

# Inteligência Artificial aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

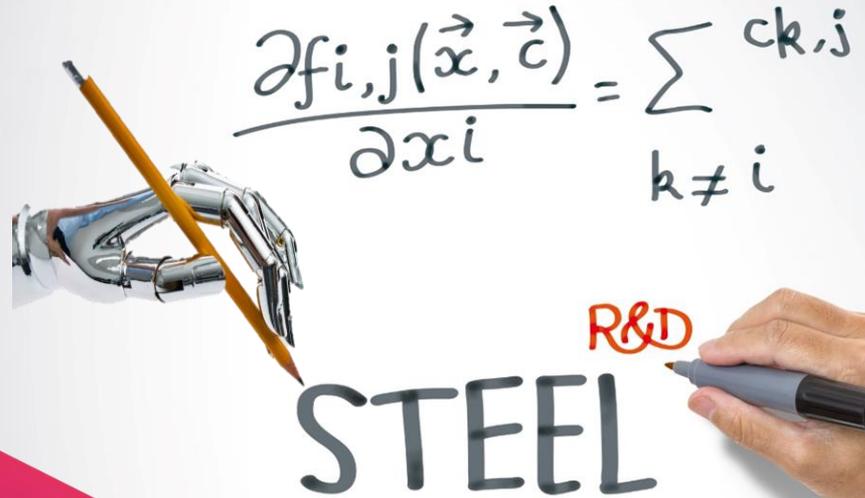


Global Research and Development  
September 2024

## Mesa Redonda



59°  
Laminação,  
Conformação  
e Produtos



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°

Laminação,  
Conformação  
e Produtos



Jetson Lemos Ferreira



**Pesquisador do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Global** - Experiência em processos de conformação de aços, atuando junto a clientes do Setor Automotivo em desenvolvimentos de componentes estampados (painéis externos e internos) e na performance em uso de veículos (*crash tests*, resistências à fadiga e à indentação).



**Professor:** Graduação (Processos de Conformação Mecânica, Processos de Fabricação I, Processos de Fabricação II, Processos de Fabricação III); Pós-graduação (Siderurgia, Gestão de Projetos)



**Formação:** Engenheiro Metalúrgico formado pela Universidade Federal Fluminense em 2003, com Mestrado (2005) e Doutorado (2019) pela mesma instituição nas áreas de Metalurgia Física e Comportamento Mecânico, respectivamente.

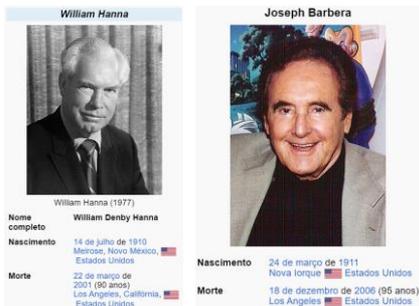


**Especialização:** MBA em Gestão de Projetos (2011);  
MBA em Big Data e Business Analytics (2024).

# Inteligência Artificial (IA) aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°

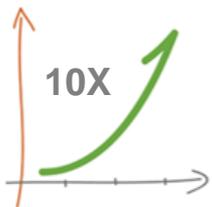
Laminação,  
Conformação  
e Produtos



- **Robo-Sempai (Rosie):** O robô doméstico da família Jetson, conhecido como "Rosie", é um exemplo clássico de IA na forma de um assistente robótico. Ela realiza tarefas domésticas, cuida da casa e interage com os membros da família de forma amigável e inteligente.
- **Assistentes Pessoais:** Os Jetsons utilizam vários dispositivos que se assemelham a assistentes pessoais avançados. Por exemplo, o "videofone" e outros gadgets mostram uma integração tecnológica que, na época, parecia futurista, mas que hoje pode ser visto como um precursor dos assistentes virtuais modernos.
- **Carros Voadores:** Embora não sejam IA em si, os carros voadores dos Jetsons são um exemplo de como a tecnologia futurista é imaginada como sendo muito avançada, muitas vezes com sistemas de navegação autônoma implícitos.
- **Tecnologia de Comunicação e Entretenimento:** A série também mostra uma série de gadgets e tecnologias que têm um aspecto inteligente, como televisores que oferecem programação interativa e outras formas de comunicação avançada.
- **Automação e Robótica:** A série frequentemente apresenta um mundo onde muitas tarefas e funções são automatizadas, o que implica a presença de sistemas inteligentes que controlam e gerenciam essas tarefas.

# Centro de Pesquisa Global da ArcelorMittal

59°  
Laminação,  
Conformação  
e Produtos



## 14 Locais geográficos, incluindo:

- ✓ Centros de Pesquisas
- ✓ Unidades de Pesquisa e Desenvolvimento
- ✓ Centros de Implementação de Processos e Produtos

## 4 Main Portfolios



© ArcelorMittal 2024 - All rights reserved for all countries  
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization by ArcelorMittal  
CONFIDENTIAL - Privileged Information - ArcelorMittal proprietary information



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°

Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## IA – Inteligência Artificial

### Visão Técnica

- O que é a Inteligência Artificial?
- Timeline da IA
- Panorama da IA
- AI Simbólica x Sub Simbólica
- AI orientada por dados
- Tipos de Algoritmos



### Oportunidades na IA

- O Futuro chegou com a IA
- Estatística computacional
- Engenharia de Prompt
- Otimização de tempo
- Redução de emprego ou de trabalho
- Exteligência x Inteligência
- Dilema acadêmico



### Estudos de caso

- Laminação a quente
- Laminação a frio
- Desenvolvimento de Produtos
- Engenharia de Aplicação



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°

Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## IA – Inteligência Artificial

### Visão Técnica

- O que é a Inteligência Artificial?
- Timeline da IA
- Panorama da IA
- AI Simbólica x Sub Simbólica
- AI orientada por dados
- Tipos de Algoritmos



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação



## Visão Técnica

### O que é a Inteligência Artificial?

A **Inteligência Artificial (IA)** é um ramo da ciência da computação que se concentra na criação de sistemas e **algoritmos capazes de realizar tarefas que normalmente requerem inteligência humana**. Isso inclui a capacidade de raciocínio, aprendizado, percepção, compreensão de linguagem natural e tomada de decisões.

### Formas de classificação da Inteligência Artificial

#### Tipos de Inteligência

**Estreita (ANI)** – Projetada para realizar atividades específicas (dados, chatbots, sistemas de recomendação).

**Geral (AGI)** – Capacidade de entender, aprender e aplicar conhecimentos de forma semelhante a um humano.

**Super IA (ASI)** – Superior ao cérebro humano.

#### Abordagem Técnica

**Aprendizado de Máquina:** Algoritmos que permitem que os sistemas aprendam a partir de dados.

**Redes Neurais:** Estruturas que imitam o funcionamento do cérebro humano.

**Processamento de Linguagem Natural (NLP):** interações entre computadores e humanos.

#### Aplicação

**IA em Saúde:** Diagnóstico, análise de imagens médicas, e desenvolvimento de remédios.

**IA em Finanças:** Análise de risco de crédito, trading automatizado e detecção de fraudes.

**IA na Engenharia:** gerando materiais, equipamentos mais produtivos e com maior vida útil.

#### Nível de Autonomia

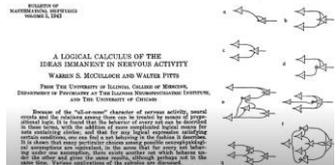
**Sistemas Autônomos:** Capazes de operar sem intervenção humana, como drones e robôs.

**Sistemas Assistivos:** Ajudam os humanos em tarefas, mas requerem supervisão, como assistentes de voz.

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°  
Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## Marcos relevantes da Inteligência Artificial



1943

Estrutura de raciocínio artificiais em forma de modelo matemático que imitam nosso sistema nervoso - Redes neurais



**1956 Dartmouth Conference: The Founding Fathers of AI**

Conferência de Dartmouth - Esse encontro reuniu Nathaniel Rochester da IBM, o Shannon, o Marvin, John McCarthy e muito mais gente.  
Herbert Simon - Processamento complexo de informação

**Inverno da IA**  
Uma década de poucas novidades, cortes nos investimentos e baixa atenção ao setor.



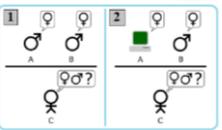
1970-1980



Assistentes virtuais da Apple (Siri), Amazon (Alexa) e Google deu mais passo em seus sistemas de IA.

2011

1950



Alan Turing desenvolveu uma forma de avaliar se uma máquina consegue se passar por humano, em uma conversa por escrito, que é lida por avaliador.

1964



ELIZA foi o primeiro software para simulação de diálogos, os chamados "chatbots", os "robôs de conversação". O nome vem da personagem principal da peça de teatro 'Pigmalião', Eliza Doolittle.

1997

O campeão soviético Garry Kasparov foi derrotado em uma das rodadas pelo computador da IBM em partidas que repercutiram ao redor do mundo. O IBM adotava método de cálculo via força bruta, que analisava as possibilidades, previa as respostas e sugeria o melhor movimento.



2012

A Google deu mais passo em seus sistemas de IA, consolidando tecnologias e desenvolvimento, conseguiu treinar algoritmo para reconhecer gatinhos em vídeos do YouTube usando redes neurais com uma maior quantidade de camadas, processando muito mais informações e deixando a máquina mais livre pra fazer as simulações e classificar elementos.



2016



2022

O nome "ChatGPT" combina "Chat", referindo-se à sua funcionalidade de chatbot, e "GPT", que significa Generative Pre-trained Transformer, um tipo de modelo de linguagem grande.



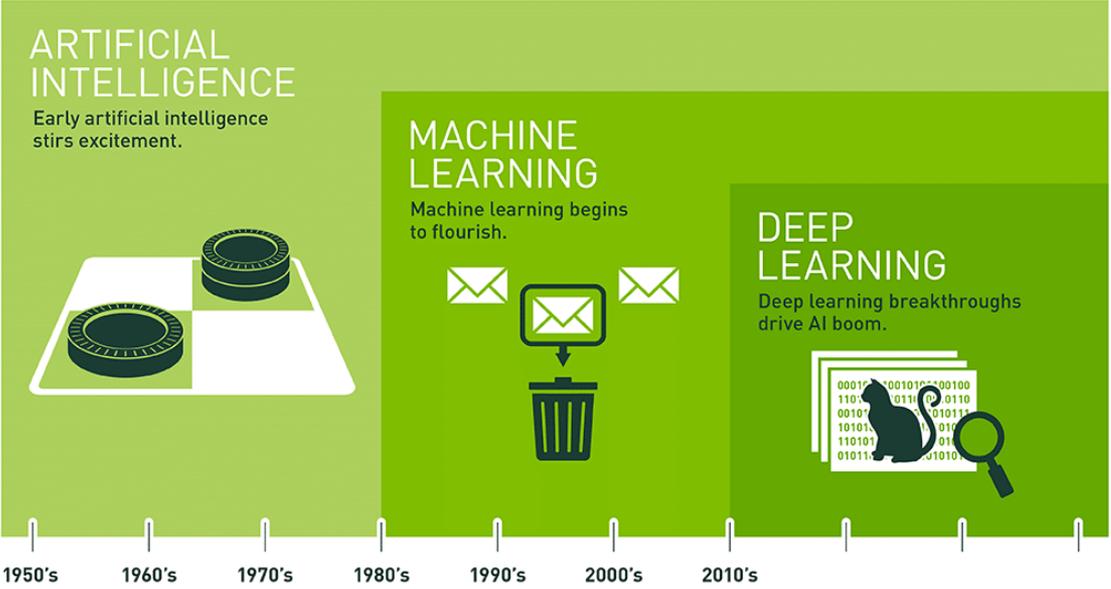
AlphaGo da Google desenvolveu algoritmo para o jogo de tabuleiro Go e venceu o campeão mundial da categoria em uma série de vitórias que foram muito mais impressionantes que aquelas no xadrez de anos atrás, porque o algoritmo aprendeu todas as regras e estratégias do jogo, observando outras partidas e depois jogando contra si próprio pra melhorar.

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

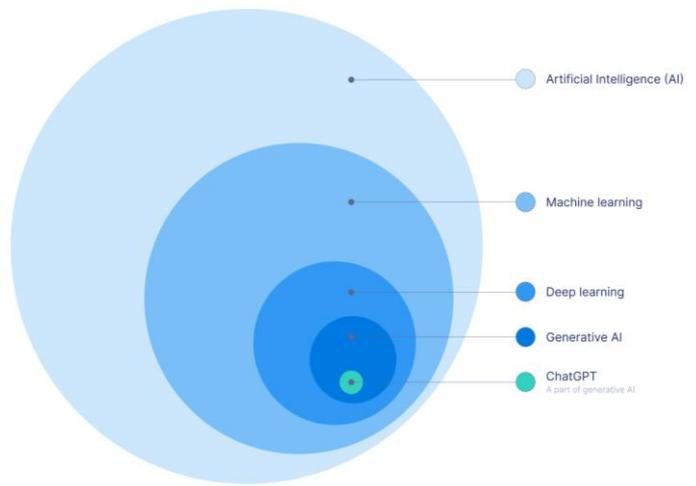


59°  
Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## Visão Técnica



The AI Spectrum: Unveiling Layers of Intelligent Systems



Scribbr

Since an early flush of optimism in the 1950s, smaller subsets of artificial intelligence – first machine learning, then deep learning, a subset of machine learning – have created ever larger disruptions.

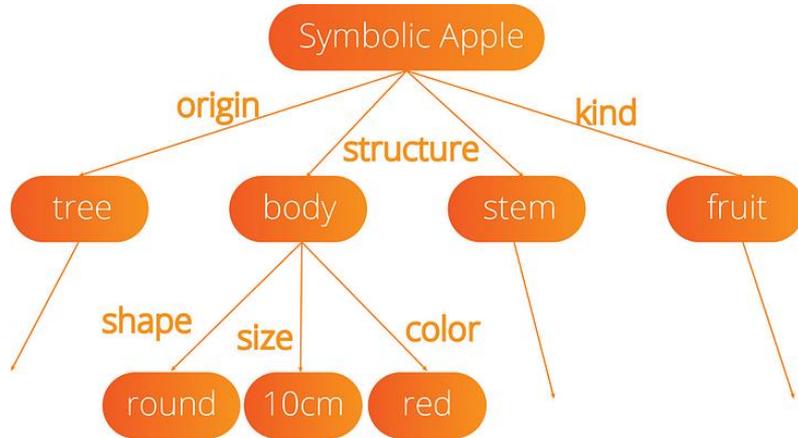
© ArcelorMittal 2024 - All rights reserved for all countries  
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization by ArcelorMittal  
CONFIDENTIAL - Privileged Information - ArcelorMittal proprietary information



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

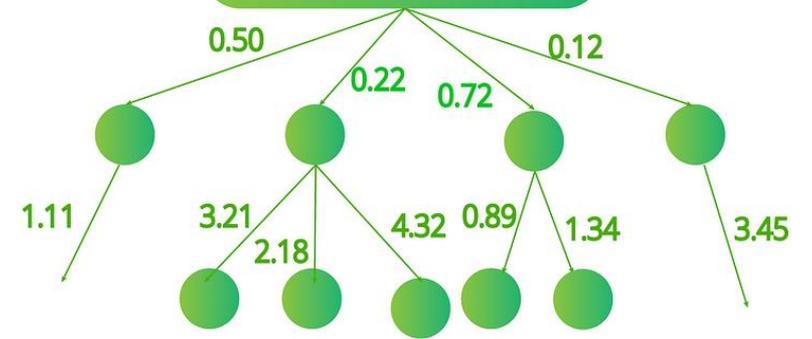


## Visão Técnica



IA simbólica é um campo orientado ao raciocínio que se baseia na lógica clássica e assume que a lógica torna as máquinas inteligentes. Linguagem mais popular de programação lógica é Prolog.

## Subsymbolic Apple



Redes neurais, modelos de conjunto, modelos de regressão, árvores de decisão, máquinas de vetores de suporte são alguns dos modelos de IA Subsimbólica ou Conexionista

- **AI simbólica** → Um paradigma com alta explicabilidade, mas desempenho de baixa precisão
- **AI subsimbólica** → Um paradigma com baixa explicabilidade, mas desempenho de alta precisão

© ArcelorMittal 2024 - All rights reserved for all countries  
Cannot be disclosed, used, or reproduced without prior written specific authorization by ArcelorMittal  
CONFIDENTIAL - Privileged Information - ArcelorMittal proprietary information



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação



## Visão Técnica

- IA depende de Dados

- Orientação por dados específicos e reais (O mundo é sub-determinado nos dados!)
- Orientação por mineração de dados (Geração de dados a partir de dados!)



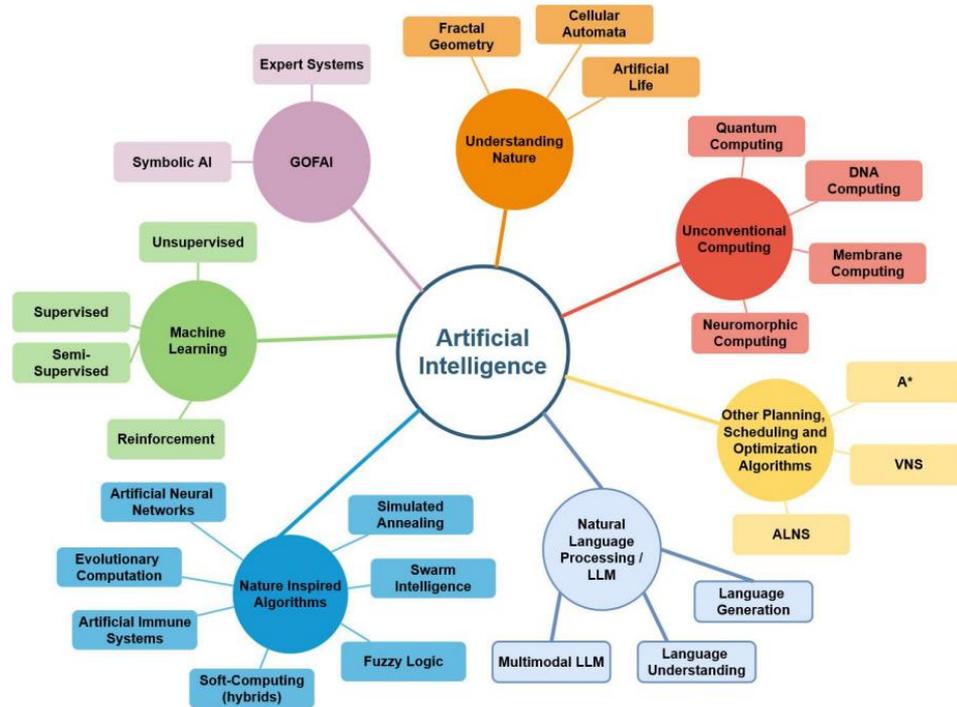
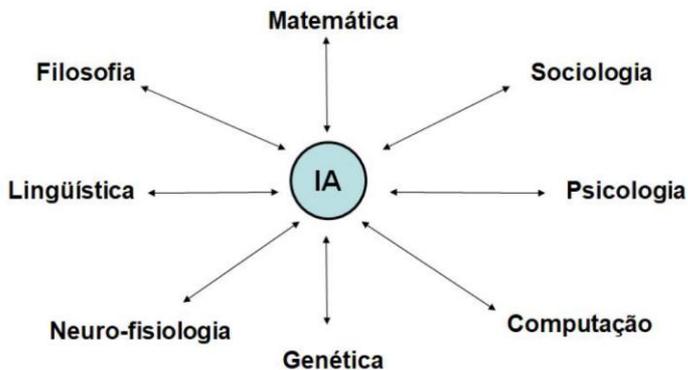
# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação



59°  
Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## Visão Técnica

- IA depende de algoritmos



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

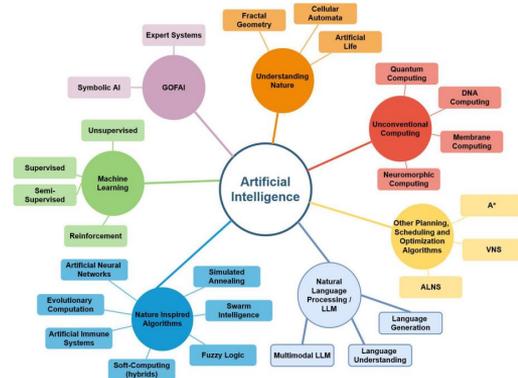
## Visão Técnica

### Arquimedes



“Dê-me uma alavanca e um ponto de apoio que moverei o mundo!”

### Autor desconhecido



“Dê-me dados confiáveis e um correto algoritmo (prompt) que moverei o mundo!”

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°

Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## IA – Inteligência Artificial

### Oportunidades na IA

- O Futuro chegou com a IA
- Estatística computacional
- Engenharia de Prompt
- Otimização de tempo
- Redução de emprego ou de trabalho
- Exteligência x Inteligência
- Dilema acadêmico



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

## Oportunidades

O Futuro chegou com a Inteligência Artificial!



## Escala de Buckminster Fuller “Knowledge Doubling Curve” (1983)

- A partir do ano 1 da era cristã demorou 1500 anos para dobramos o conhecimento mundial;
- Em 1500 dobrou em 250 anos;
- Em 1900 dobrou em 100 anos;
- Na segunda guerra mundial dobrou em 25 anos;
- Segundo a IBM, a humanidade se encontra em vias de dobrar a informação disponível a cada 12 horas!

**Tempo de mudança → Mudança de tempo**

**TESARAC - VUCA - BANI**

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação



## Oportunidades

### Estatística Computacional

- 1. Modelos de Regressão:** Incluem regressão linear, regressão logística e regressão polinomial. Usados para prever valores contínuos ou categorias.
- 2. Modelos de Mistura Gaussiana:** Utilizados para modelar distribuições de dados que podem ser geradas a partir de várias populações subjacentes.
- 3. Redes Neurais:** Estruturas complexas que podem modelar relações não lineares em grandes conjuntos de dados.
- 4. Árvore de Decisão:** Um modelo simples que utiliza um conjunto de regras de decisão, frequentemente usado em classificações e regressões.
- 5. Modelos de Cadeia de Markov:** Usados para descrever sistemas que mudam de um estado para outro em um espaço de estados, como em processos estocásticos.
- 6. Modelos Hierárquicos Bayesianos:** Utilizados para modelar dados que têm uma estrutura hierárquica, permitindo inferências em múltiplos níveis.
- 7. Análise de Séries Temporais:** Modelos como ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) que são usados para prever dados ao longo do tempo.
- 8. Modelos de Simulação Monte Carlo:** Usados para entender o impacto da incerteza em modelos preditivos.
- 9. Métodos de Bootstrap:** Técnicas de reamostragem usadas para estimar a distribuição de uma estatística, permitindo inferências robustas.
- 10. Modelos de Redes Bayesianas:** Estruturas gráficas que representam um conjunto de variáveis e suas independências condicionais, úteis para modelagem de inc

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação



## Oportunidades

### Engenharia de Prompt

#### Funções

- Identificar usos para ferramentas de IA
- Projetar, desenvolver e refinar prompts de texto gerados por IA

#### Educação

- Diploma de bacharel em Ciência da Computação ou similares
- Certificações relevantes na área

#### Skills

- Excelentes conhecimentos de processamento de linguagem natural
- Conhecimentos sobre machine learning

#### Salário

Estados Unidos: \$ 255.000  
Portugal: € 230.000  
Brasil: R\$ 900.000

#### Engenheiro de prompt

#### FUNÇÕES

- Trabalhar com equipes multifuncionais para discutir o desenvolvimento de produtos
- Identificar usos para ferramentas de IA
- Projetar, desenvolver e refinar prompts de texto gerados por IA
- Fornecer suporte às equipes de conteúdo e produto na compreensão das melhores práticas de engenharia de prompt
- Trabalhar na integração de chatbots de IA aos fluxos de trabalho de empresas com eficiência

#### Engenheiro de prompt

#### SKILLS

- Excelentes conhecimentos de processamento de linguagem natural
- Conhecimentos sobre machine learning
- Conhecimento abrangente sobre desenvolvimento de conteúdo gerado por IA
- Conhecimento profundo de algoritmos e vários modelos de IA
- Habilidades básicas de codificação
- Familiaridade com ferramentas relacionadas à IA, como ChatGPT
- Compreensão abrangente das técnicas de análise de dados

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°  
Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## Oportunidades

## Engenharia de Prompt



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação



## Oportunidades

### Dilema acadêmico da AI

- Aumento da capacidade de busca por informação → Maior Exteligência;
- Perda de criatividade pela migração da Inteligência para a Exteligência;
- Moral ética de propriedade intelectual e referenciamento bibliográfico;
- Necessidade de aprender, desaprender e reaprender por parte não só dos Alunos, mas também de Professores;
- Garantir isonomias para mesmo acesso à busca de informações;
- Necessidade de atualizações profundas em Projetos Pedagógicos de Cursos.



# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

59°

Laminação,  
Conformação  
e Produtos

## Para reflexões!

“No man is better than a machine, and no machine is better than a man with a machine.”

*Paul Tudor Jones*

“O ser humano é senciente, as máquinas podem ser conscientes, mas ainda não sencientes”

*Prof. Giancarlo (Universidade de Twente)*

“Em terra de robô quem tem coração é rei”

*Flávio Tavares*

“Para os pessimistas a IA vai roubar 50% dos empregos. Para otimistas será 50% do trabalho!”

*Walter Longo*

“Sob o uso de algoritmos em IA vale a metáfora – Não existe um canivete suíço!”

*Prof. Giancarlo (Universidade de Twente)*

“Geração de dados a partir de dados errados é início do colapso de conhecimento!”

*Autor desconhecido*

# IA aplicada ao desenvolvimento de produtos e sustentabilidade nos processos de conformação

## IA – Inteligência Artificial

59°

Laminação,  
Conformação  
e Produtos

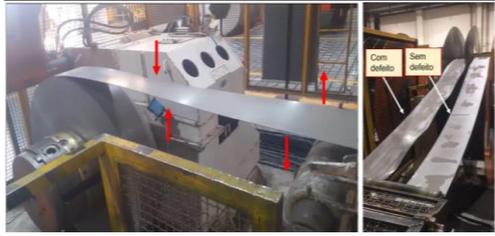
### Estudos de caso

- Laminação a quente
- Laminação a frio
- Desenvolvimento de Produtos
- Engenharia de Aplicação

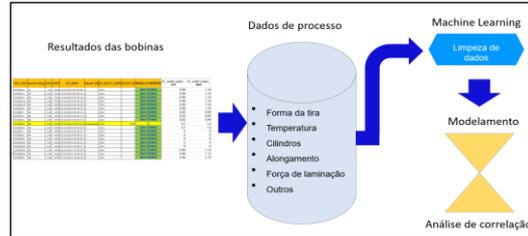


# Uso de Machine Learning como ferramenta de análise para defeitos de alta complexidade

## Identificação e caracterização do defeito de torção



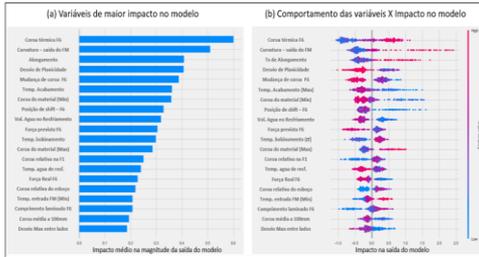
## Modelamento de dados utilizando ML



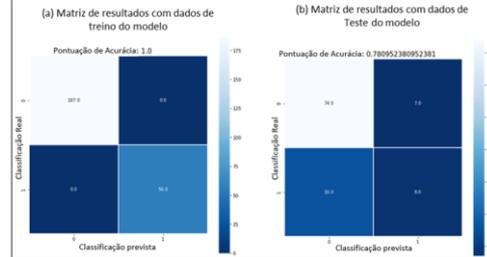
## Conclusões finais do estudo

- O aumento da temperatura de acabamento sinaliza uma redução dos níveis de tensão residual;
- O perfil de temperatura de acabamento indicou elevada correlação com os níveis de tensão residual;
- O resfriamento heterogêneo após o laminador de acabamento.

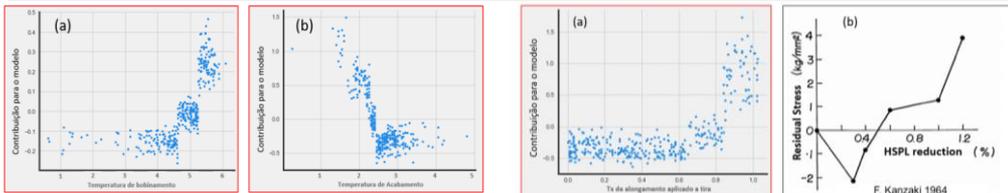
## Identificação das variáveis críticas



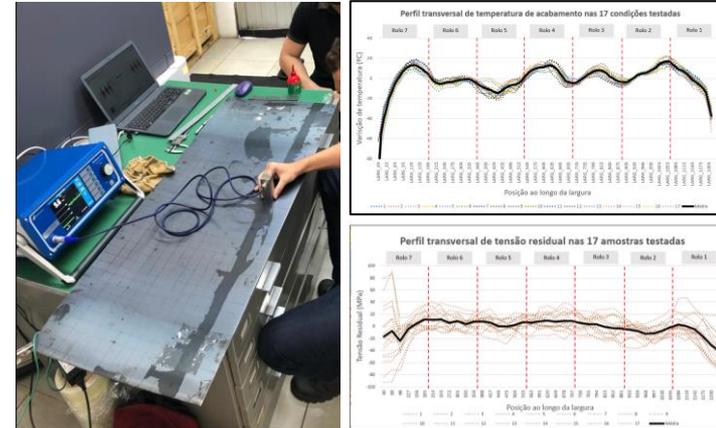
## Validação do Modelo



## Análise de correlação e importância para o modelo das variáveis críticas



## Análise física para comprovação das hipóteses (Barkhausen)



# UDESC Partnership (Artificial Intelligence Projects)

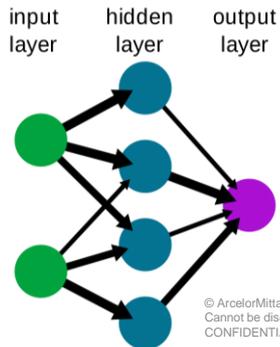
## Energy consumption prediction model of Pickling and Tandem Cold mill

- **Objective:** To reduce electric energy costs of ArcelorMittal Vega by reducing energy consumption, contracted power demand, over consumption charges and/or improving the management of energy balance among ArcelorMittal Brasil plant.
- **Motivation:**
  - High energy consumption → ~45% of Vega electrical energy consumption
  - Chance in contract: from local (CELESC) to country wide company (ONS) → requires detailed information on energy consumption

### Value Creation:

- Estimation of US\$100k/y:
- Improved energy management between AM plants;
- Power requirement budget according to production needs;
- Better production cost estimation;
- Fast adjustment of energy budget to changing line conditions → Vega expansion project, for example.
- High applicability to other lines and energy sources: PLTCMs, HDG, HSM, etc.

### Artificial Neural Networks



# Using the machine learning and AI in product development

Leandro Gusmão / Fabiano Miranda / Jose Francisco / Flavio Saraiva

Global R&D Brazil - UDESC partnership - Product Development Objectives

- Development a DPD Model using Natural Computation to support product development and quality optimizations

## Concept

- The model will be able to predict a chemical composition from desirable mechanical properties, IUP and process parameters for steels based on natural computation.

## Benefits

- Reduction time to product development
- Increase the productivity from process parameters adjustments
- Higher assertiveness in experimental trials and regular production (chemical composition and metallurgical routes)
- Possibility of applying transition slabs (FC LATAM storage reduction)
- Cost reduction related to regular products by adjusting alloy elements and thermocycles
- Reduction of CO<sub>2</sub> emission (Green Computing)

## Investment

- 85 K USD ( from 2020 to 2024)

## Value

- TBD

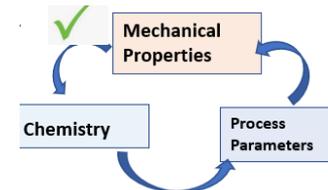
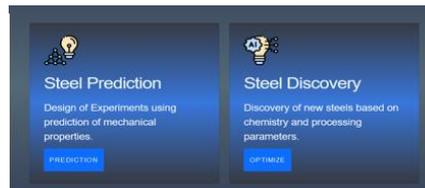
## Status

- Prediction and Search Model to no complex steel - able to use
- Prediction and Search Model to complex steel - ongoing

## Project Timeline



## PDM : Steel Discovery + Steel Prediction



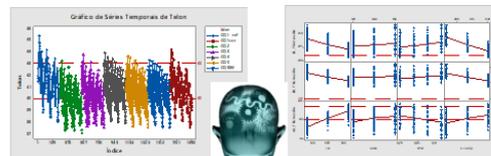
## PDM applicability – NEW1 Steel

### Real Application: No Complex steel

Target : Rota 2030 : steel New One (Nb concept)



### PDM-RESEARCH MODEL : Chemistry definition for industrial trial



### Prediction Model vs Industrial trial



## Digital Customer Engineer



## Homologation process : Stellantis



# AUTOMOTIVE STAMPING PROCESS OPTIMIZATION USING MACHINE LEARNING AND MULTI-OBJECTIVE EVOLUTIONARY ALGORITHM

José O. Tepedino, Francislaynne Dias, Roan Sampaio, UDESC.

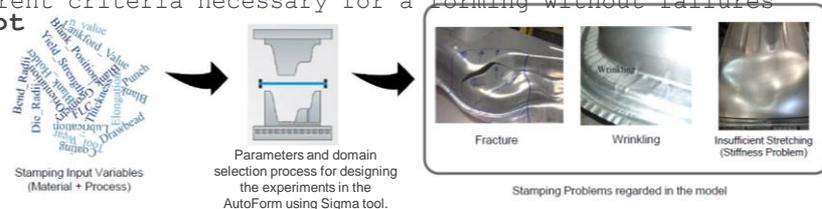
Partnership: Brazil R&D and UDESC LABICOM

#BestOne 1 ☆☆☆

## Objective

Develop a prediction model based on Computational Intelligence (Machine Learning + Genetic Algorithm) to identify, from numerical simulations in AutoForm, the optimal values of variables for stamping a part to simultaneously meet the different criteria necessary for a forming without failures

## Concept



## Benefits

- Reduction of analysis time and time decision;
- Increase success in the steel application;
- Increase the ability to solve complex problems;
- Enhances the development of new products.

## Investment

- ~38k \$

## Value

- Intangible

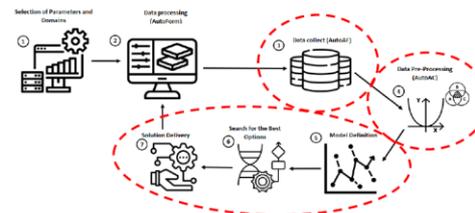
## Status

- Waiting delivering of final project documentation and data acquisition to software improvement.

## Project



## Model Flowchart



**Final Model Answer:**  
Values of Input Variables to stamp a part without problems.

AutoForm → AutoAF → AutoAC

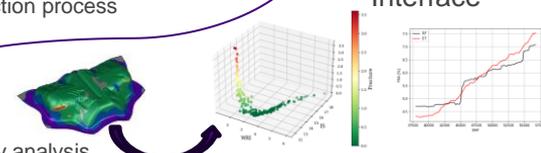


Automation of the data extraction process

## Interface

Definition of the most appropriate regressor

sensitivity analysis



**Peugeot 208 Internal Tailgate**

Original Steel: <b>DX54D</b> 0,65 mm	→	Proposed Steel: <b>BH220</b> 0,60 mm
--	---	--



ArcelorMittal

15% reduction in wrinkling and an 8% reduction in insufficient stretching