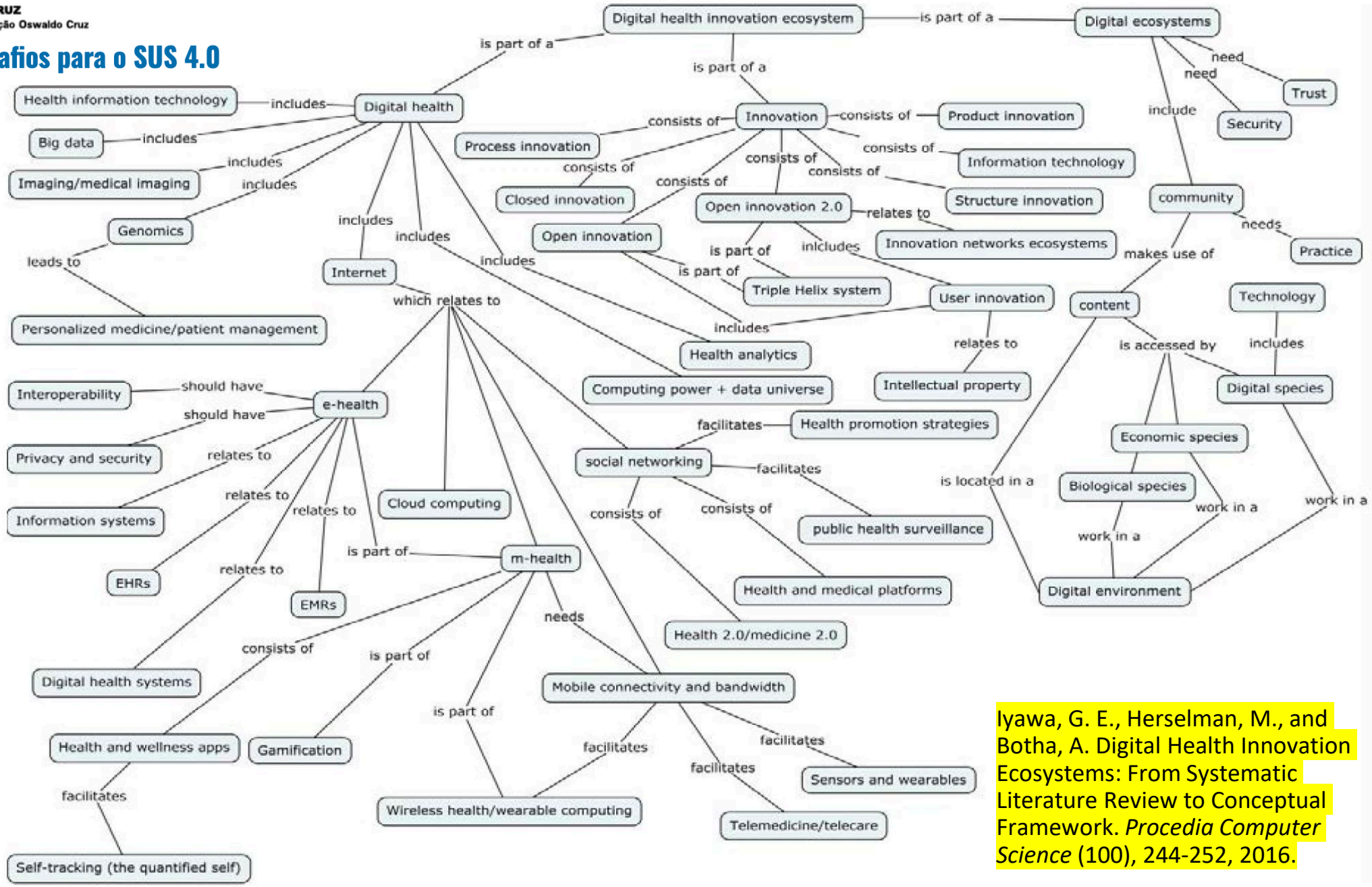
Objetos de recente *hype* midiático. Necessita séria desmistificação...

NETHIS
NÚCLEO DE ESTUDOS SOBRE BIOÉTICA E DIPLOMACIA EM SAÚDE

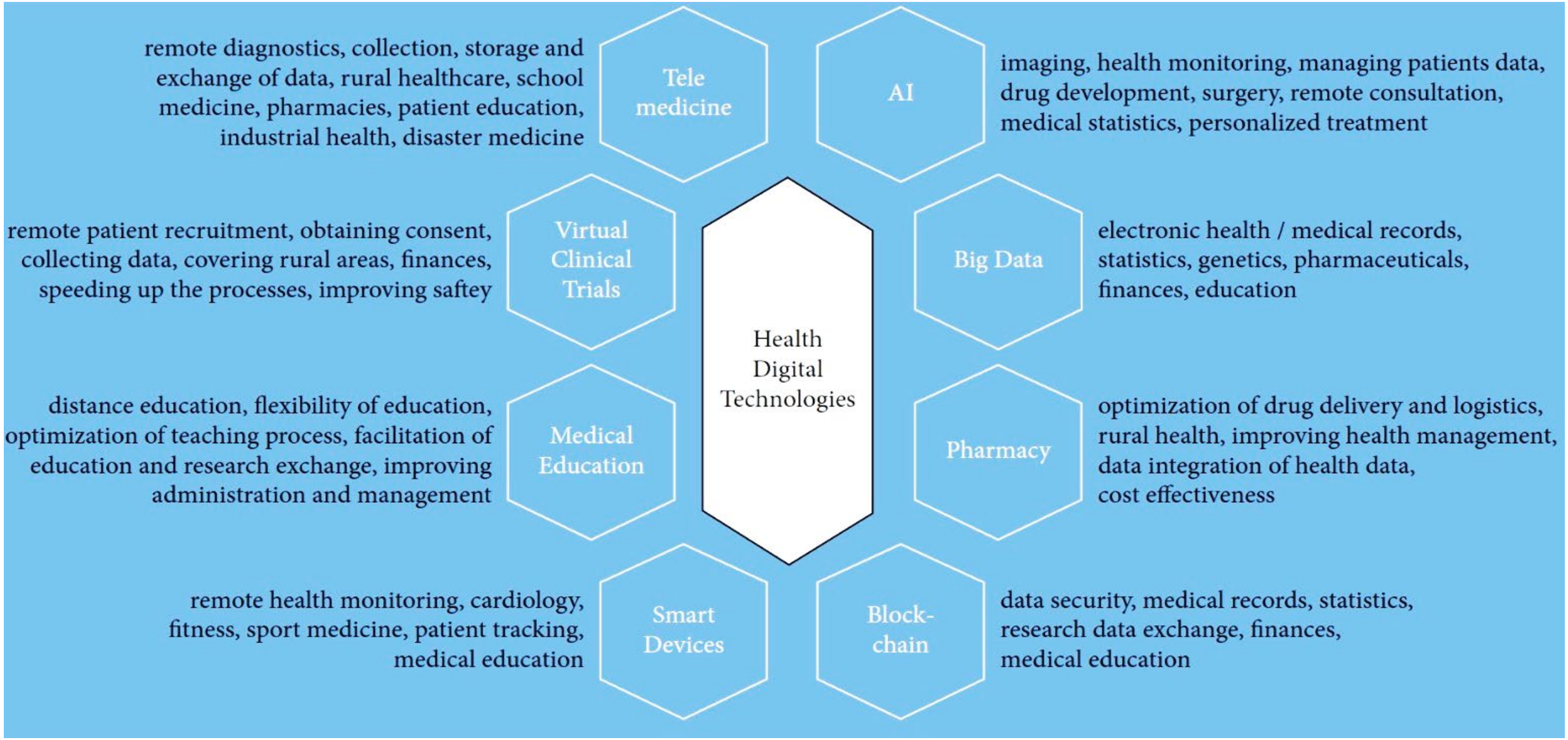
Ministério da Saúde
FIOCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

## Inteligência Artificial: Desafios para o SUS 4.0

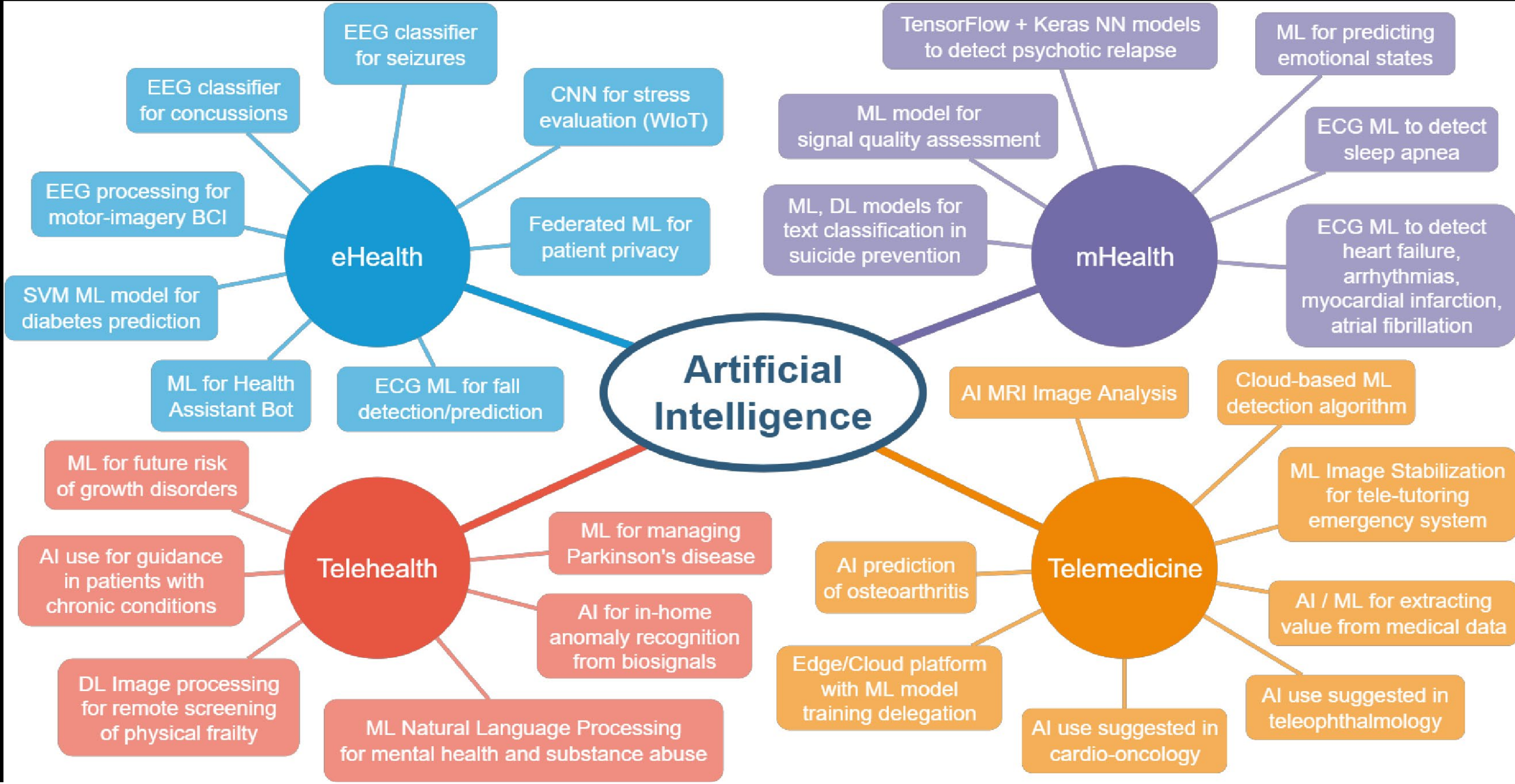
# MODELO ECOSSISTÊMICO DO CAMPO DA SAÚDE DIGITAL



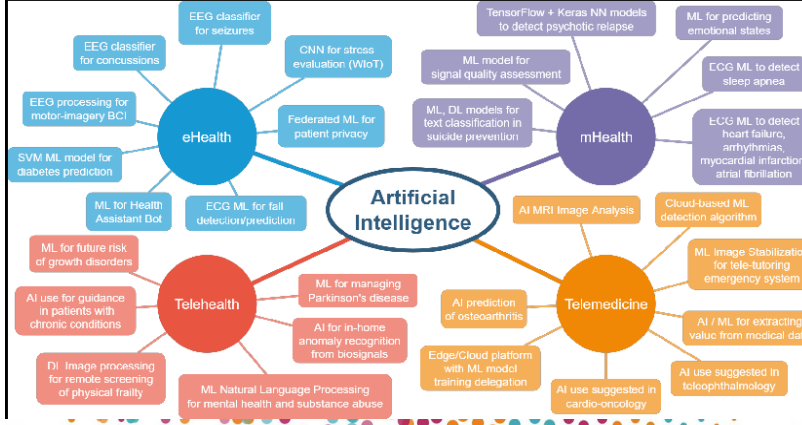

Iyawa, G. E., Herselman, M., and Botha, A. Digital Health Innovation Ecosystems: From Systematic Literature Review to Conceptual Framework. *Procedia Computer Science* (100), 244-252, 2016.




Senbekov, M et al. The Recent Progress and Applications of Digital Technologies in Healthcare: A Review. Int J Telemed Appl. 2020 Dec 3;2020:8830200.




Pap, Iuliu Alexandru & Oniga, Stefan. A Review of Converging Technologies in eHealth Pertaining to Artificial Intelligence. International Journal of Environmental Research and Public Health. 19. 11413 (2022).




# Transformação digital nos sistemas de saúde

- Informática Médica –> Bioinformática –> e-Saúde –> Telessaúde –> Saúde Digital
- Saúde Digital: [e-Saúde + m-Saúde + p-Saúde...]
- Registros universais + conectividade
- Redes de dados, plataformas de megadados
- Ecossistemas digitais de saúde: integralidade virtual; nova territorialidade; cuidado metapresencial; interoperabilidade
- Impacto da Inteligência Artificial na saúde

| ÁREAS-TEMAS<br>AÇÕES | BASE FÍSICA: CONECTIVIDADE, EQUIPAMENTOS | TELESSAÚDE TELEMEDICINA CORRELATOS | PRONTUÁRIOS ELETRÔNICOS APLICATIVOS | PLATAFORMAS DE MEGADADOS (BIG DATA) | INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL IA/SAÚDE |
|---|---|---|---|---|---|
| **(a) base teórico-conceitual** | PLACTED; teoria do Complexo Industrial da Saúde | Teoria da Presença; Meta-presencialidade | Teoria da técnica; Teoria de atores-redes (Lévy, Latour) | Teoria dos modos de produção do comhecimento (Samaja) | Teoria do Realismo Informacional (Floridi, Minger) |
| **(b) Ecossistema assistencial SUS Digital** | Revisão da info-estrutura hierarquizada do SUS | Espaços Metapresenciais de Cuidado (EMC) | e-saúde<br>m-saúde<br>Meu SUS Digital | Plataformas DATASUS CIDACS RNDS outras | Sistemas inteligentes para diagnóstico e prognóstico |
| **(c) formação de pessoas na cultura digital** | Espaços Metapresenciais de Aprendizagem (EMA) | Formação metapresencial Humanização na SD | Formação para design de registros, sensores e apps | Formação em Informática em Saúde Epidemiologia na SD | Formação em programação para na IA/SD |
| **(d) produção científica e tecnológica** | Laboratórios de Inovação em SD | PD&I de redes, protocolos e programas | PD&I de dispositivos e programas | Engenharia de dados e plataformas informacionais | PD&I de algoritmos e programas AM |
| **(e) fatores sociais e culturais** | Redes de pesquisa sobre impactos da Saúde Digital | Estudos de satisfação, adesão e efetividade | Estudos de apropriação sociotécnica | Estudos prospectivos e de analítica preditiva | PD&I sobre precaução e impacto da IA na sociedade |
| **(f) impactos políticos e institucionais** | Laboratórios de Transformação Digital do SUS | Estudos de intervenção e avaliação | Estudos de implementação e operação | Estudos de impacto da SD na população | Monitoramento transformação digital IA/SD |
| **(g) efeitos na economia** | Observatórios de impacto econômico | Estudos de custo-efetividade | Estudos de Monitoramento Meta-cuidado | Integração com bases de dados – IBGE IPEA | impactos da IA/SD na economia |
| **h) aspectos jurídicos e regulatórios** | Observatórios de Regulação em SD | Estudos deontológicos da telessaúde | Estudos de aspectos ético-jurídicos | Estudos sobre políticas de proteção de dados | Tendências e soluções regulatórias para IA/SD |

## DILEMAS, CONTRADIÇÕES, DIFICULDADES

- Fenômenos complexos-singulares-emergentes
- Novas desigualdades/iniquidades em saúde
- Consistência-rigor vs urgentismo reativo
- Lucratividade vs. qualidade-equidade
- Viabilidade política vs. democracia digital
- Dependência tecnológica vs. apropriação sociotécnica

## DESAFIOS, PERSPECTIVAS, OPORTUNIDADES

- Logística I: combos metodológicos multiplanos
- Logística II: produção de dados metaformes
- Analítica I: análises pré-programadas de nexos-fluxos
- Analítica II: estratégias analíticas para megadados
- Heurística I: interpretação/inferência/predição mediada por IA
- Heurística II: ‘sobredeterminação’ (superar o neocausalismo)
- Política I: Protagonismo no campo da Saúde Digital
- Política II: Reforçar a Saúde Digital no campo da Saúde Coletiva