Pesquisa e Inovação em Inteligência Artificial Aplicada à Saúde

Rafael H. Bordini

PPGCC – Escola Politécnica

Tech Party, FACCAT – 10/10/2023

PUCRS

Grupo de Inteligência Artificial na Saúde

Rafael Bordini (Coord., PPGCC), Isabel Manssour (PPGCC), Janete Urbanetto (PPGGB), Marcio Pinho (PPGCC), Renata Vieira (PPGCC), Soraia Musse (PPGCC)

http://www.inf.pucrs.br/ia-saude/

Inovação em IA Aplicada à Saúde

Denise Bandeira, Rafael Bordini

TREWS - Sistema de Alerta Precoce Baseado em Aprendizado de Máquina para Sepse

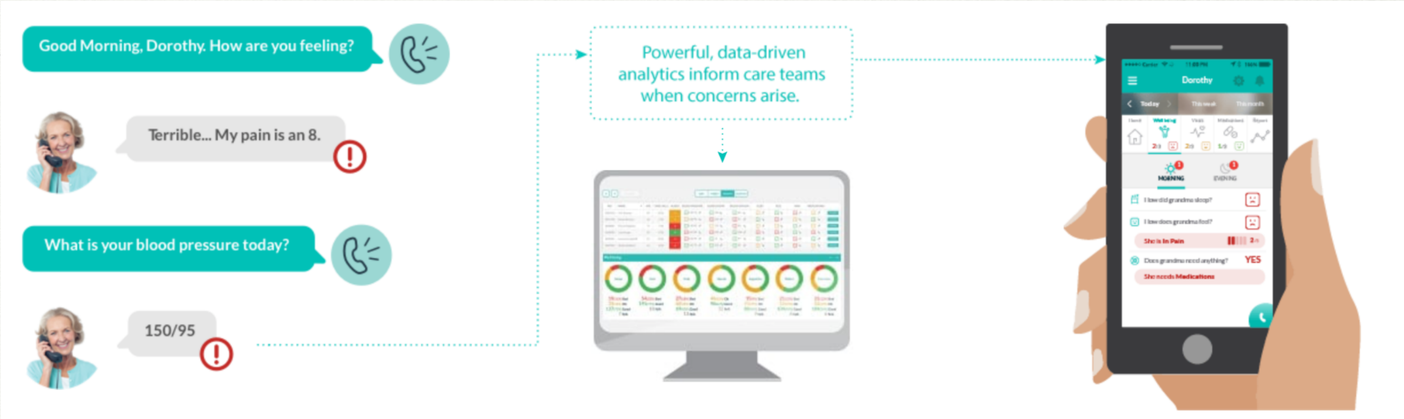
- Sepse é uma emergência médica
  - reação inflamatória aguda causada pelo próprio sistema imunológico, ao reagir a uma infecção.
- A cada ano, nos EUA, a Sepse mata mais de 250.000 pessoas
  - mais do que acidente vascular cerebral, diabetes ou câncer de pulmão
- No Brasil, cerca de 240.000
- Objetivo: detecção precoce da Sepse

TREWS - Sistema de Alerta Precoce Baseado em Aprendizado de Máquina para Sepse

- TREWS foi implantado em cinco hospitais e 2.000 provedores de saúde ao longo de um período de dois anos
  - 590.736 pacientes foram monitorados em cinco hospitais.
  - 6.877 pacientes com sepse foram identificados pelo alerta antes do início da antibioticoterapia.
- Identificou 82% dos casos de sepse
  - reduziu o tempo para início da administração de antibióticos em 1,85 horas
  - reduziu as mortes desses pacientes em quase 20%.
- Algoritmo simples que pode se auto explicar (não é um modelo caixa-preta)

Natura Medicine https://www.nature.com/articles/s41591-022-01895-z

Assistente Virtual de Enfermagem - Care Angel



- Care Angel (https://www.careangel.com)
- Elimine lacunas no atendimento
- Escala para milhões de atendimentos
  - Estende a capacidade clínica em 600%

- Inteligência Artificial e Voz
- Chamadas telefônicas inteligentes e personalizadas
- Alerta automaticamente os médicos quando uma intervenção é necessária
- Aplicativo móvel para informar familiares e reforçar a necessidade de cuidados

- Viz.ai (https://www.viz.ai)
- Detecção e alertas de doenças por meio de técnicas de IA
- Informações detalhadas do paciente em tempo real

- Alerta as equipes de atendimento multidisciplinares no início do fluxo de trabalho
- Comunicação e coordenação do atendimento usando inteligência artificial
- Tempo de internação diminui em 2,5 dias

Edison™ Accelerator 2021 no Canada

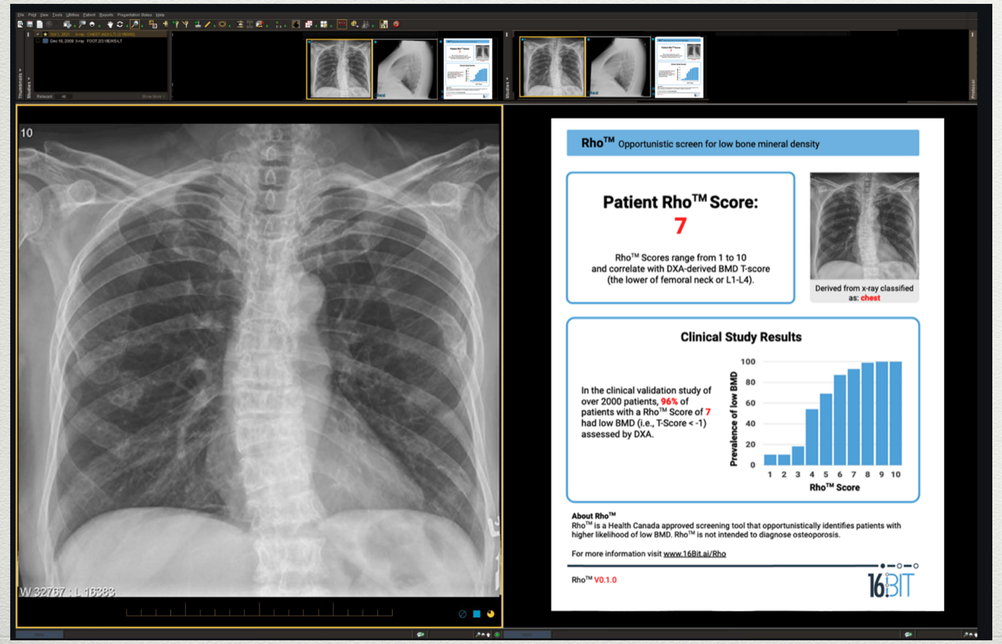
- Parceria GE Healthcare e Nex Cubed (uma das 10 maiores incubadoras para a área de Digital Health nos EUA)
- Escolhidas 6 startups de Digital Health de 5 países
- Primeira edição do EdisonTM Accelerator no Canadá
  - programa para acelerar, validar e escalar soluções inovadoras na área da saúde.
- As empresas atuam na aplicação de Inteligência Artificial na área de imagens médicas

https://www.ge.com/news/press-releases/ge-healthcare-in-collaboration-with-nex-cubed-select-six-digital-health-start-ups

Edison™ Accelerator 2021 no Canada

Empresa: 16BIT

Produto: Rho™

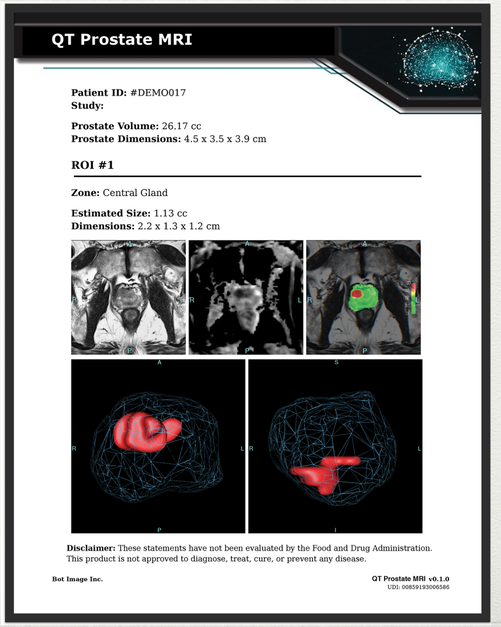


- 16BIT - RhoTM https://www.16bit.ai/rho
- Triagem "oportunista" orientada por IA para melhorar a saúde óssea da população
- Utiliza raios-x rotineiros para identificar de forma oportunista os pacientes em risco de osteoporose
- Analisa a baixa densidade mineral óssea
- Score entre 1 e 10

Edison™ Accelerator 2021 no Canada

Empresa: BOT IMAGE AI: SEE MORE. TREAT SMARTER.

Produto: **QT Prostate MRI**


QT Prostate MRI

Patient ID: #DEMO017
Study:

Prostate Volume: 26.17 cc
Prostate Dimensions: 4.5 x 3.5 x 3.9 cm

ROI #1

Zone: Central Gland

Estimated Size: 1.13 cc
Dimensions: 2.2 x 1.3 x 1.2 cm

Disclaimer: These statements have not been evaluated by the Food and Drug Administration. This product is not approved to diagnose, treat, cure, or prevent any disease.

Bot Image Inc.

QT Prostate MRI v0.1.0
UDI: 00859193006586

- Bot Image – QT Prostate MRI https://www.botimageai.com
- A próstata é um órgão notoriamente difícil de ler na ressonância magnética.
- QT Prostate MRI usa uma combinação de técnicas de aprendizado de máquina (e.g., weighted random forest) e imagens bpMRI ou mpMRI e produz um mapa colorido, identificando os tecidos como normal ou anormal
- Treinado com milhares de casos de ressonância magnética de próstata e resultados de laboratórios de patologia levando a um grau significativo de precisão
- Aplicações:
  - verificar a precisão de uma leitura durante um treinamento;
  - como supervisão de qualidade durante a prática clínica.

The Digital Health 150: The Top Digital Health Companies Of 2021

- Ranking anual da CBInsights / Research Report (Nova York)
- Startups de Digital Health
- Áreas de atuação:
  - integração e análise de dados
  - home health tech
  - atendimento virtual
  - inteligência clínica
  - outras

https://www.cbinsights.com/research/report/digital-health-startups-redefining-healthcare/

The Digital Health 150: The Top Digital Health Companies Of 2021

2021

Provider Directories & Care Navigation
Alma, carrumhealth, Headway, ribbon, rightway, springhealth, Stork Club, Transcarent

Hybrid Virtual/In-Person Care
CITYBLOCK, eleanor health, elemy, monogram health, papa, Pristyn Care, SOMATUS, Tia, vori health

Digital Therapeutics & Self-Help Tools
AppliedVR, happify health, HelloHeart, kala health, Koa Health, Limbix, mahana, MEDRhythms, RENDEVER, sidekick, sweetch, Sympatient, TRIPP, twin, unmind, Woebot Health, zeen

Billing & Payments
cedar, SEMPRE HEALTH, soda health

App Development & Deployment
BrightInsight, Centaur Labs, commure, League, xealth

Screening, Monitoring, & Diagnostics
54gene, ablacon, altoida, Astarte Medical, binx, BioIntelliSense, C2i Genomics, Eko, ixlayer, LetsGetChecked, lumen, NEUROFLOW, oxehealth, Seer, SONDE, STRATA, VocalisHealth

Data Integration & Analytics
1upHealth, bwell, Clarify, ClosedLoop, HEALTH CORILLA, innovaccer, komodo, SEQSTER, SYNTEGRA

Clinical Intelligence
ACTIV SURGICAL, caresyntax, LeanTaaS, OVERJET, theator

Digital Health 2021 150 CBINSIGHTS

Home Health Tech
birdie, honor

Virtual Care
adyn, Allara, brightline, cleo, empathy, EQUIP, FOLX, genome medical, Hinge Health, Jasper, Loop Health, Meru Health, nocd, Ophelia, OSHI HEALTH, OVIVA, Phable, plume, Quit Genius, wheel

Digital Front Door & Patient Engagement
oda, circulo, emocha Health, GYANT, Linkedcare 领健, MEMORA HEALTH, nile, osana, tendo, vital

Digital Pharmacy & DME Fulfillment
better, F/ELD, MEDLY, mPharma, Tomorrow Health, Truepill

Care Coordination & Collaboration
accuRx, Medically Home, PROXIMIE, UNITE US, Vesta

Workflow Digitization & Automation
AKASA, cohere HEALTH, Congenica, DeepScribe, element5, nym, Olive, osmind, Rad AI, stellarhealth, ULAB, Wellsheet

Computer-Aided Imaging
Caption Health, clearly, DIA, elucidvivo, EXO, Iterative Scopes, Lunit, Paige, PathAI, Perspectum, qure.ai, See-Mode, 数坤科技 SHUKUN, ULTROMICS

Clinical Trials Tech
ACCLINATE, castor, Curebase, ELLIGO, Hawthorne Effect, Medable, ObvioHealth, ReifyHEALTH

Created by You. Powered by CBINSIGHTS

Spin-offs do GIAS – PUCRS

noharm.ai

CUIDANDO DOS PACIENTES

https://noharm.ai/

WHISPERS

Suporte a decisão

@ai.whispers

Aprendizado de Representação de Pacientes e o Dataset BRATECA

Bernardo Consoli, Renata Vieira, Rafael Bordini

BRATECA – Contagem Completa

- Dados extraídos de **10** hospitais
- **73.040** registros de admissão de pacientes de **52,973** pacientes adultos únicos
  - **12.096** admissões com financiamento público
  - **4.666** admissões de cuidados intensivos
  - **5.550** admissões de obstetrícia
  - **1.714** admissões de COVID-19
  - **23.004** admissões cirúrgicas
  - **37.392** admissões de emergência
  - **3.107** admissões de ambulatório
  - **8.674** admissões gerais
- Dados auxiliadores dos pacientes:
  - **2.374.807** resultados de exames de laboratório
  - **519.318** prescrições
  - **2.849.572** anotações clínicas (evoluções)

(LREC 2022)

Datasets

- BRATECA é composto de 5 datasets separados mas relacionados:
  - Admissões
    - Dados administrativos e demográficos
  - Exames
    - Detalhes administrativos e resultados de exames de laboratório
  - Prescrições
    - Informações administrativas das prescrições
  - Itens de Prescrição
    - Itemização detalhada de cada prescrição
  - Anotações Clínicas
    - Texto livro das evoluções (anotações clínicas sobre a estada do paciente e os tratamentos)

Informação Desidentificada

- Nomes
  - Os campos de texto livro seguidamente contém nomes de pacientes ou profissionais da saúde. Os nomes foram removidos usando um modelo Bi-LSTM-CRF estado-da-arte para reconhecimento de entidades nomeadas; esse model obteve F-score de 0,94 com Recall de 0,95 para nomes de pessoas
- Datas
  - Todas as datas form deslocadas randomicamente de 5 a 10 anos no futuro; datas de uma mesma admissão foram deslocadas a mesma quantidade de tempo para frente
- IDs Internos
  - Todos os IDs extraídos de bancos de dados dos hospitais (e.g., ID de admissão, ID do paciente) foram trocados por um novo ID randômico, mantendo a congruência nos datasets
- Identificação de Alas dos Hospitais
  - Nomes de alas foram trocadas por rótulos criados com a ajuda de um profissional da saúde

Acesso

- BRATECA está disponível na PhysioNet para acesso credenciado para pesquisa
- Pesquisadores precisam completar os seguintes passos para acessar:
  - Criar e validar uma conta na PhysioNet
  - Completar um curso sobre proteção de participantes de pesquisas com humanos
  - Assinar o termo de confidencialidade

https://physionet.org/content/brateca/1.0/

Preocupações Éticas

- BRATECA has been deidentified according to the Health Insurance Portability and Accountability Act (HIPAA) standards using structured data cleansing and date shifting. The NoHarm.ai system, developed by the Institute for Artificial Intelligence in Healthcare, gathers no identifiable information from patients.

- The data used in the experiments we conducted for this article came from a research project developed with several hospitals in Brazil. Also, all data sharing was approved by each hospital participating in that research. Ethical approval to use the hospitals' datasets in this research was granted by the National Research Ethics Committee under the number 46652521.9.0000.5530.

Aprendizado de Representação de Pacientes
Objetivos

- Acesso pervasivo a texto de evoluções e dados clínicos através de IoT
- Interação entre sistemas inteligentes e humanos em linguagem natural
- Ferramentas para suporte à utilização de tipos de dados heterogêneos
- Representação holística compacta de todo o histórico
- Estudos de caso interdisciplinares

Tarefa 1 - Length-of-Stay Prediction

- Descobrir se um paciente sairá em até 7 dias após a internação, ou não.
- Utilizar pacientes que ficam em hospital por mais de 24 horas.
- Utilizar somente informação descoberta dentro das primeiras 24h de internação.
- Utilizar diferentes configurações de informação.

Tarefa 2 - Mortality Prediction

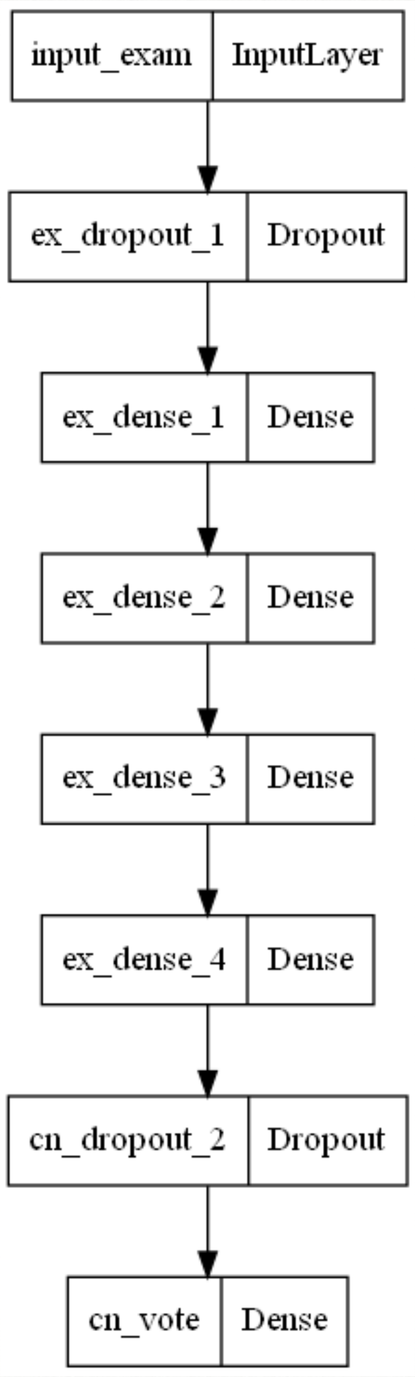
- Descobrir se um paciente terá alta ou óbito.
- Utilizar pacientes que ficam em hospital por mais de 24 horas.
- Utilizar somente informação descoberta dentro das primeiras 24h de internação.
- Utilizar diferentes configurações de informação.

Modelos – Overview

- Quatro modelos foram criados inicialmente:
  - Feed-forward utilizando somente informações estruturadas;
  - Feed-forward utilizando somente informações textuais;
  - Feed-forward que une ambos tipos de informação antes de fazer sua predição;
  - Feed-forward que faz duas predições e une as predições em uma única predição final;

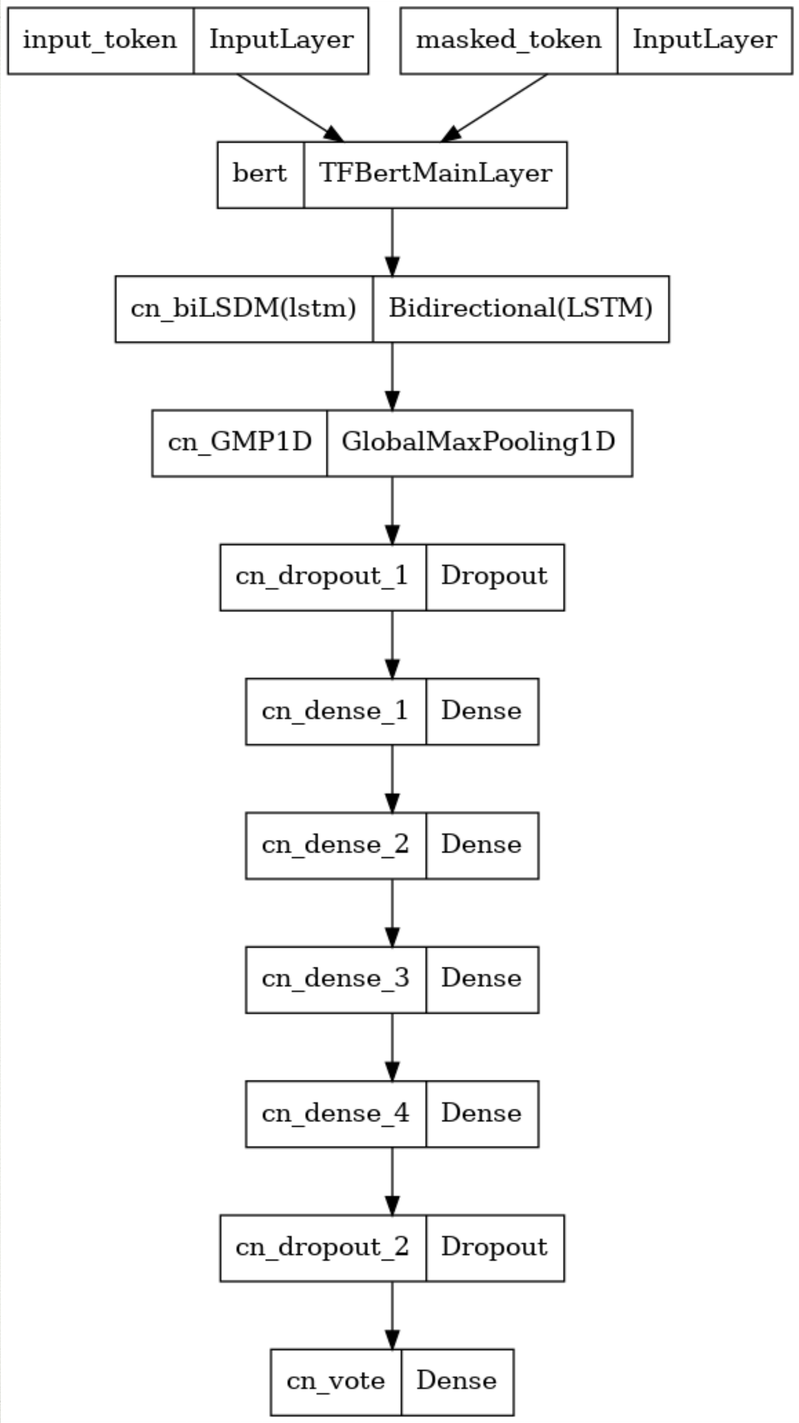
Modelo Estruturado

- Um processo feedforward simples com dados estruturados.



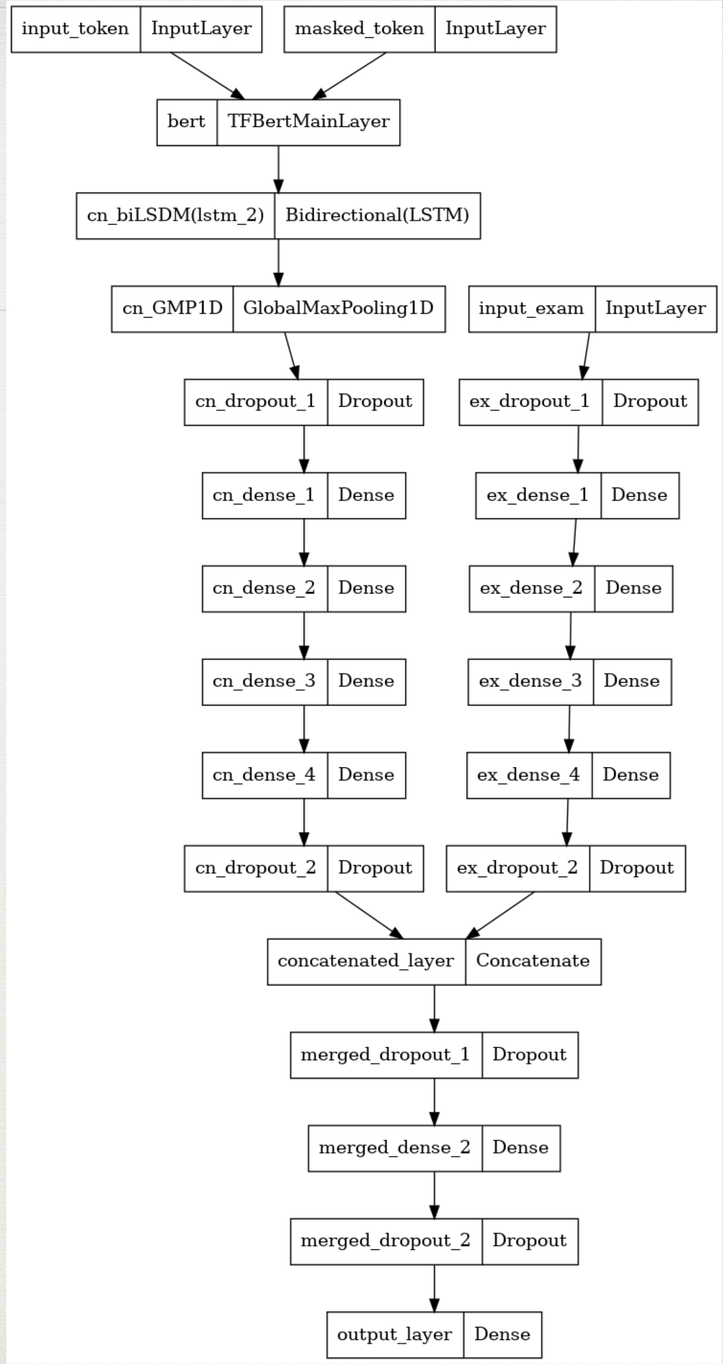
Modelo Textual

- Utiliza BERT, LSTM para vetorização de texto livre, e após é passado por um processo feedforward para obter um output.



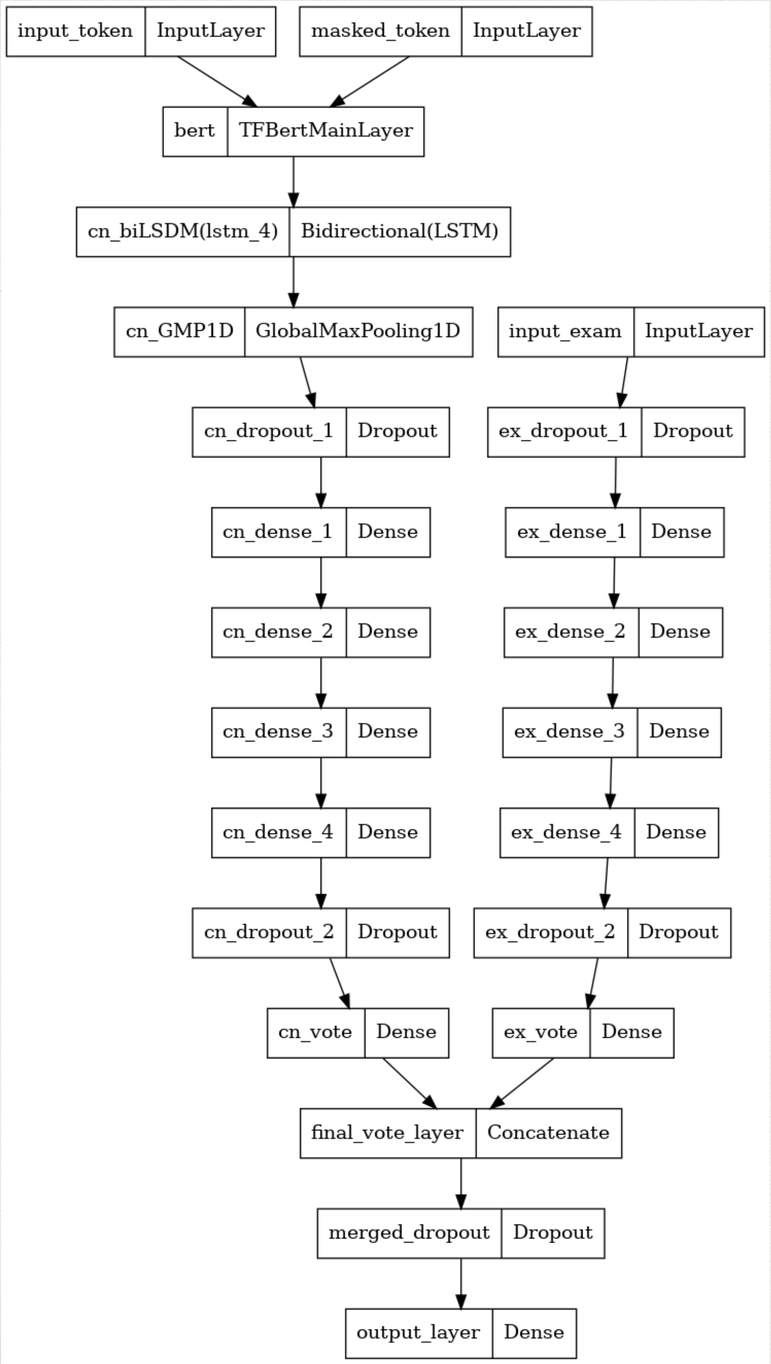
Modelo Merge

- Utiliza processo separado para os dois tipos de entrada inicialmente, mas é concatenado e passa por um segundo processo de feedforward antes de obter output.



Modelo Vote

- Igual ao merge, mas o processo obtém um ‘output’ separado para cada tipo de feature e utiliza esses outputs em um layer final para calcular o output final.



Resultados LoS – Textual

- Balanced Testset
- Confusion Matrix

1498	601
574	1525

- Balanced AUROC: 0.80
- Balanced AUPRC: 0.76
- Balanced Precision: 0.72
- Balanced Recall: 0.73
- Balanced F1: 0.72

- Proportional Testset
- Confusion Matrix

2727	1597
574	1525

- Proportional AUROC: 0.75
- Proportional AUPRC: 0.55
- Proportional Precision: 0.49
- Proportional Recall: 0.73
- Proportional F1: 0.58

Resultados Mortalidade – Merged

- Balanced Testset
- Confusion Matrix

240	61
88	213

- Balanced AUROC: 0.81
- Balanced AUPRC: 0.82
- Balanced Precision: 0.78
- Balanced Recall: 0.71
- Balanced F1: 0.74

- Proportional Testset
- Confusion Matrix

2302	708
88	213

- Proportional AUROC: 0.80
- Proportional AUPRC: 0.41
- Proportional Precision: 0.23
- Proportional Recall: 0.71
- Proportional F1: 0.34

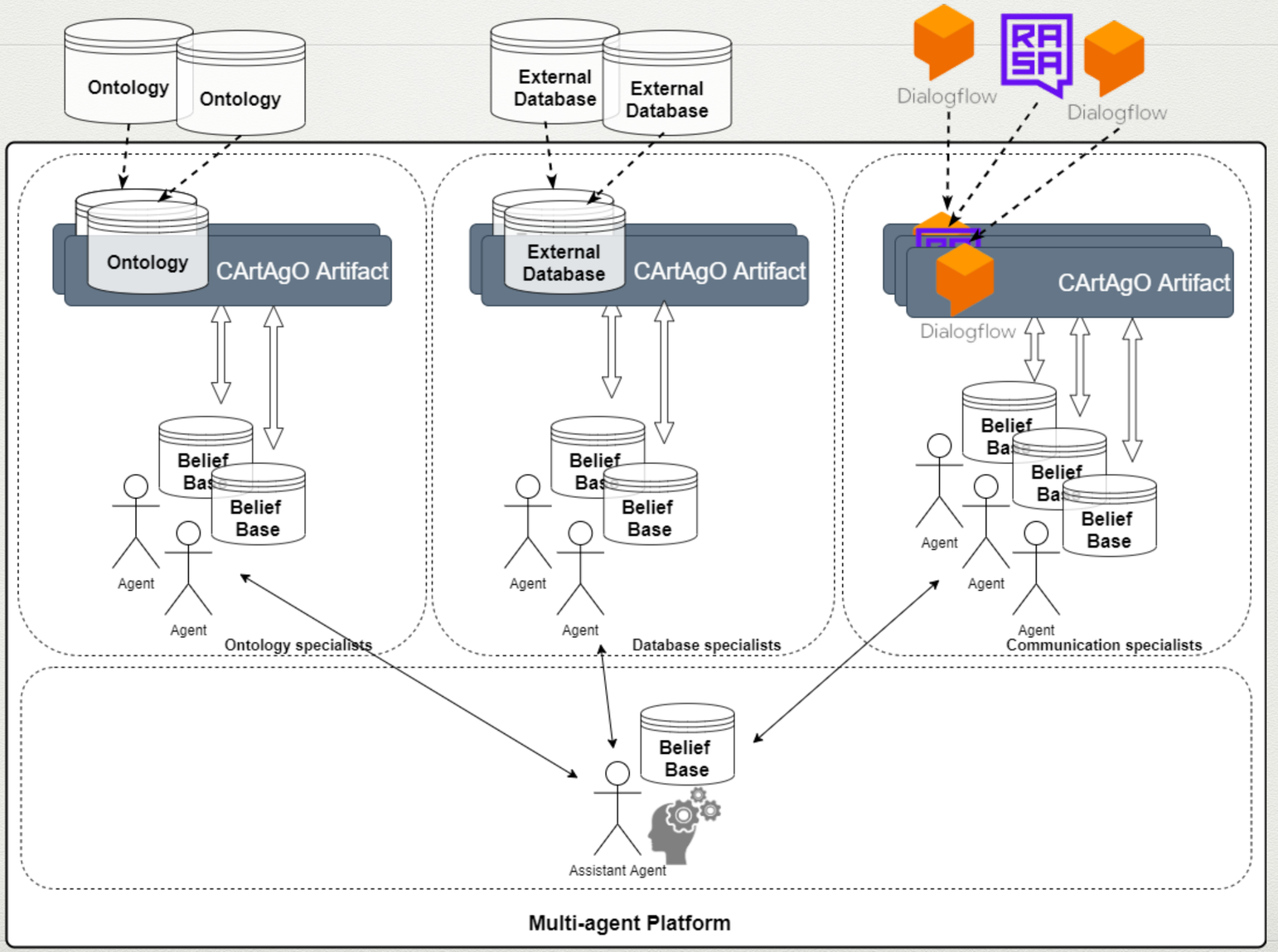
Agentes Conversacionais baseados em Teoria da Argumentação e Ontologias

Debora Engelmann, Alison Panisson,
Renata Vieira, Viviana Mascardi (U.Genova), Rafael Bordini

Objetivos

- Diálogos complexos entre agentes inteligentes e humanos para auxiliar na tomada de decisões
- Usando técnicas de IA explicáveis (Teoria da Argumentação, Ontologias, Teoria da Mente)
- Aplicação na área da Saúde (alocação de leitos hospitalares) e Direito Tributário (Prof. Paulo Caliendo, Escola de Direito da PUCRS)
- Direito & Saúde (questões legais sobre serviços de saúde)

Arquitetura do Sistema



Alocação de Leitos

PDDL Plan Validator
Validation Report

1 Domain

Domain: hospital
Problem: aloc

1.1 Files

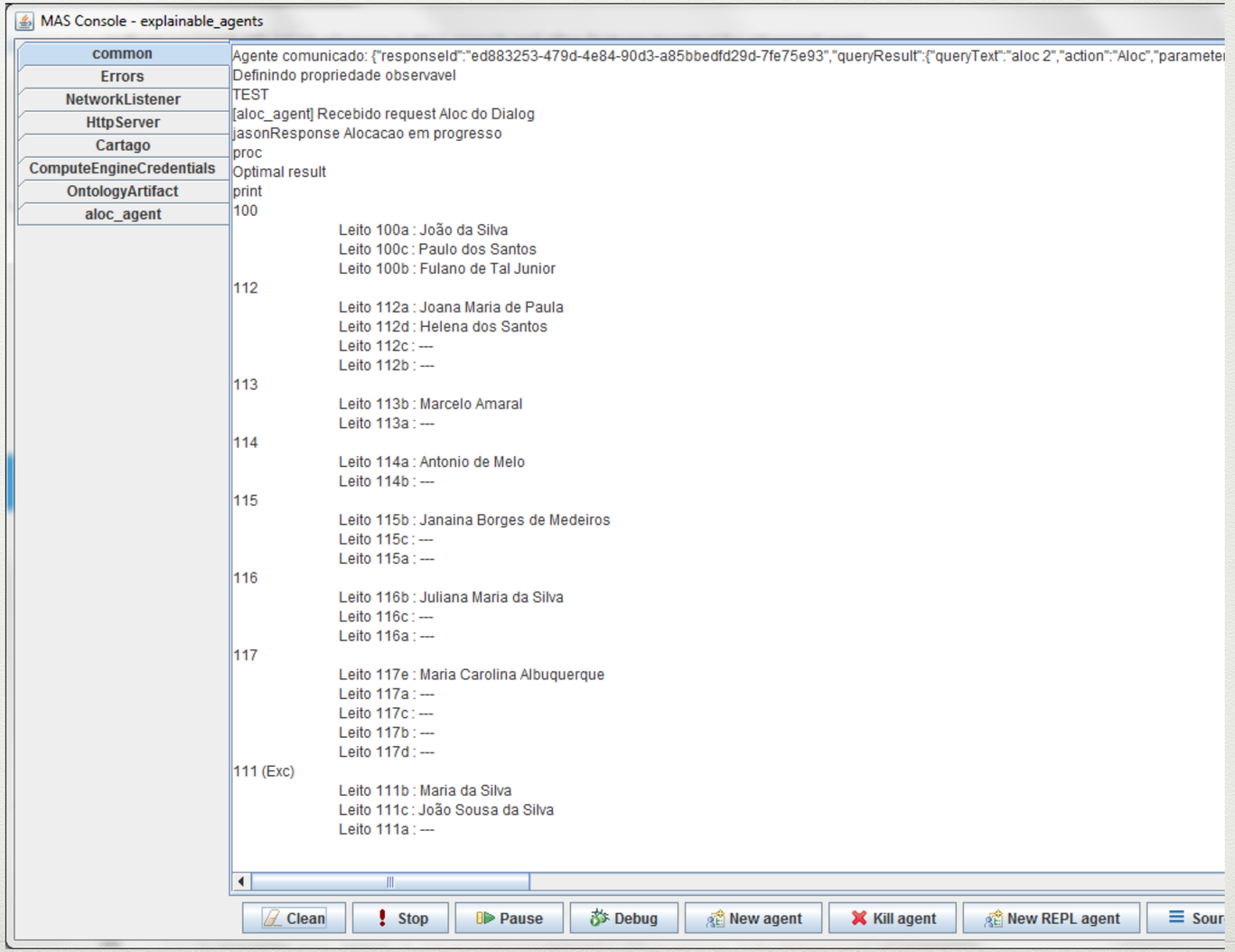
Domain file: test\domain.pddl
Problem file: test\problem.pddl
Plan file: test\plan.pddl

2 Plan

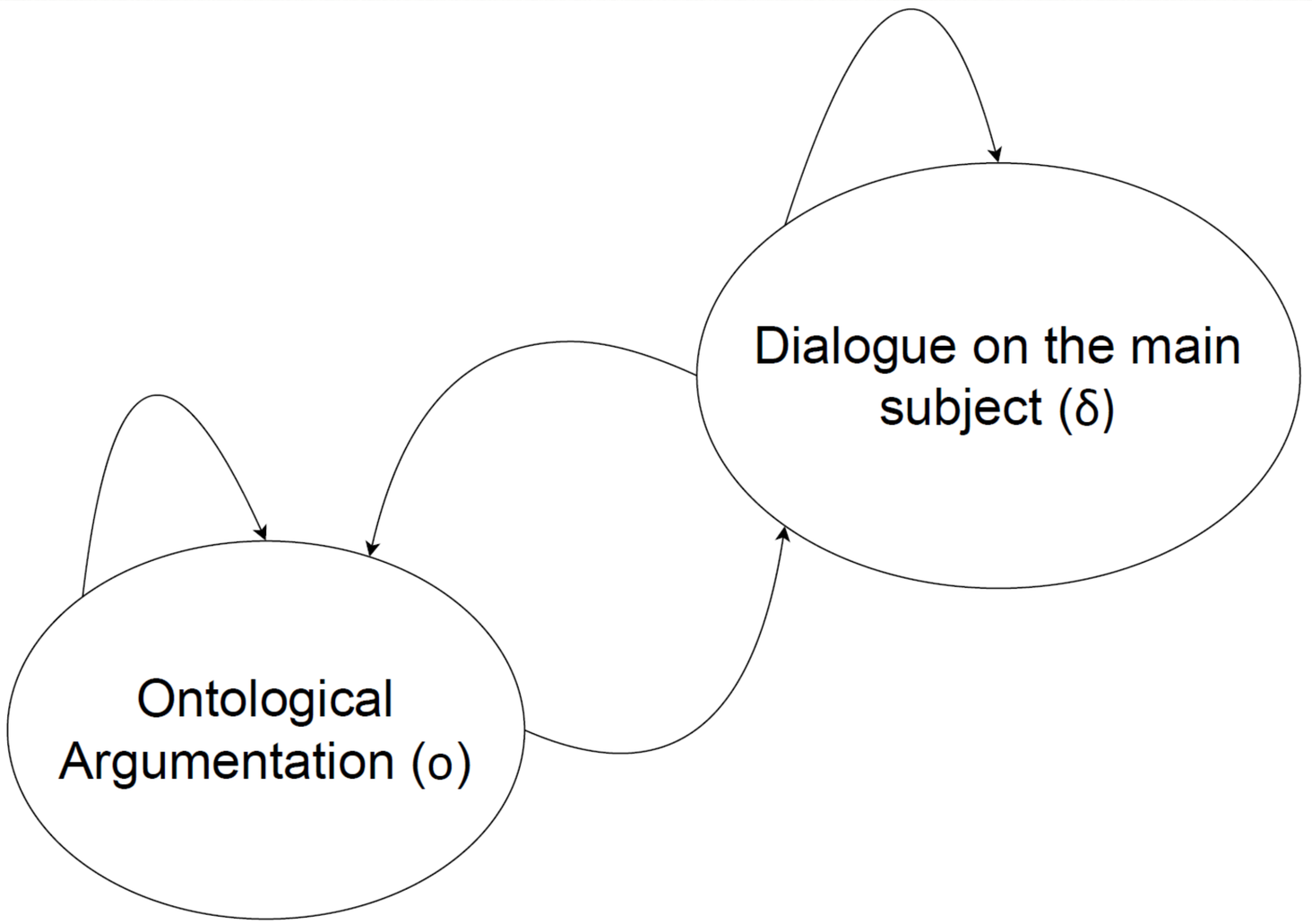
1. (**aloc-Oncologia** 34345454354 100a genero–Masculino genero–Masculino)
2. (**aloc-Oncologia** 93092302930 100c genero–Masculino genero–Masculino)
3. (**aloc-Oncologia** 09090909091 100b genero–Masculino genero–Masculino)
4. (**aloc-Medicina-Interna** 23433454353 112a genero–Feminino genero–Feminino)
5. (**aloc-Medicina-Interna** 34343434324 112d genero–Feminino genero–Feminino)
6. (**aloc-Neurologia** 23266656502 113b genero–Masculino genero–Masculino)
7. (**aloc-Cardiologia** 32323233232 114a genero–Masculino genero–Masculino)
8. (**aloc-Neurologia** 32135131355 115b genero–Feminino genero–Feminino)
9. (**aloc-Cardiologia** 23102103133 116b genero–Feminino genero–Feminino)
10. (**aloc-Oncologia** 54532513216 117e genero–Feminino genero–Feminino)

3 Validation

1. (**aloc-Oncologia** 34345454354 100a genero–Masculino genero–Masculino)
   - +(*alocado* 34345454354)
   - +(*ocupado* 100a)



Dialogos Estruturados



Cenário de Diálogo

Acesso às Bases de Dados do Hospital

Enfermeira

Chatbot para auxiliar na alocação

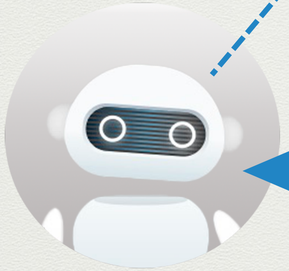
Operador de alocação de leitos

Operator is trying to allocate a bed to a particular patient...

Assistant, check if any female surgical bed is free;

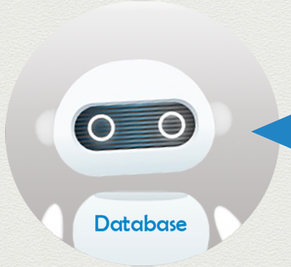
```
question(o,a,free(B)
[female(B),surgical(B)])
```

```
des(o,allocate(P,B)[female(B),surgical(B)]),bel(d,free(B))
```



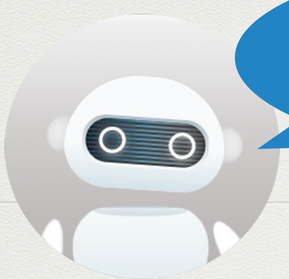
Database, check if any female surgical bed is free;

```
question(a,d,free(B)
[female(B),surgical(B)])
```



Assistant, bed 203b is free and satisfies those constraints;

```
assert(d,a,free(203b)
[female(203b),surgical(203b)])
```



Operator, bed 203b has the characteristics you requested;

```
assert(a,o,free(203b)
[female(203b),surgical(203b)])
```

Nurse, I'm allocating Patient8 to 203b;

```
assert(o,n,allocate(patient8,203b))
```

Operator, we cannot allocate patient8 to 203b;

```
assert(n,o,~allocate(patient8,203b))
```

Nurse, Why?

```
challenge(o,n,~allocate(patient8,203b))
```

Outros Projetos

Outros Trabalhos

- Ciência de Dados no Acompanhamento do Paciente com Doença Renal Crônica (coordenador Dr. Carlos Eduardo Poli de Figueiredo
- Aplicação de Técnicas de Aprendizado de Máquina para Descobertas de Farmacogenômica para o Tratamento de Câncer de Esôfago (Fernanda Morrone, Renata Vieira, Gabriel Leal, Laisa Silveira, Érica Pereira,Dante Pereira, Douglas Garcia)
- Agente conversacional para auxiliar pessoas cegas em ambiente inteligente (Juliana Damasio)
- COVID: predição de tempo de permanência em UTI (Coord. Bruno Hochhegger, financiamento FAPERGS)
- Extração de informações de evoluções de pacientes de AVC para identificar reações a fármacos (Giovani Bettoni, Renata Vieira, Ana Etges)
- Formação de Coalizões para Veículos Autônomos em Cenários de Desastres Naturais (Tabajara Krausburg & Jürgen Dix – TUClausthal)

CIARS – RITE FAPERGS

https://www.ufrgs.br/ciars/

Grupo de
Inteligência Artificial
na Saúde

http://www.inf.pucrs.br/ia-saude/