
Smart farming e robótica agrícola

— LEB0332 - Mecânica e Máquinas —
Motoras

Prof. Roberto Fray da Silva
roberto.fray.silva@usp.br

Objetivos

- 1. Smart farming / agricultura inteligente:** o que é, importância, 4 componentes
- 2. Robótica:** definição, 6 principais componentes robô
- 3. Exemplos:**
 - a.** Terrasentia: robô terrestre monitoramento agrícola
 - b.** Robô-frango: robô terrestre monitoramento cama frangos



Motivações



Consumo de alimentos per capita projetado (diversos cenários)

- Esquerda: consumo per capita
- Direita: consumo total

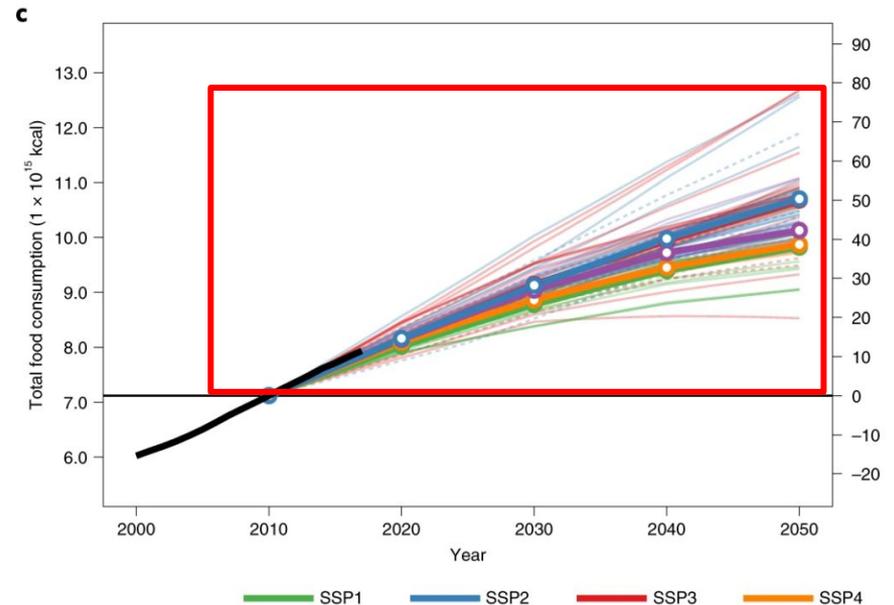
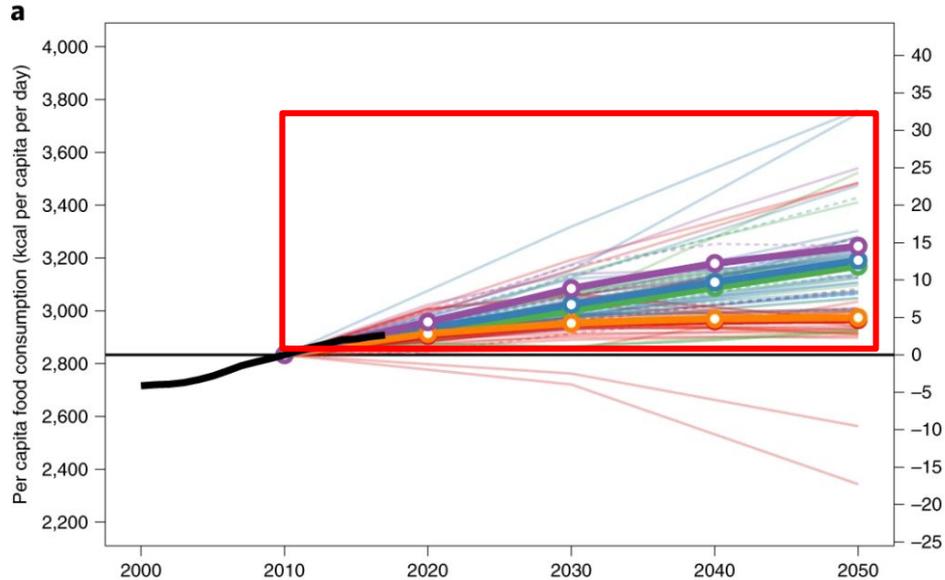
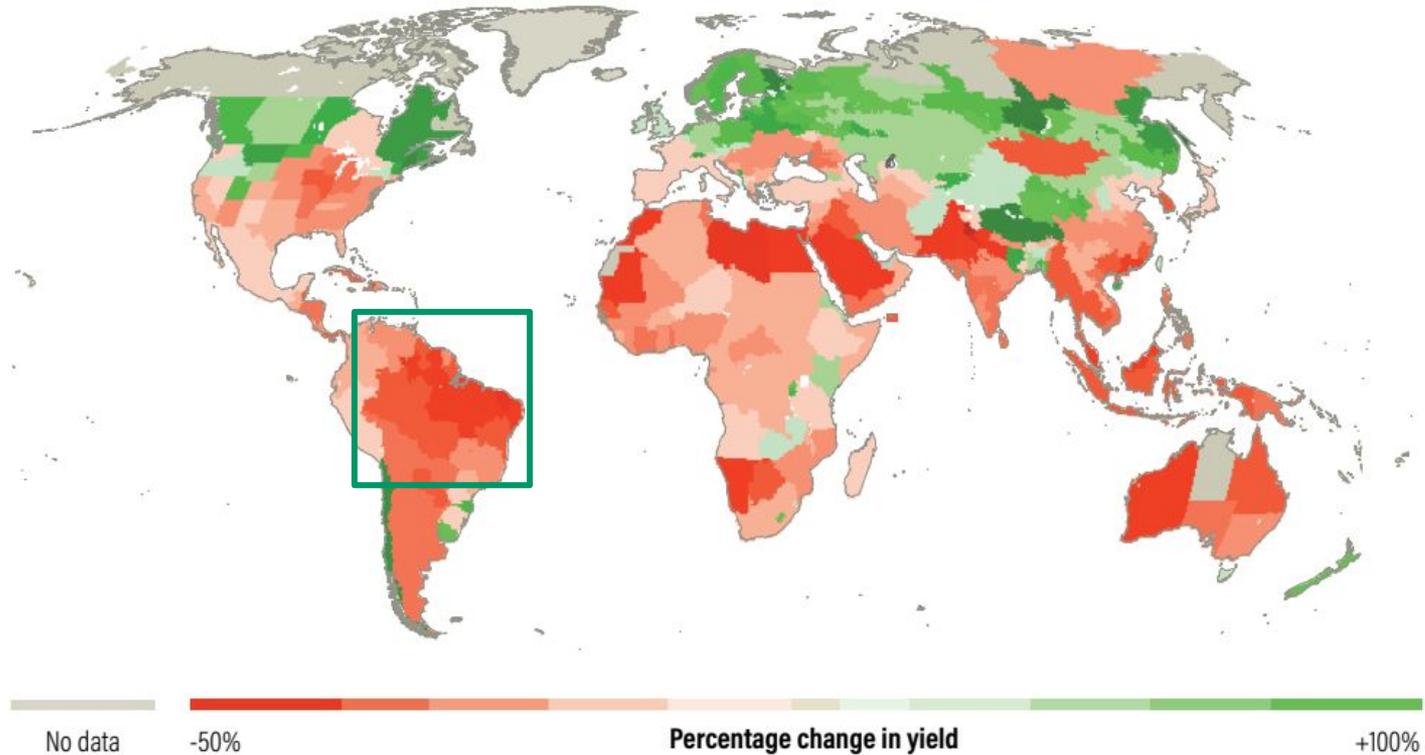


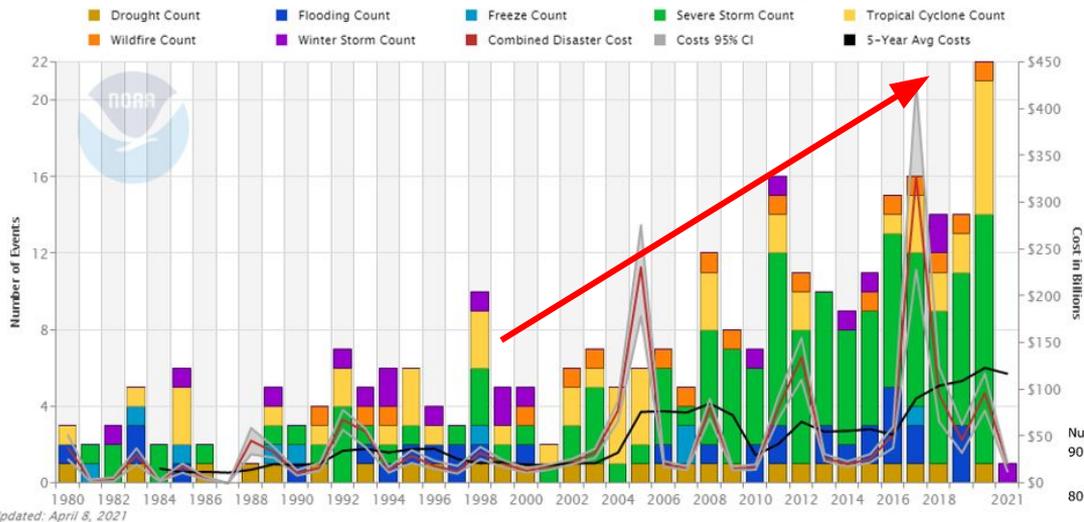
Figure 1-4 | Climate change is projected to have net adverse impacts on crop yields (3°C warmer world)



Fonte:

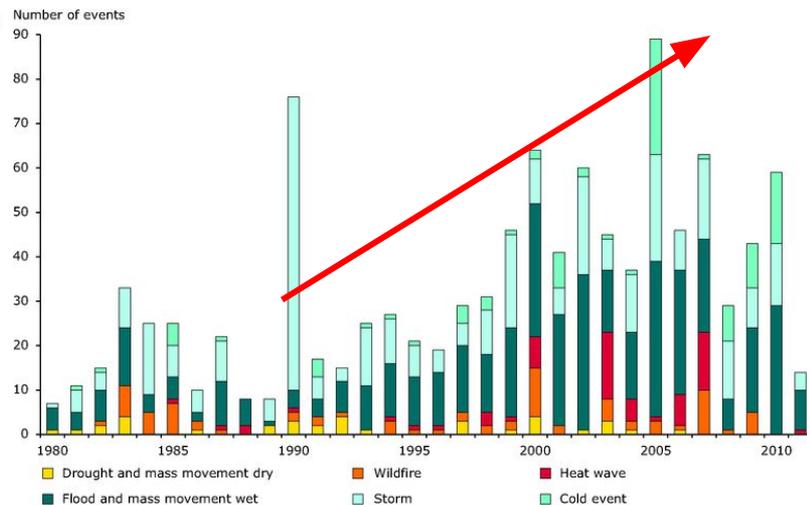
https://reliefweb.int/report/world/world-resources-report-creating-sustainable-food-future-menu-solutions-feed-nearly-10?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw5lmwBhBtEiwAFHDZxzSH_O3MHYRTX7YfD68b_Cu0az2h0cRT7Cx3uTZ1BSC2m9E2ZKFcahoCPisQAvD_BwE ; World Bank. 2010. World Development Report 2010: Development and Climate Change. Washington, DC

United States Billion-Dollar Disaster Events 1980-2021 (CPI-Adjusted)



Impacto de eventos climáticos extremos

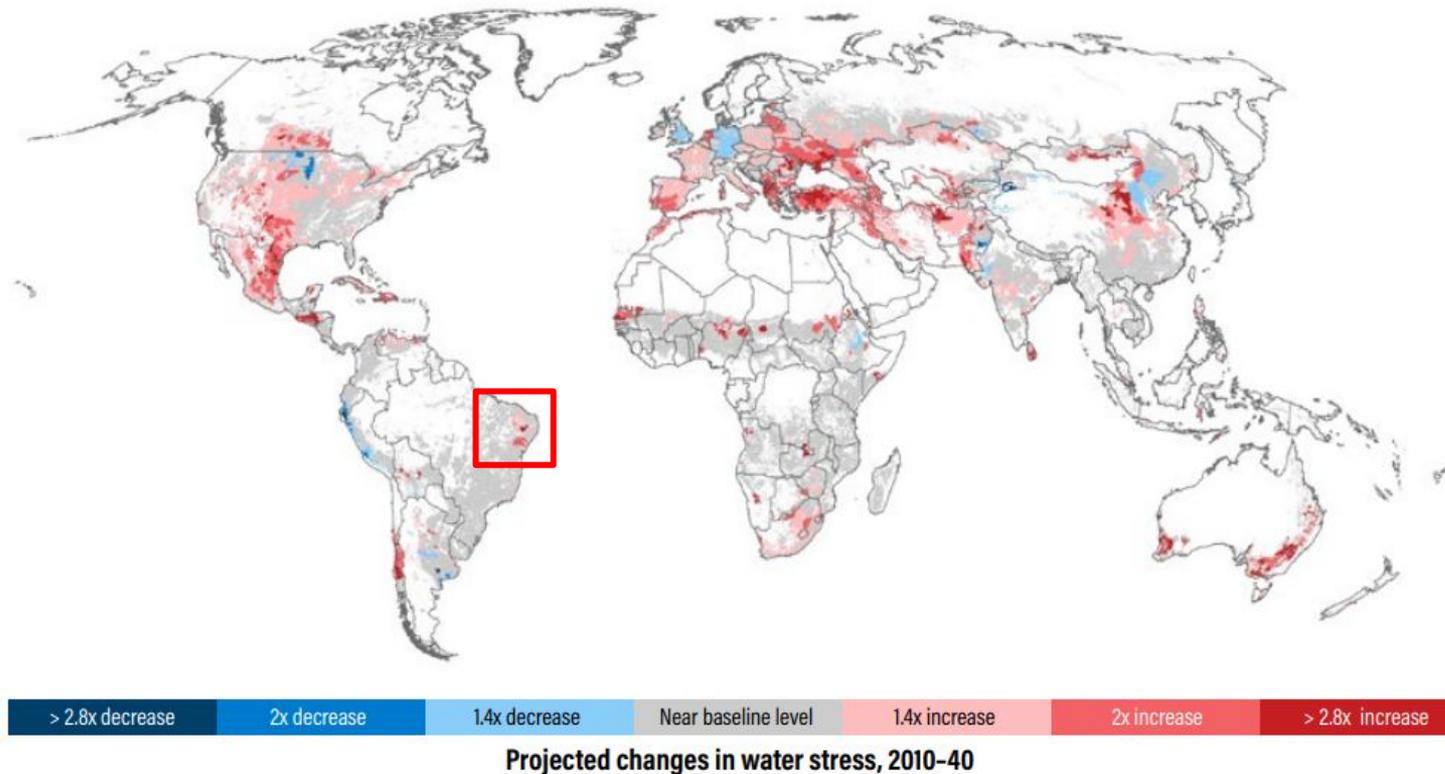
- Acima: EUA
- Direita: União Européia



Fontes:

<https://www.forbes.com/sites/ianpalmer/2021/07/14/heat-waves-and-billion-dollar-extreme-weather-events-are-they-linked-to-greenhouse-gases-and-fossil-fuels/?sh=52f5fbb068c1>, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/number-of-reported-climate-related>

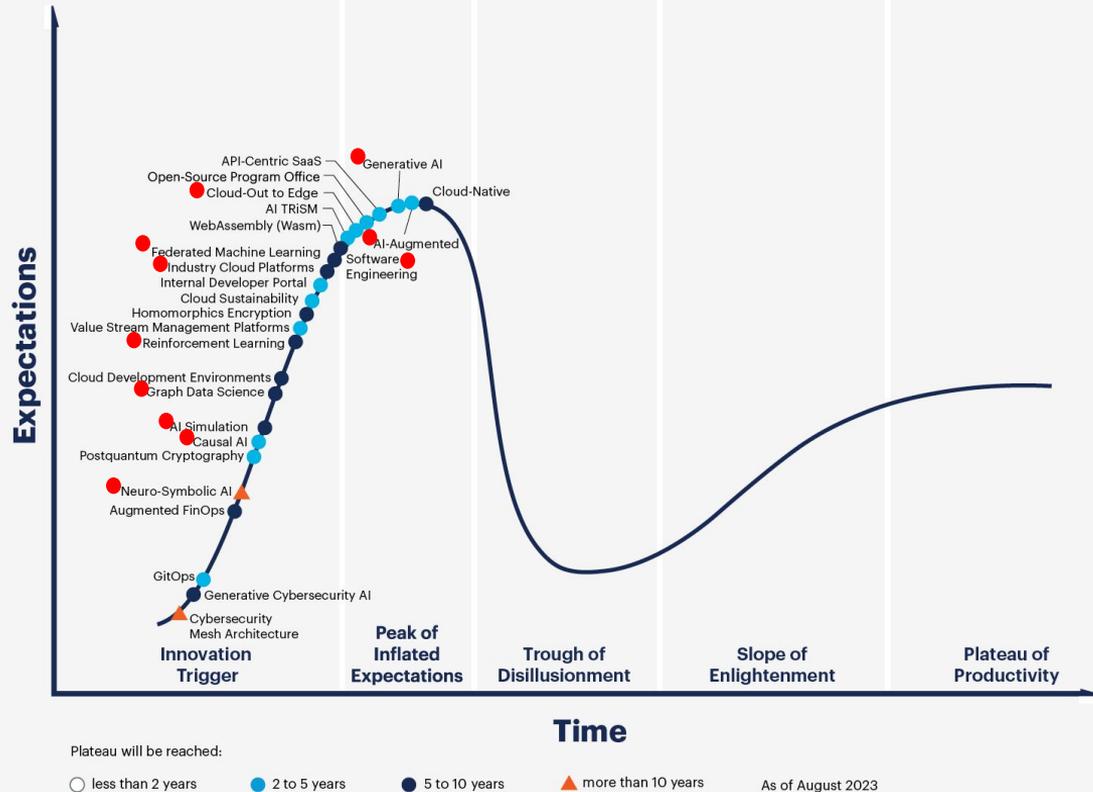
Figure 1-5 | Water stress will increase in many agricultural areas by 2040 due to growing water use and higher temperatures



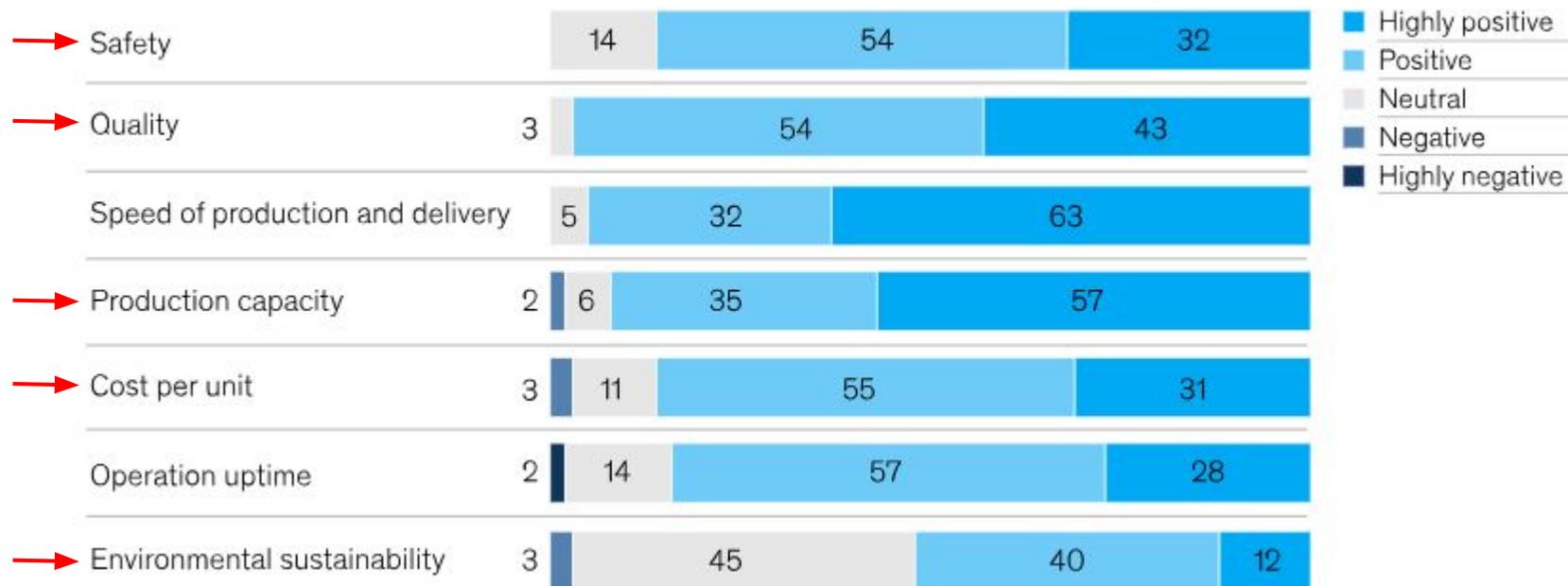
Fonte:

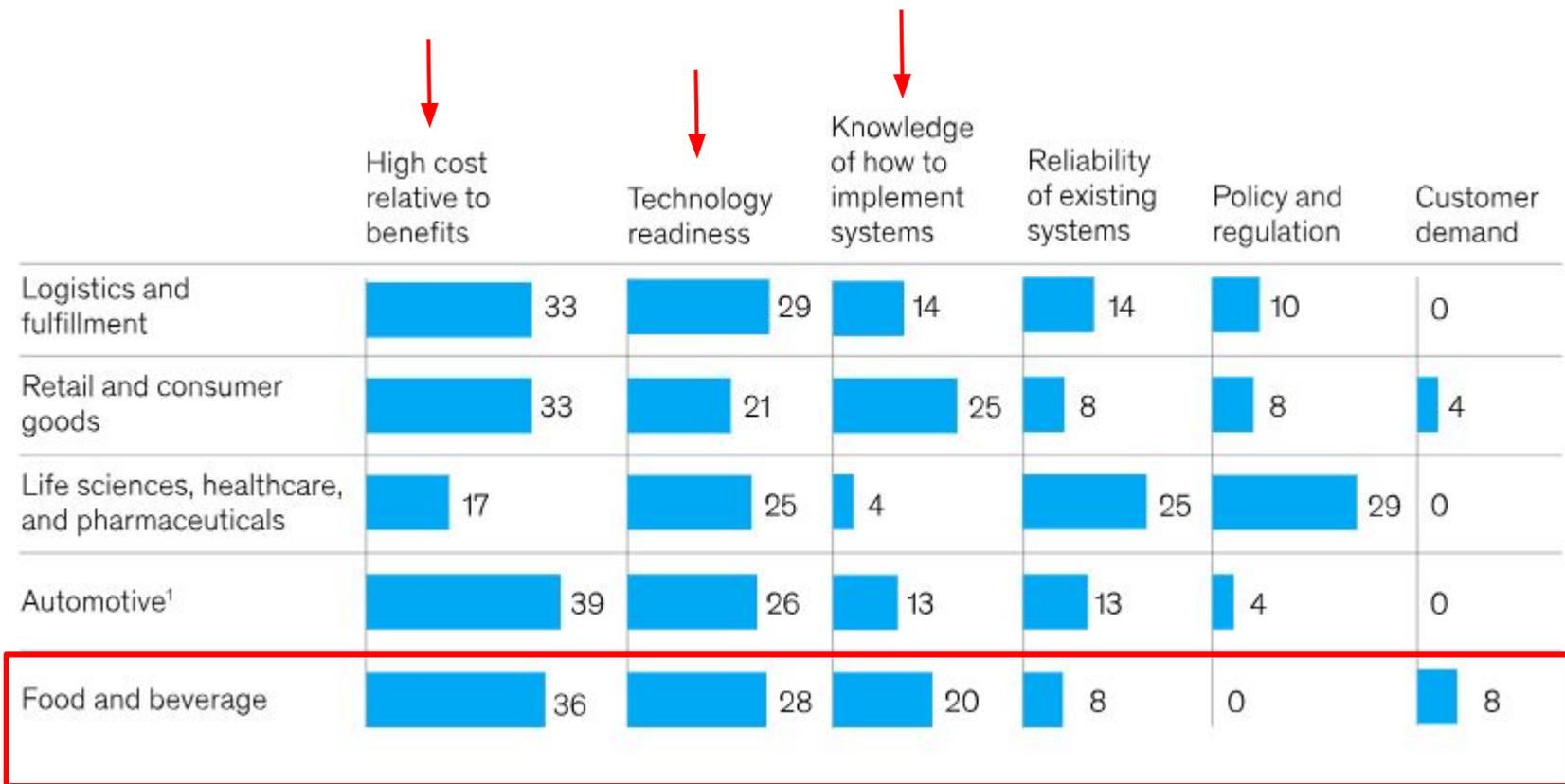
https://reliefweb.int/report/world/world-resources-report-creating-sustainable-food-future-menu-solutions-feed-nearly-10?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw5ImwBhBtEiwAFHDZxzSH_O3MHYRTX7YfD68b_Cu0az2h0cRT7Cx3uTZ1BSC2m9E2ZKFcahoCPisQAvD_BwE ; World Bank. 2010. World Development Report 2010: Development and Climate Change. Washington, DC

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2023



Impact of automation, by type, % of respondents





Global Agricultural Robot Market

Size, by Type, 2023-2033 (USD Billion)

120

100

80

60

40

20

0

Driverless Tractors

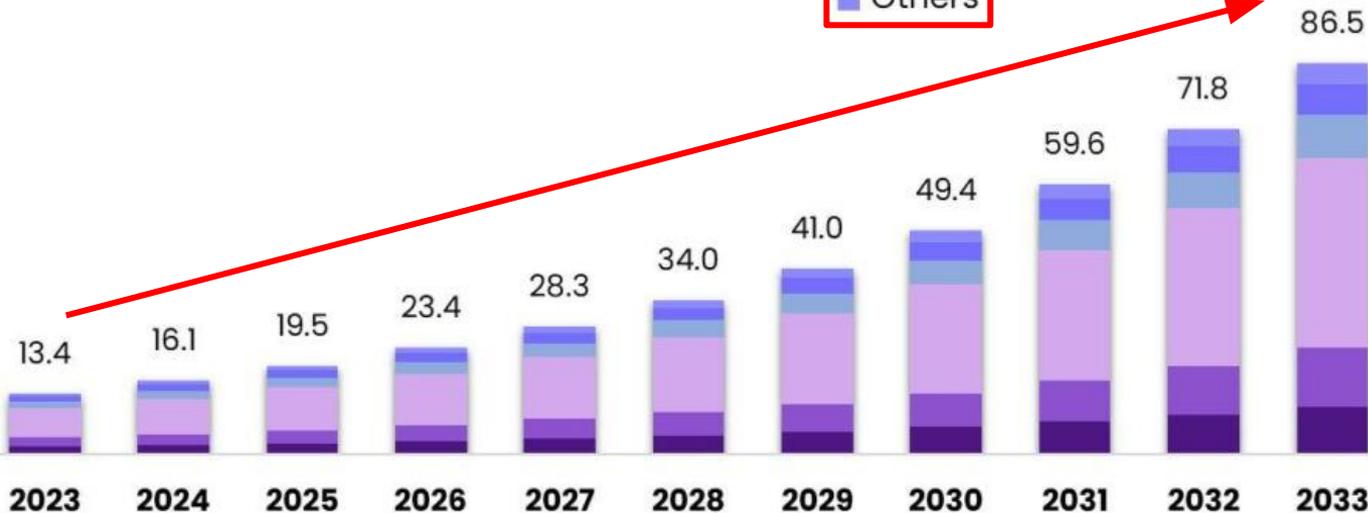
UAVs

Milking Robots

Material Management

Automated Harvesting Robots

Others



The Market will Grow
At the CAGR of:

20.5%

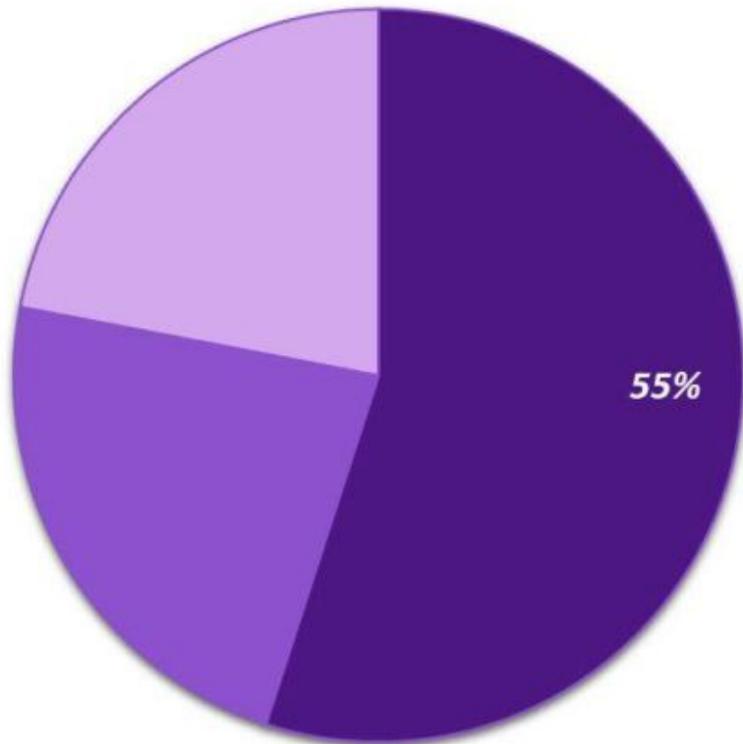
The Forecasted Market
Size for 2033 in USD:

\$86.5Bn

market.us
ONE STOP SHOP FOR THE REPORTS

Global Agricultural Robot Market

Share, by Offering, 2023 (%)



Hardware

Software

Service

 **market.us**
ONE STOP SHOP FOR THE REPORTS

13.4

Total Market Size
(USD Billion), 2023

20.5%

CAGR
2024-2033

Parte 1 - Smart farming



**Smart farming /
agricultura
inteligente?**



Smart farming - definição

- Uso de **Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs)** em fazendas
- **Evolução** no uso de automação
- **Hardware + software + comunicação**
- **Data-driven** (baseados em dados)
- **Context awareness** (contexto)



Smart farming - tecnologias

- **Exemplos tecnologias:**

- IoT (**sensores**)
- 5G e LoRa (**comunicação**)
- Computação em nuvem (cloud) e **borda** (edge)
- **Inteligência artificial** /
aprendizagem máquina
- **Robôs** (terrestres, **drones**,
braços robóticos)



Smart farming - importância

- Aumentar:
 - **Produtividade**
 - **Sustentabilidade**
 - **Qualidade** dos produtos
- Reduzir:
 - **Uso de recursos**
 - **Impactos trabalhadores**

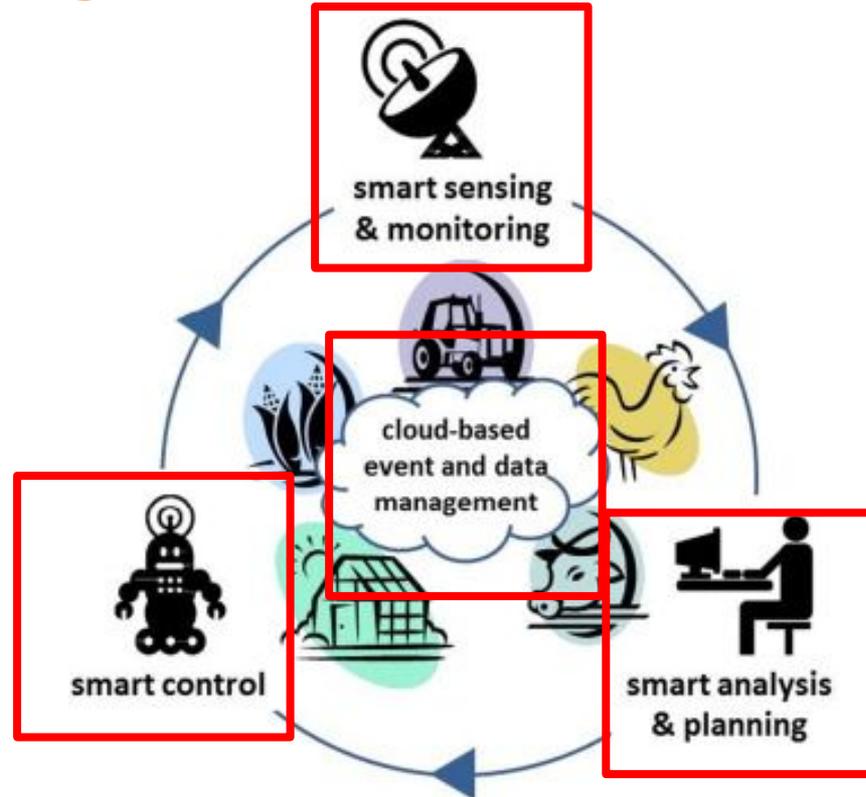


Smart farming - exemplos

- **Adicionar sensores** em equipamentos atuais (**monitoramento do ambiente**)
- **Adicionar inteligência** a equipamentos (**hardware + processamento local**)
- **Novos sistemas produção:**
 - **Máquinas:** parte operacional
 - **Pessoas:** planejamento, análise



Smart farming - componentes

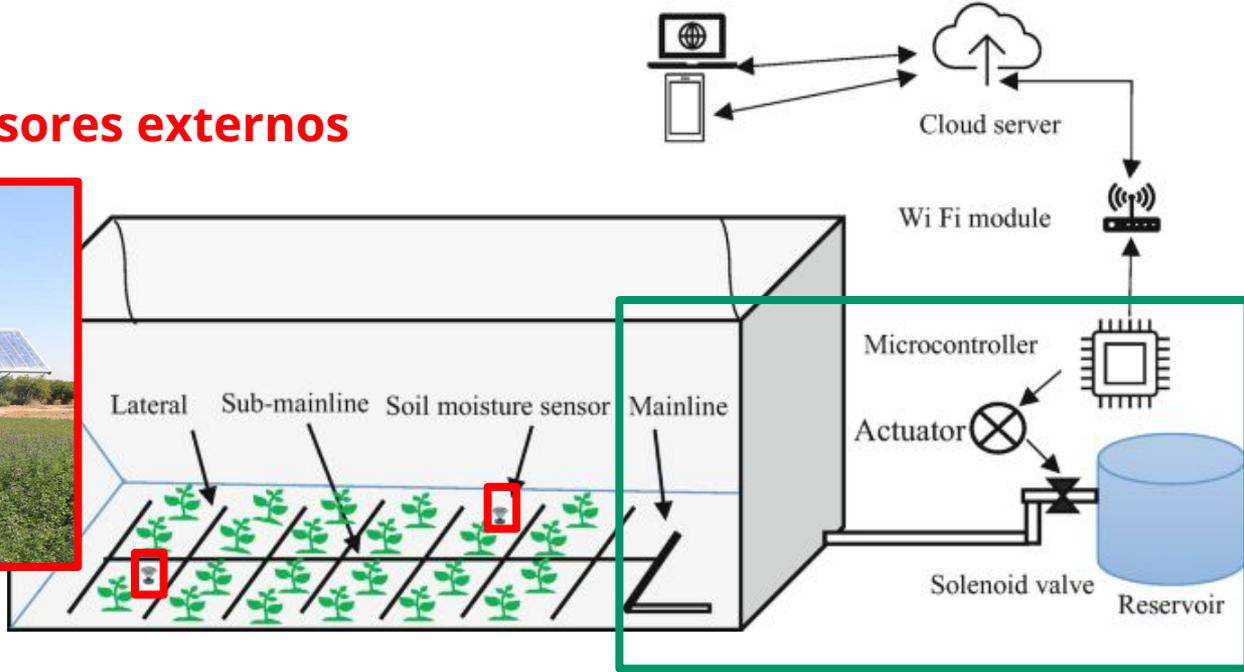


Smart farming - Componente 1

- **Componente 1 - Sensoriamento e Monit.**
 - **Obter informações** dos ambientes, processos, e atividades relacionadas à produção
 - **Sensores externos** → estado do ambiente
 - **Sensores internos** → estado de máquinas
 - **IoT, sensores, estações (fixas), robôs (móveis), tecnologias de comunicação (WiFi, LoRa, 3G/4G, 5G...)**



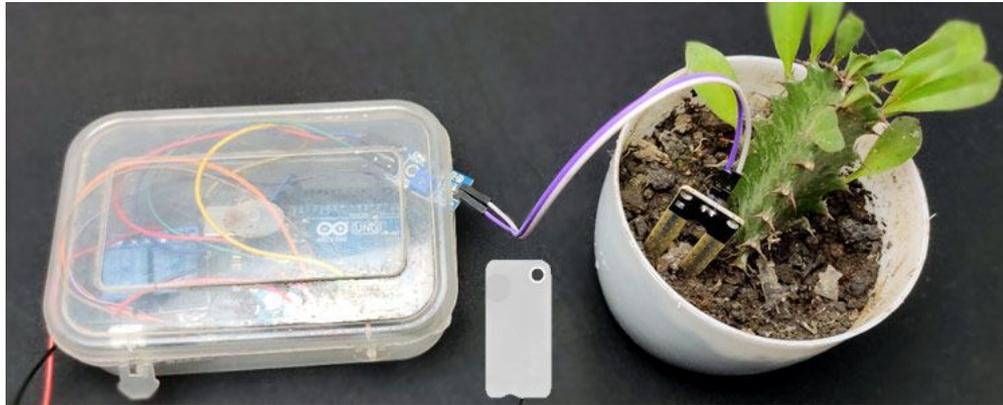
Sensores externos



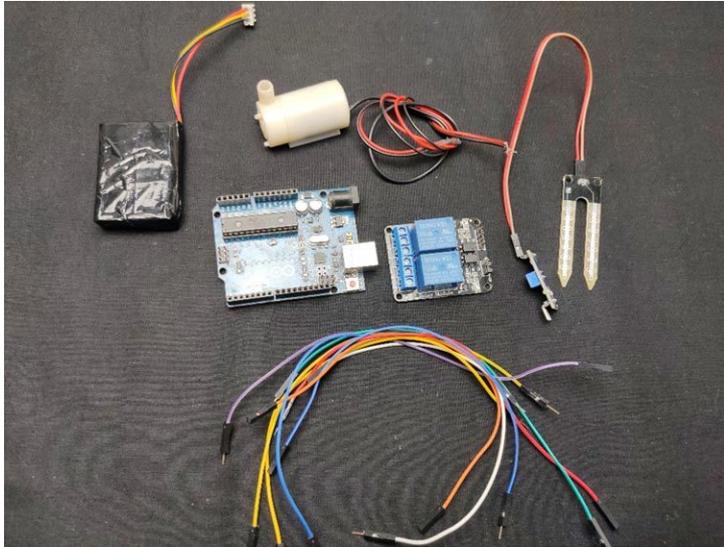
Sensores internos

Fontes: Seyar, M.H., Kahandage, P.D. and Ahamed, T., 2023. An IoT-Based Precision Irrigation System to Optimize Plant Water Requirements for Indoor and Outdoor Farming Systems. In IoT and AI in Agriculture: Self-sufficiency in Food Production to Achieve Society 5.0 and SDG's Globally (pp. 47-69). Singapore: Springer Nature Singapore. ;
Ouaadi, N., Ezzahar, J., Khabba, S., Er-Raki, S., Chakir, A., Ait Hssaine, B., Le Dantec, V., Rafi, Z., Beaumont, A., Kasbani, M. and Jarlan, L., 2021. C-band radar data and in situ measurements for the monitoring of wheat crops in a semi-arid area (center of Morocco). Earth System Science Data Discussions, 2021, pp.1-41.

Sistema irrigação vaso (Arduino Uno)



Sistema irrigação vaso (Arduino Uno)



```
If (percentage < 10)
{
  Serial.println(" pump on");
  digitalWrite(3,LOW);
}
```

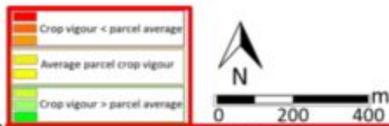
```
if (percentage > 80)
{
  Serial.println("pump off");
  digitalWrite(3,HIGH);
}
}
```

Smart farming - Componente 2

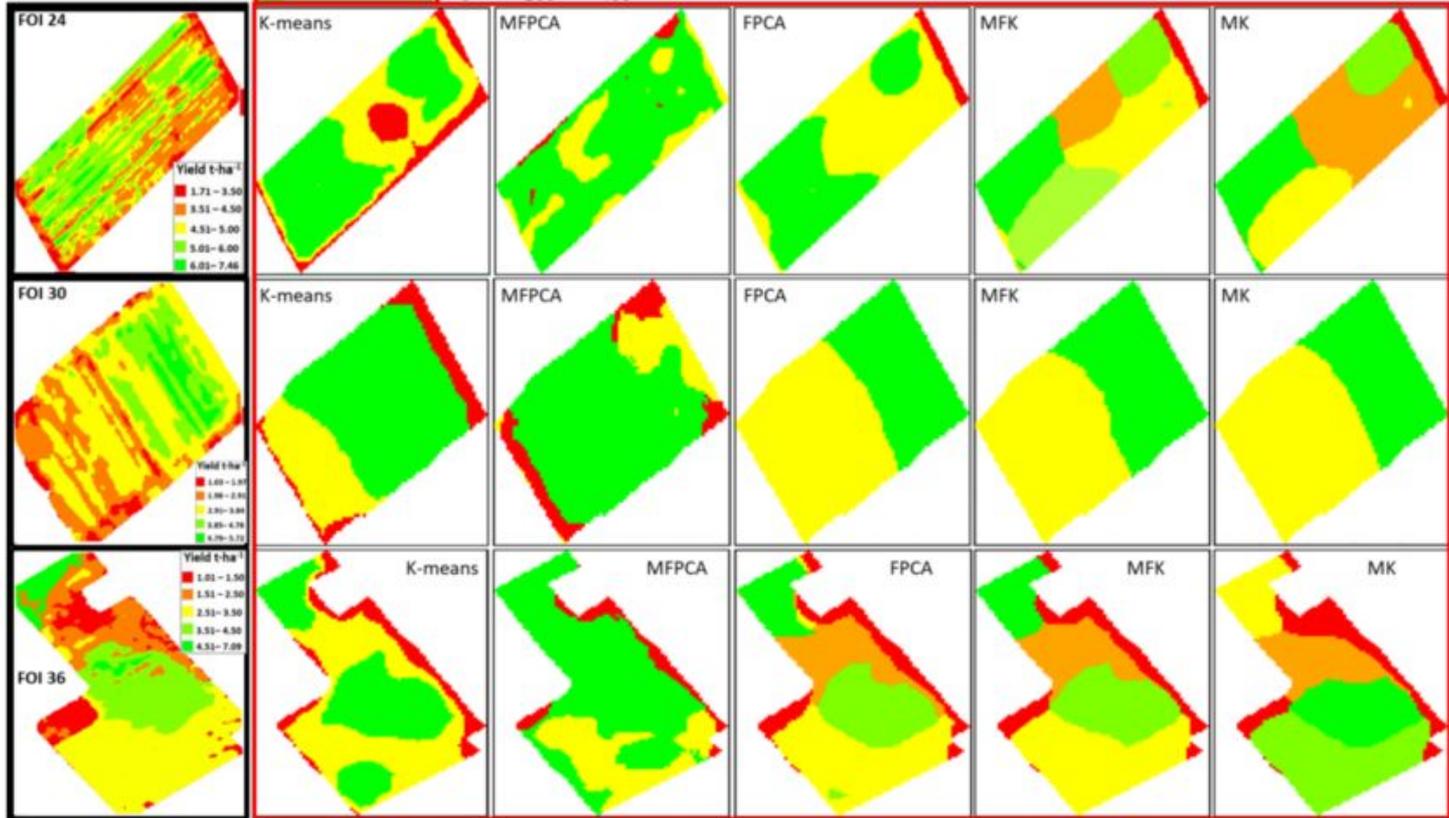
- **Componente 2 - Análise e Planejamento**
 - **Análise dos dados coletados (extração do conhecimento)**
 - **Geração de informações importantes para a tomada de decisões**
 - **Modelos estatísticos, probabilísticos, IA, econométricos, otimização, simulação**



Dados coletados em campo



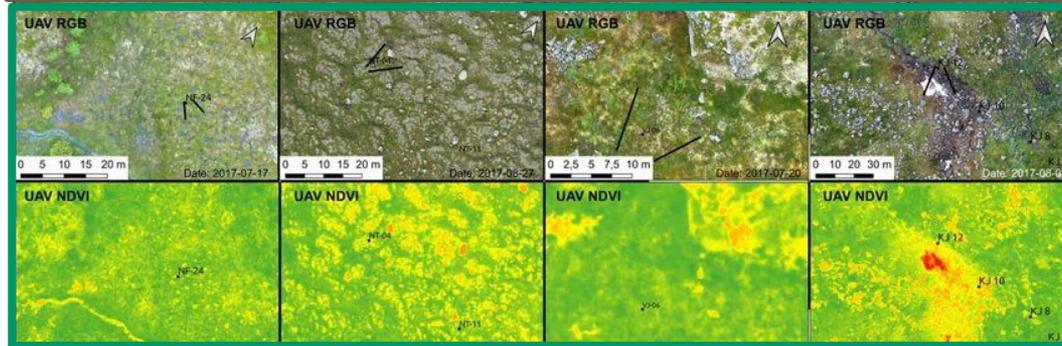
Dados processados (diferentes modelos clustering)



Comparação NDVI diferentes fontes dados



Fotografia nível solo



Imagens drone



Imagens satélites

Resolução

Fonte: Siewert, M.B. and Olofsson, J., 2020. Scale-dependency of Arctic ecosystem properties revealed by UAV. Environmental Research Letters, 15(9), p.094030.



Smart farming - Componente 3

- **Componente 3 - Controle**

- Controle **automático** de **processos, equipamentos, componentes individuais**
- **Preferencialmente autônomo** (tomada de decisões)
- Área com **maior lacuna atual**
- Dificuldades do **mundo físico**:
 - **Operação** (locomoção, **interação produtos**)
 - **Definir e atingir objetivos**
 - **Ambiente heterogêneo** e em **mudança**
 - **Interações** sistemas e equipamentos
- **Robôs móveis** (**aéreos, terrestres**)



Smart farming - Componente 4

- **Componente 4 - Infraestrutura**

- Infraestrutura para:
 - **Gestão de dados**
 - **Computação em nuvem** (extração conhecimento)
- Computação em **nuvem vs borda**
- Depende diretamente de **acessibilidade (Internet)**
- **Queda considerável de custos hardware**
- **Sistemas de gestão**



Automação: definição

- **Reduzir mão de obra** para realizar uma tarefa
 - **Tecnologia**
 - De **atividades específicas a sistemas complexos**
 - **Processos definidos**
- **Industrialização** como fonte
- **Hardware + software + gestão**



Automação: contínuo / gradiente

100% mão
de obra

100%
autônomo



Referências - Smart farming e automação

- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C. and Bogaardt, M.J., 2017. Big data in smart farming—a review. **Agricultural Systems**, 153, pp.69-80.
- Moysiadis, V., Sarigiannidis, P., Vitsas, V. and Khelifi, A., 2021. Smart farming in Europe. **Computer Science Review**, 39, p.100345.
- Virk, A.L., Noor, M.A., Fiaz, S., Hussain, S., Hussain, H.A., Rehman, M., Ahsan, M. and Ma, W., 2020. **Smart farming: an overview**. Smart village technology: concepts and developments, pp.191-201.
- Jha, K., Doshi, A., Patel, P. and Shah, M., 2019. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. **Artificial Intelligence in Agriculture**, 2, pp.1-12.





Parte 2 - Robótica



Robô?



Robótica agrícola

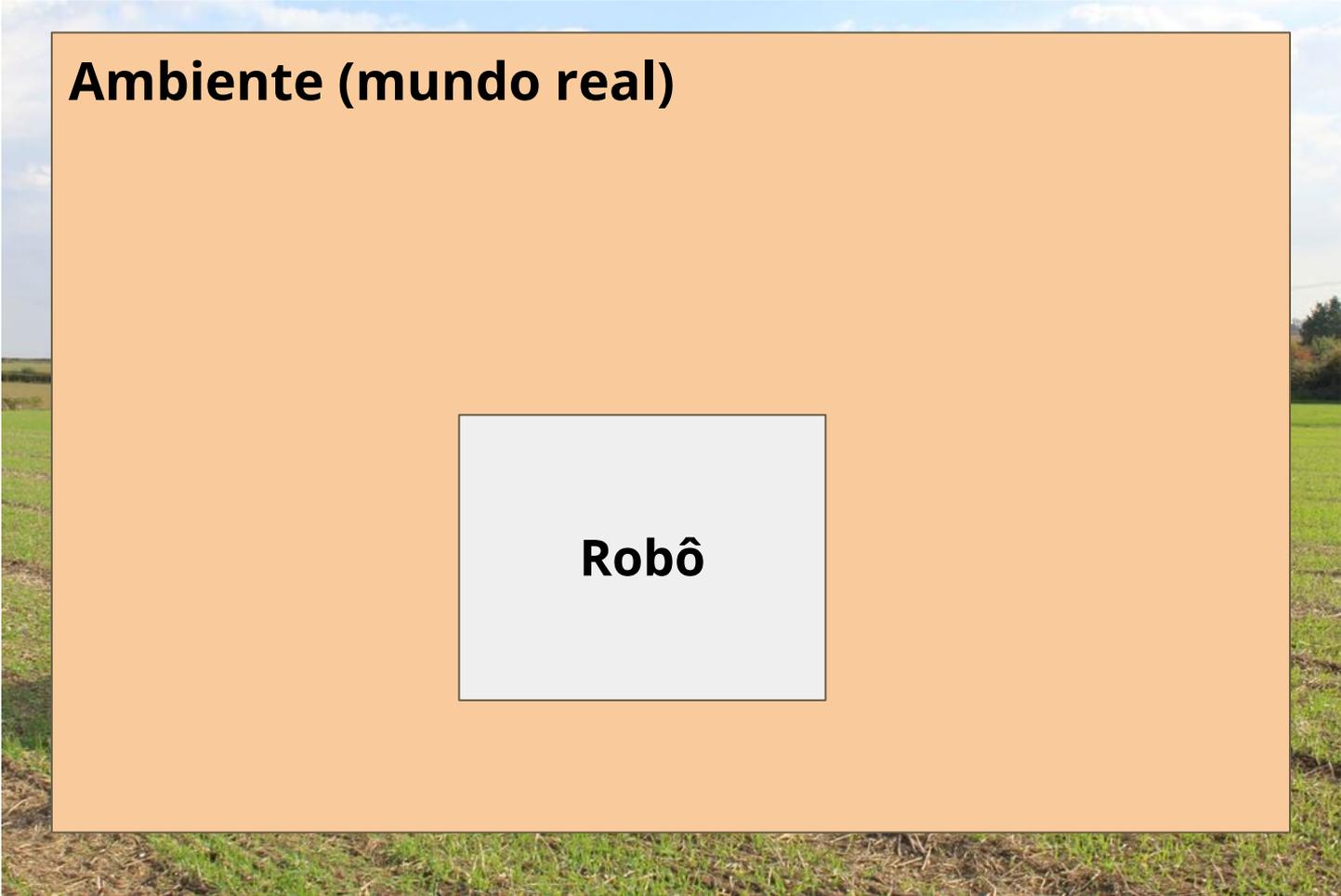
- **Robôs**: estado da arte em **automação**
 - **Máquina reprogramável** que **executa tarefas** no **mundo físico** de forma **automática** com **base em objetivos**
 - **Percepção + pensamento + atuação**
- Diferentes **níveis de autonomia**
- **Possibilidade de interação** humanos



Robótica agrícola

- **Atualmente: monitoramento, plantio, eliminação daninhas, colheita**
- Atividades **repetitivas**
- **3D**: Dull, Dirty, Dangerous
- **Agro não** utiliza corpos humanóides





Ambiente (mundo real)

Robô

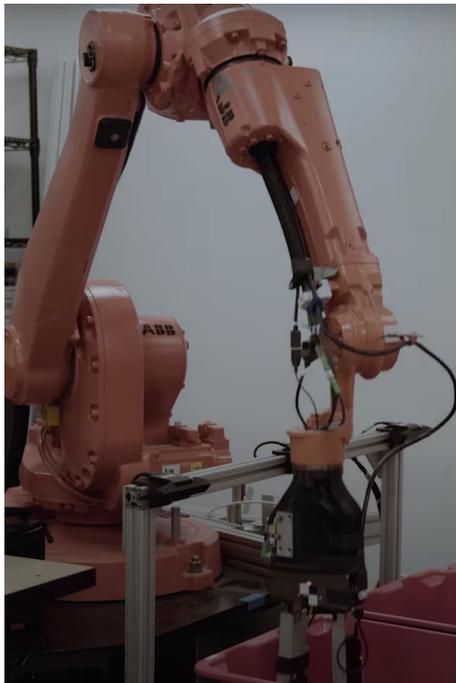
Exemplos de robôs não agrícolas

Fontes: <https://energizelab.com/consumerview/eilik> ;
<https://www.theguardian.com/technology/2014/may/28/google-self-driving-g-car-how-does-it-work> ;
<https://global.honda/en/newsroom/news/2001/c011112-eng.html> ;
<https://bostondynamics.com/news/boston-dynamics-expands-global-sales-of-spot-robot/> ;
<https://bostondynamics.com/blog/sick-tricks-and-tricky-grips/>



Robótica agrícola - Tipos principais

Estático / industrial



Móvel terrestre

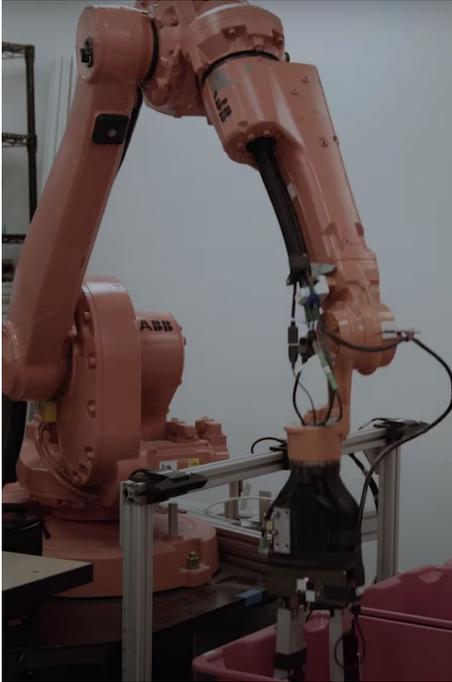


Móvel aéreo



Fontes: <https://news.mit.edu/2018/robo-picker-grasps-and-packs-0220> ;
Yinka-Banjo, C. and Ajayi, O., 2019. Sky-farmers: Applications of unmanned aerial vehicles (UAV) in agriculture. Autonomous vehicles, pp.107-128. ;
<https://mundogeo.com/en/2022/04/13/dji-inicia-ensaios-em-voos-do-drone-de-pulverizacao-agras-t30-no-brasil/> ; <https://ag.dji.com/pt-br> ;
<https://www.ieee-ras.org/agricultural-robotics-automation>

Robótica agrícola - Estático / industrial



Exemplo

<https://www.cnbc.com/2019/05/11/root-ai-unveils-its-tomato-picking-robot-virgo.html>

Robótica agrícola - Móvel terrestre



Fontes: <https://www.ieee-ras.org/agricultural-robotics-automation> ; <https://www.hw.ac.uk/news/articles/2023/farming-robot-to-help-care-for-crop-plants.htm> ; Redhead, F., Snow, S., Vyas, D., Bawden, O., Russell, R., Perez, T. and Brereton, M., 2015, April. Bringing the farmer perspective to agricultural robots. In Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (pp. 1067-1072). ; <https://www.bridgestone.com/bwsc/stories/article/2019/06/17-7.html> ; <https://www.nytimes.com/2020/02/13/science/farm-agriculture-robots.html> ; <https://www.earthsense.co/>

AgBot II

- **4 rodas** (tração 4x2)
- **Plataforma central:**
movimentação
- **Implemento: identificar e controlar daninhas**
(mecânica, química)
- **Identificação: câmera RGB + visão computacional**

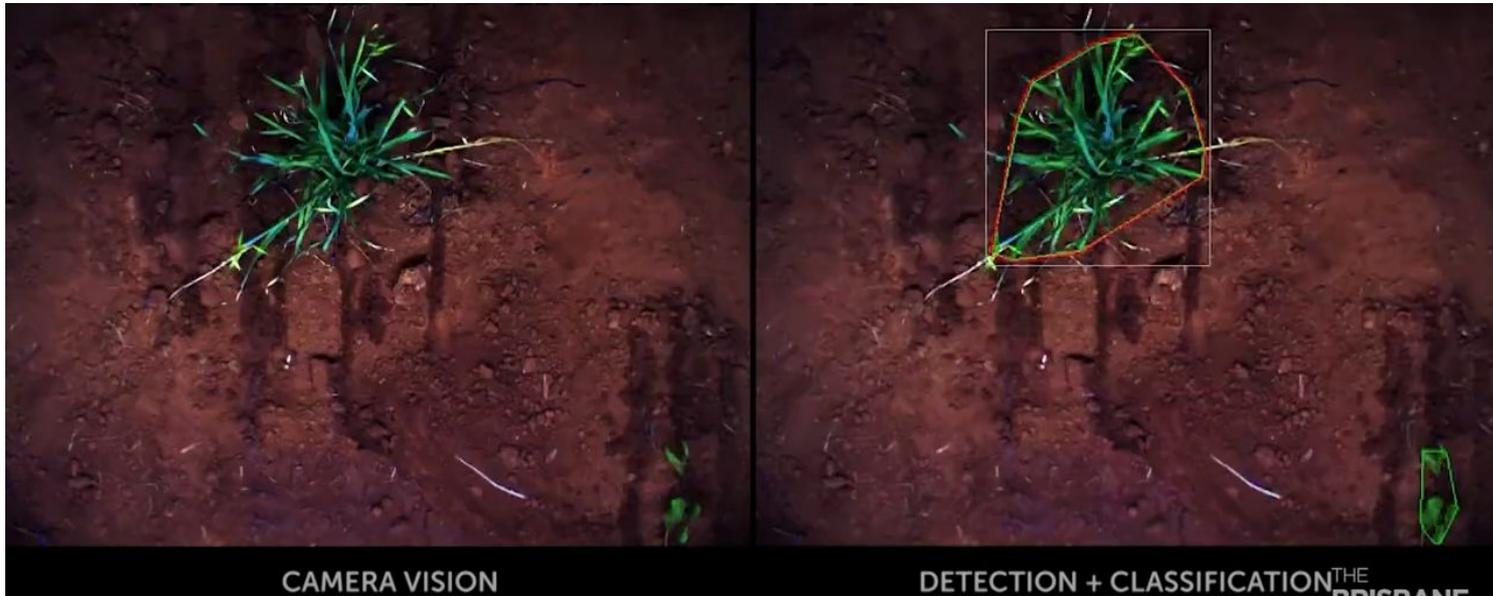


An aerial photograph of a field with alternating green and brown stripes. A tractor is visible in the upper left, and a sensor or probe is shown emitting a signal towards the center of the field.

TO NAVIGATE FIELDS, DETECT WEEDS AND

Identificação daninhas

- Atingir o objetivo demanda **processamento rápido**:
segmentação cores + **algoritmo detecção** + **classificação**



Eliminação plantas daninhas

- Também pode ser utilizado para **aplicação de fertilizantes localizados** (mesmos princípios)



Robótica agrícola - Móvel aéreo



Table 1. Comparison between fixed wing and rotary wing UAVs.

	Fixed Wing	Rotary Wing
		
Speed	High	Low
Coverage	Large	Small
Resolution	cm/inch per pixel	mm per pixel
Take-off and landing area	Large	Small
Flight time	High	Low
Wind resistance	High	Low

Referências - Robótica agrícola

- Jha, K., Doshi, A., Patel, P. and Shah, M., 2019. A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. **Artificial Intelligence in Agriculture**, 2, pp.1-12.
- Khan, N., Ray, R.L., Sargani, G.R., Ihtisham, M., Khayyam, M. and Ismail, S., 2021. Current progress and future prospects of agriculture technology: Gateway to sustainable agriculture. **Sustainability**, 13(9), p.4883.
- Vougioukas, S.G., 2019. Agricultural robotics. **Annual review of control, robotics, and autonomous systems**, 2, pp.365-392.
- Oliveira, L.F., Moreira, A.P. and Silva, M.F., 2021. Advances in agriculture robotics: A state-of-the-art review and challenges ahead. **Robotics**, 10(2), p.52.





Parte 3 - Exemplos de robôs



Principais componentes de um robô agrícola

1. **Sensores: percepção** do estado externo e interno
2. **Baterias ou fontes de potência:** gerar energia necessária para realizar tarefas
3. **Motores e atuadores: converter a energia** disponível
4. **Efetuadores: realizar tarefas e locomoção**
5. **Controladores: processar dados dos sensores e tomar decisões**
6. **Corpo físico: conectar componentes e realizar tarefas**



Ruggedized for Challenging Fields

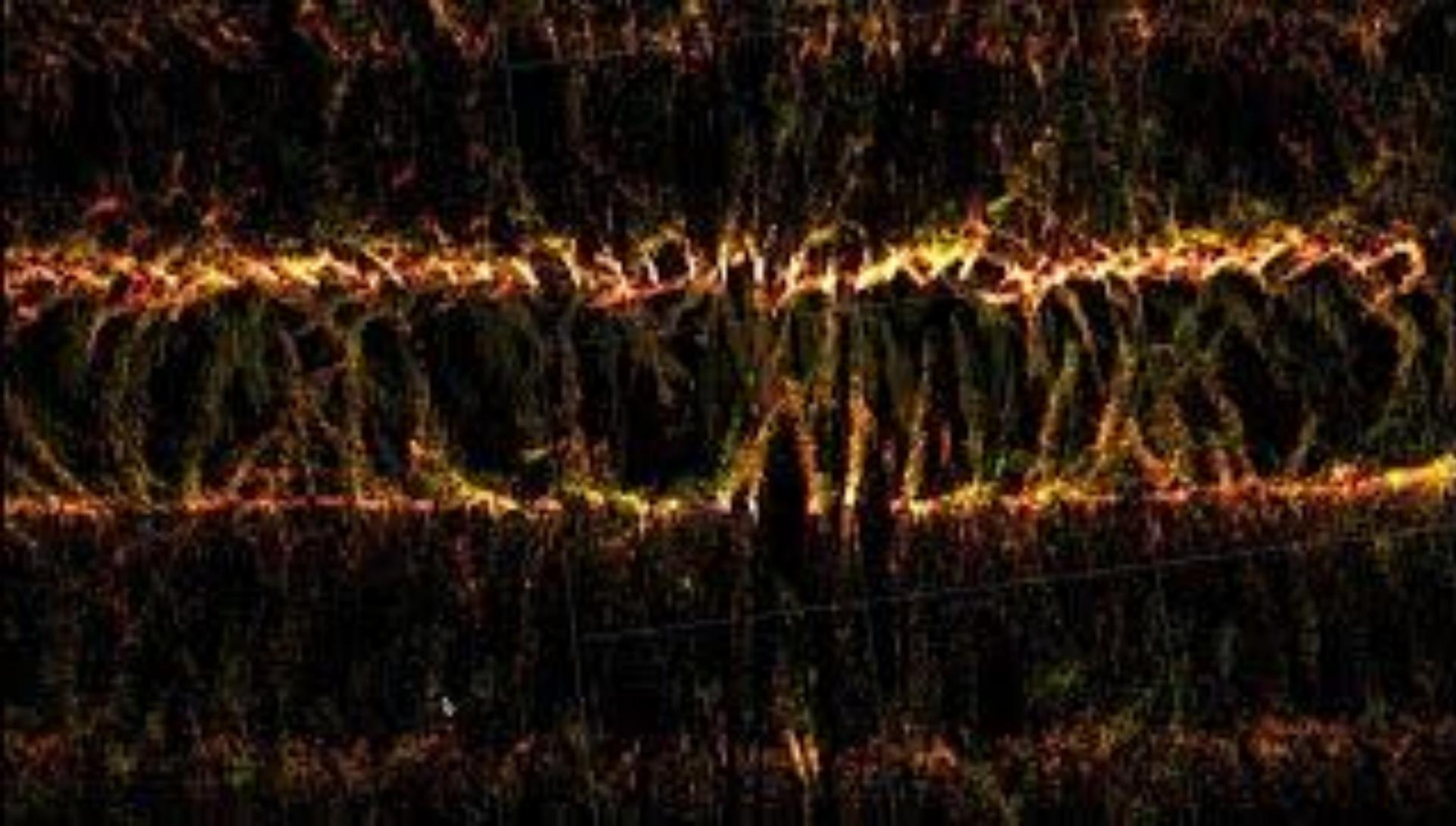
TerraSentia



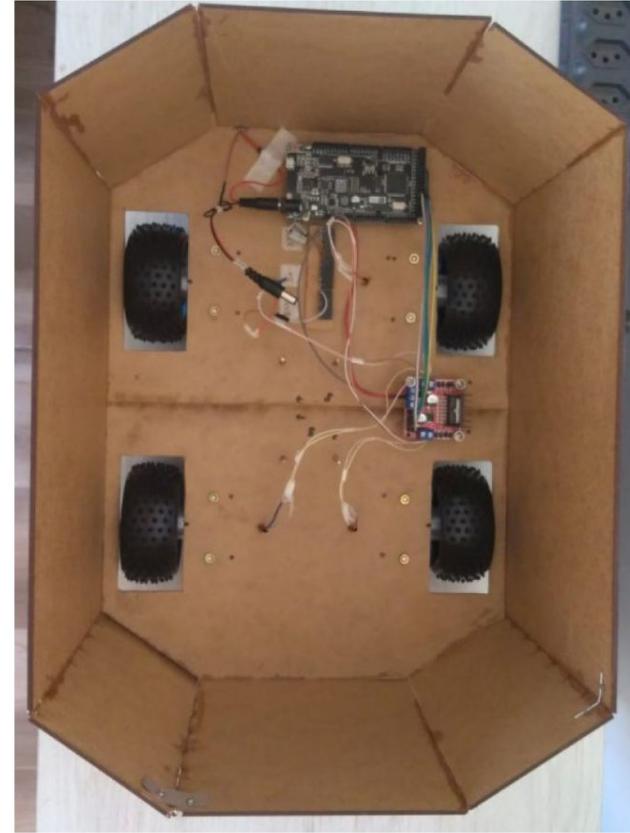
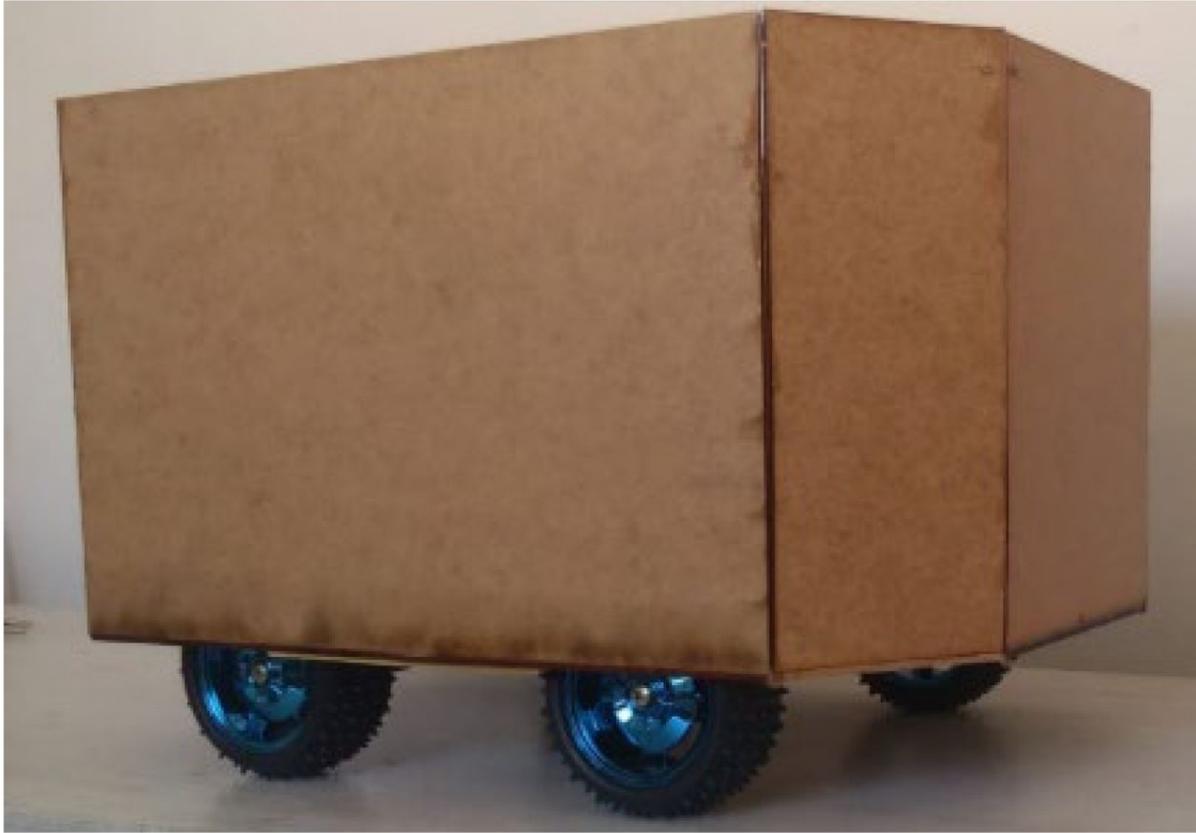
TerraSentia

- **Robô móvel terrestre (produção vegetal)**
- **Objetivos:**
 - **Monitorar o ambiente** com diferentes tipos de sensores
 - **Identificar falhas de plantio**, doenças, pragas
 - **Fornecer dados** para melhorar tomada decisões
- **Sensores: LiDAR, câmera, GPS, variáveis ambientais, sensores internos**
- **Fonte de potência: baterias** elétricas
- **Motores e atuadores: locomoção (rodas)**
- **Efetadores: não realiza atuação direta** com as plantas / solo
- **Controladores: microcomputador (cérebro),** Raspberry Pi (processar imagens), Arduino (auxiliar controle)
- **Corpo físico: 4 rodas, formato de “caixa”**





Robô-Frango



Fonte: Rocha Balthazar, G., Silveira, R.M.F. and da Silva, I.J.O., 2024. How Do Escape Distance Behavior of Broiler Chickens Change in Response to a Mobile Robot Moving at Two Different Speeds?. *Animals*, 14(7), p.1014.

Robô-Frango

- **Robô móvel terrestre (produção de aves)**
- **Objetivos:**
 - **Monitorar o ambiente** com diferentes tipos de sensores
 - **Coletar** dados de qualidade da cama de frango
- **Sensores: ultrassom**, variáveis de solo, sensores internos
- **Fonte de potência: baterias** elétricas
- **Motores e atuadores: locomoção (rodas adaptadas)**
- **Efetuadores: amostrador** de cama de frango
- **Controladores: ATmega2560+ESP8266**
(Arduino de maior potência com WiFi)
- **Corpo físico: 4 rodas**, formato de “caixa”



Video robo-frango

Conclusões

- **Demanda:** maior **produtividade** e **sustentabilidade**
- **Tecnologia** é essencial para atender a esta demanda
→ **smart farming**
- Smart farming é composta de **4 componentes:**
monitoramento, planejamento, controle,
infraestrutura
- **Robótica** é o **estado da arte de**
automação em sistemas de produção
- **Diferentes robôs, seus componentes,**
e tendências



Recapitulando - Objetivos

- 1. Smart farming / agricultura inteligente:** o que é, importância, 4 componentes
- 2. Robótica:** definição, 6 principais componentes robô
- 3. Exemplos:**
 - a.** Terrasentia: robô terrestre monitoramento agrícola
 - b.** Robô-frango: robô terrestre monitoramento cama frangos



Curiosidades



Dúvidas

Sugestões

- **LEB2150** - Agricultura Digital: Princípios e aplicações → optativa 8o semestre
 - **Automação e robótica:** fundamentos, maior aprofundamento, exemplos
 - **Ciclo de vida dos dados**
 - Evolução **coleta dados** agro
- **Oportunidades ICs / estágio**



Muito obrigado pela atenção

— LEB0332 - Mecânica e Máquinas —
Motoras

Prof. Roberto Fray da Silva
roberto.fray.silva@usp.br