



Universidade de Brasília
Translab

Abordagem em Jogos Satisficing para tomada de decisão colaborativa em aeroportos

Cicero Roberto Ferreira de Almeida



Sumário

- Problema
- Objetivo
- Fundamentação Teórica
- Trabalhos relacionados
- Justificativa
- Modelo Satisficing
- Implementação
- Testes
- conclusão



Introdução

- Aumento do fluxo de tráfego aéreo no espaço aéreo e aeroportos entre 2003 e 2014. (INFRAERO, 2014)
- Adoção de metodologias de suporte à tomada de decisões
- Desempenho satisfatório de entidades envolvidas.
- Três classes de entidades que tomam decisões no cenário



Introdução



Gestor do aeroporto



Empresas aéreas



Controle de ATC



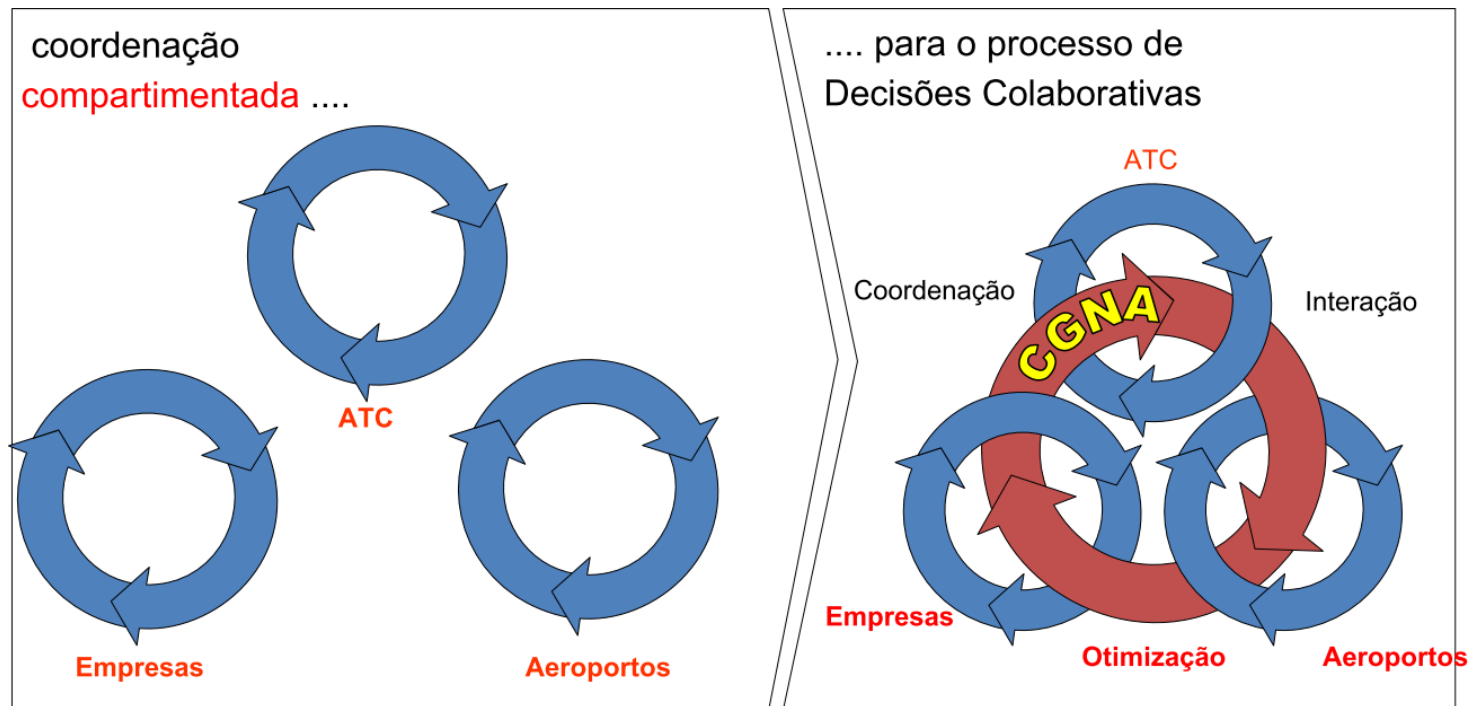
Problema

- Interdependência de decisões entre entidades
- Não existe metodologia para suporte a decisões para três entidades.
 - Nota-se uma ausência de modelagem para CDM (*Collaborative Decision Making*) que envolva o parceiro Gestor do Aeroporto



Problema

- Necessidade de migrar de um modelo de decisões compartimentadas para decisões colaborativas, segundo o paradigma CDM



Modelo Compartimentado e CDM - Fonte: (DECEA, 2013).



Objetivos

- Objetivo Geral
 - Desenvolver uma metodologia para contribuir na gestão de tomada de decisão colaborativa da entidade Serviço ATC afim de melhorar a fluidez e segurança do movimento aéreo
 - aceitação (selectability) e rejeição (rejectability) das três entidades envolvidas (Jogos Satisficing)
 - operações AHP e GDP.
- Objetivos Específicos
 - Mapear e selecionar as preferências de cada entidade participante do CDM:
 - Gestor do Aeroporto, Empresas Aéreas e Serviço ATC;
 - Desenvolvimento de funções de rejeitabilidade e seletibilidade para cada parceiro dentro do CDM;
 - Estabelecer um framework de definição de regras, procedimentos e políticas envolvidas no mecanismo CDM;
 - Testar e validar a metodologia por meio de estudo de caso com dados reais de movimentos aéreos.



Fundamentos Teóricos

- Teoria dos Jogos
- Teoria dos Jogos *Satisficing*



Fundamentos Teóricos

- Teoria dos Jogos
 - Modelagem matemática de conflito e cooperação entre tomadores de decisões racionais (jogadores)
 - Cooperação por coalizão de jogadores
 - Nem sempre será possível uma coalizão contendo todos os jogadores do cenário.
 - Os jogadores em geral buscam decisão ótima



Fundamentos Teóricos

- Teoria dos Jogos *Satisficing*
 - Teoria suplementar à Teoria dos Jogos
 - Dada a existência de outros jogadores decidindo no cenário, dificilmente a decisão ótima será alcançada.
 - Decisões “boas o suficiente”, não necessariamente ótima
 - Otimização → instanciação matemática da racionalidade individual (impossível otimizar para todos os jogadores)
 - Jogadores buscam então solução de equilíbrio
 - Interesses de grupo não são facilmente acomodados pela racionalidade individual
 - Cooperação X Competição
 - COMPETIÇÃO → Resultado natural da racionalidade individual
 - COOPERAÇÃO → Busca acomodar o interesse dos outros participantes. Outra forma de racionalidade



Fundamentos Teóricos

- Teoria dos Jogos *Satisficing*
 - Racionalidade
 - Extrínseca
 - Intrínseca
 - Praxiologia
 - Domínio prático → Como agir
 - Teoria da Utilidade Praxiológica
 - Rejeitabilidade → Grau de consumo de recursos que a opção possui
 - Opções que envolvem alto grau de consumo de recursos, são altamente rejeitáveis (ignorando considerações de sucesso)
 - Seletibilidade → Grau de suporte ao sucesso que a opção possui



Trabalhos Relacionados

Campo	Trabalho	Objetivo
ATFM	A Collision Avoidance Method based on Satisficing Game Theory (XIAOHUI; XUEJUN; XIANGMIN, 2012)	Detecção e Resolução de conflitos de aeronaves.
ATFM	A Satisficing Approach to Aircraft Conflict Resolution (ARCHIBALD et al. , 2008)	Detecção e Resolução de conflitos de aeronaves.
ATFM	Modelling and evaluation of a game-theory approach for airborne conflict resolution in omnet++ (MASCI e TEDESCHI, 2009)	Detecção e Resolução de conflitos de aeronaves.
ATFM	A satisficing approach to free flight (JOHNSON et al., 2005)	Implementação do paradigma Free Flight



Justificativa

- Porque empregar Teoria dos Jogos Satisficing para ATFM ?
 - Postura individualista dos jogadores é inadequada para o cenário de tráfego aéreo (ARCHIBALD et al. , 2008),
 - As entidades são eventualmente compelidas a negociar.
 - Segurança;
 - Eficiência do fluxo de tráfego.
 - Teoria dos Jogos *Satisficing* parece ser mais adequada como metodologia para abordagem na solução do problema de estabelecer um fluxo aéreo satisfatório para estas três entidades.
 - Metas individuais
 - Metas de grupo



METODOLOGIA SATISFICING

- A metodologia para gestão da tomada de decisão é composta de oito etapas:
 - Mapear e definir as funções de preferência de cada entidade
 - Levantadas em trabalhos e brainstorming entre pesquisadores do Translab.
 - Aeroporto: Disponibilidade de pistas de pouso e decolagem; Ocupação do TPS
 - Empresas: Distribuição de atraso acumulado na TMA;
 - ATC: Severidade de congestionamentos
 - Definição dos tipos de decisão
 - Elaborar Modelo *Satisficing*
 - *Rejeitabilidade (ATC, Empresas Aéreas, Aeroporto)*
 - *Seletibilidade de fluidez do tráfego.*
 - Definição das políticas de prioridade por tipo de operação e entidade
 - Definição das regras
 - *Segurança, Sequenciamento (AHP e GDP)*
 - Identificar todas as opções de decisão
 - Desenvolvimento do protótipo
 - Tomada de decisão
 - AHP, GDP

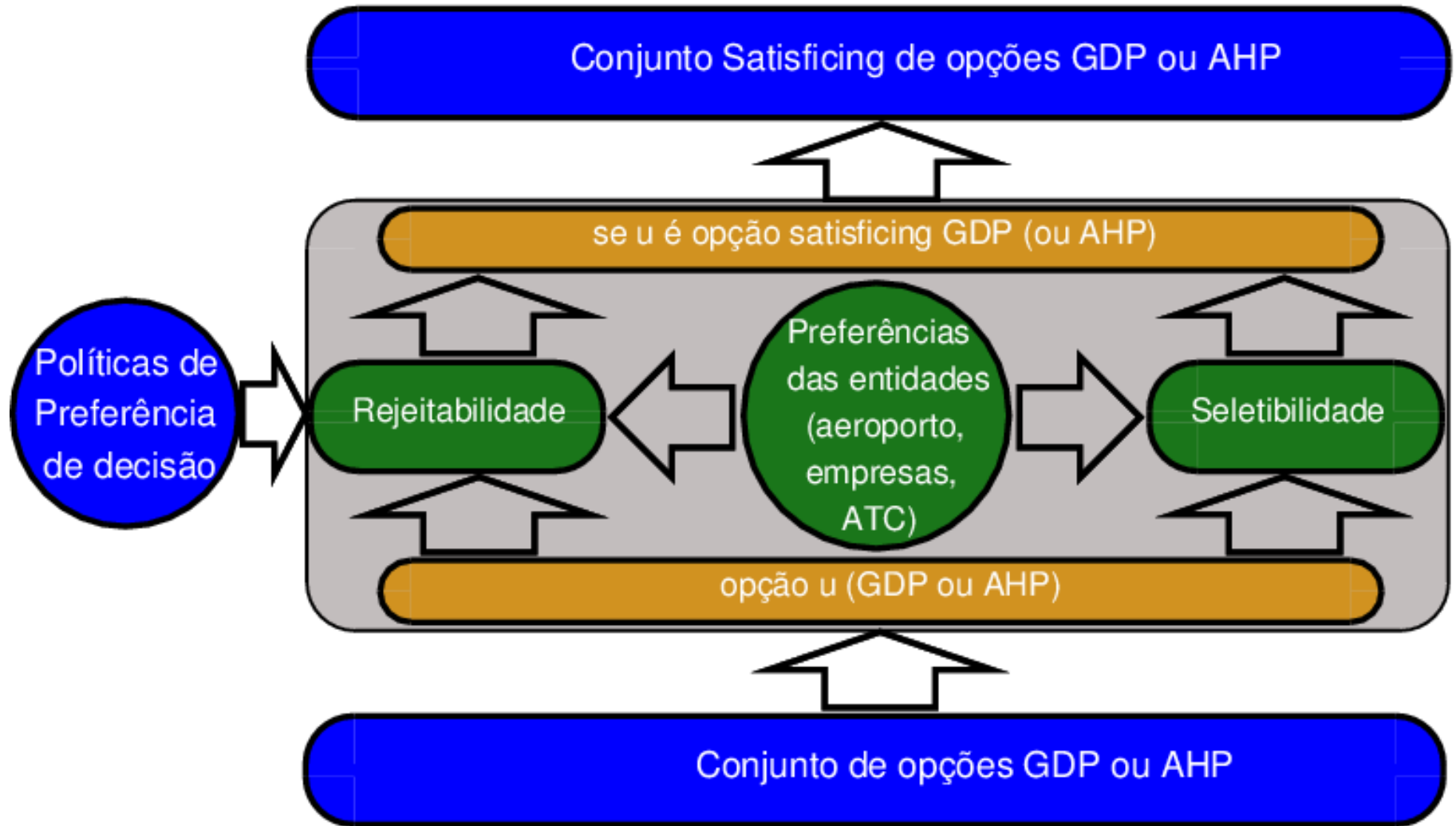


METODOLOGIA SATISFICING

- Rejeitabilidade Aeroporto
 - GDP → Aumento da quantidade de pessoas no TPS (Valores de referência da FAA)
- Rejeitabilidade Empresas aéreas
 - GDP / AHP → Aumento do tempo de atraso
- Rejeitabilidade ATC
 - GDP → Congestionamentos
 - AHP → Aumento da variação do tempo de espera no ar.



Modelo CDM Satisficing

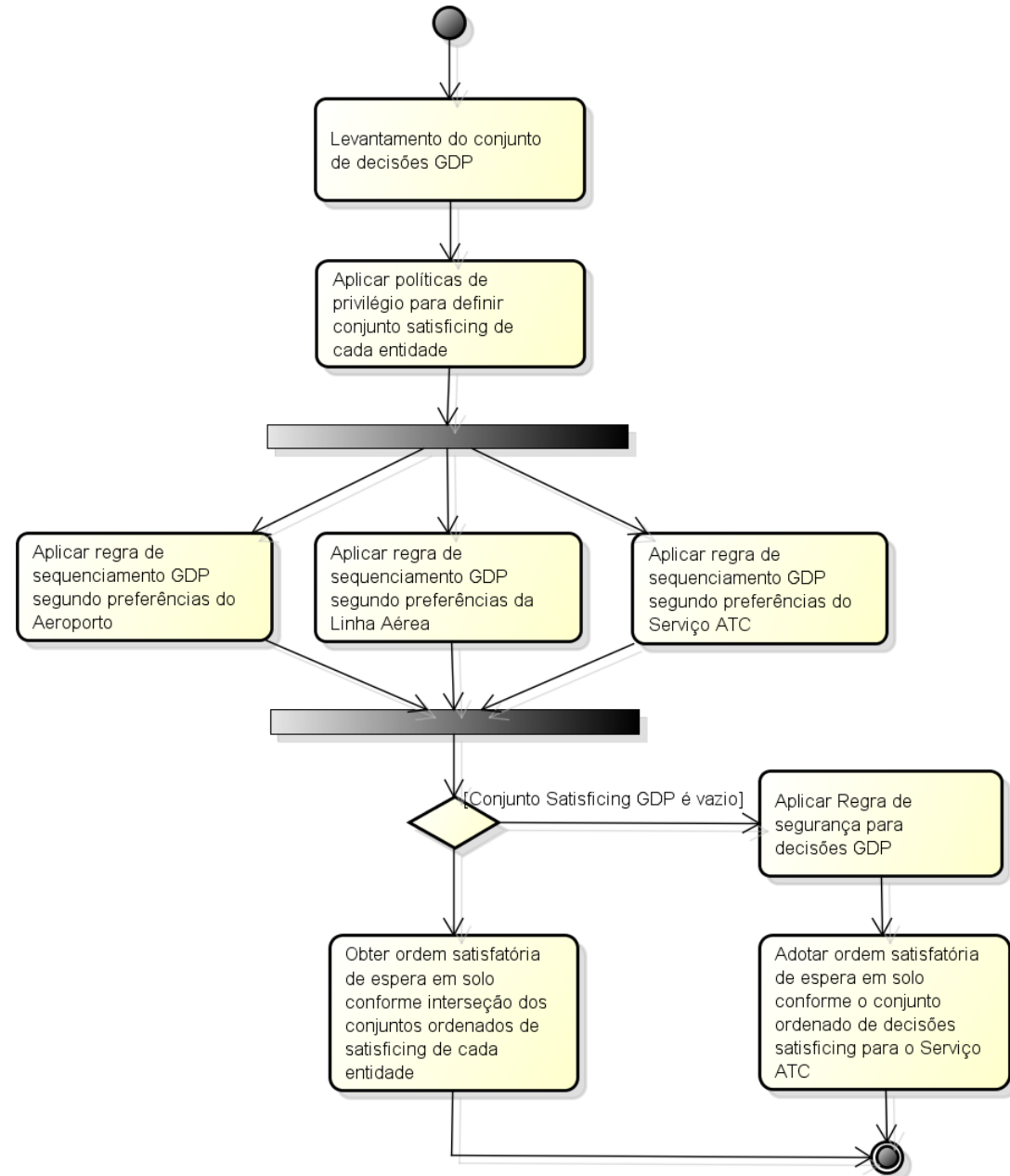


- Modelo CDM *Satisficing*.



Implementação

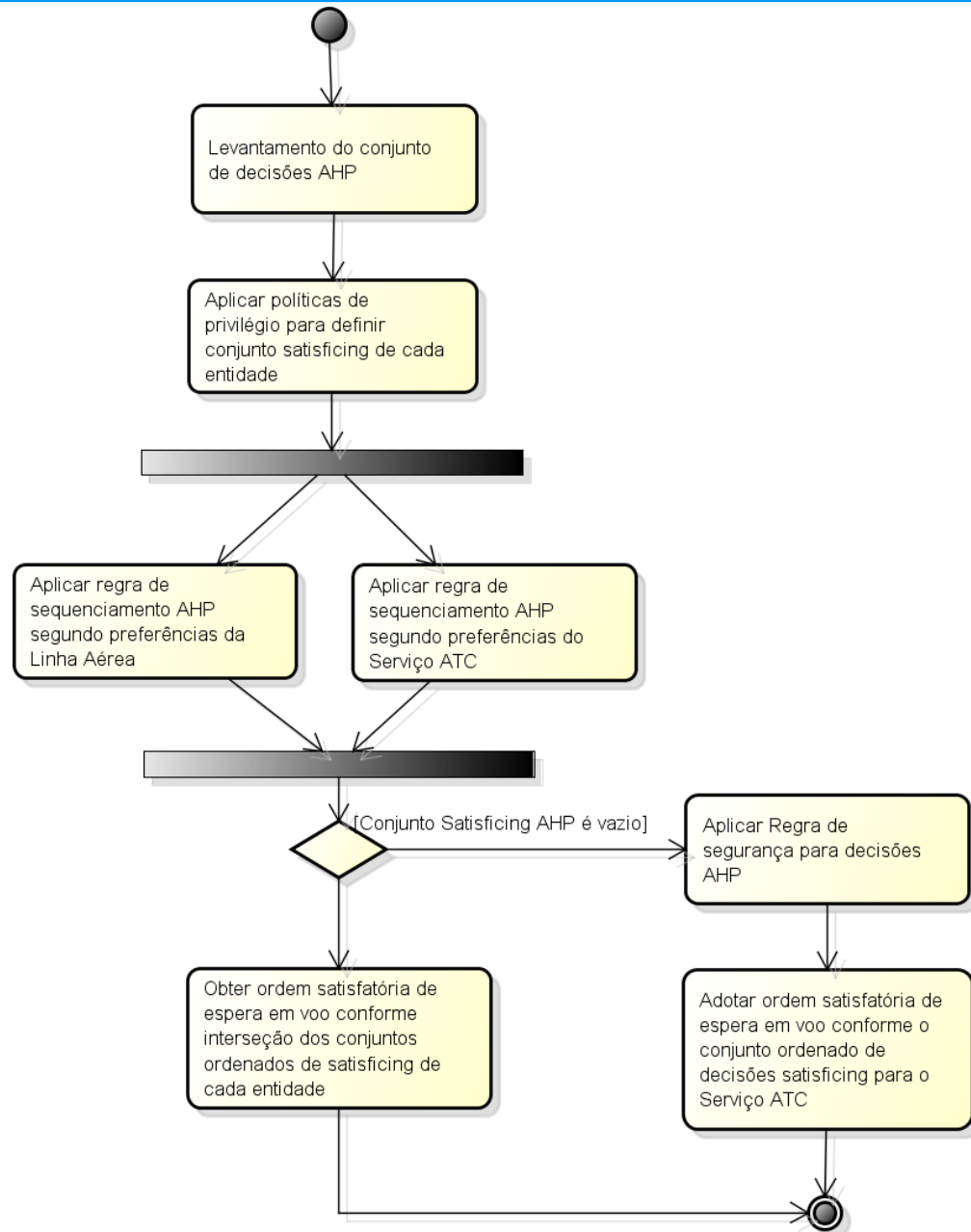
- Tomada de decisão GDP





Implementação

- Tomada de decisão AHP





Testes

- Dados de movimentos na TMA-SP coletados no CGNA
 - Cenários reais
 - (11 de Junho, 2009) – alto fluxo
 - (11 de março, 2009) – baixo fluxo
 - Congonhas (SBSP)
 - Guarulhos (SBGR)
- Decisões GDP e AHP
 - Situações de alto e baixo fluxo de movimentos



Testes

Tabela 1: Aeronaves em solo no Aeroporto de Guarulhos (SBGR)

Voo	d_{Ath}	p_{R_C}	p_{R_L}	p_{R_A}	p_S
GLO7452	5	0.077	0.042	0.000	0.077
TAM3848	0	0.077	0.067	0.000	0.077
GLO1902	15	0.077	0.084	0.000	0.077
PTB1488	18	0.077	0.097	0.000	0.077
VRN8698	27	0.077	0.122	0.000	0.077
TAM3301	23	0.077	0.118	0.000	0.077
GLO1774	16	0.077	0.088	0.000	0.077



Testes

Tabela 2: Aeronaves em solo no Aeroporto de Congonhas (SBSP)

Voo	d_{Ath}	p_{R_C}	p_{R_L}	p_{R_A}	p_S
GLO1290	0	0.077	0.067	0.167	0.077
TAM3920	0	0.077	0.067	0.167	0.077
TAM3115	7	0.077	0.051	0.167	0.077
GLO1334	11	0.077	0.067	0.167	0.077
TAM3138	0	0.077	0.067	0.167	0.077
TAM3214	10	0.077	0.063	0.167	0.077



Testes

Tabela 3: Sequência satisfatória de decolagens em decisões GDP

Ordem	Índice	Sequência de voo
1	0.0452	VRN8698
2	0.0411	TAM3301
3	0.0392	TAM3115
4	0.0348	GLO7452
5	0.0267	TAM3214
6	0.0230	GLO1290 TAM3920 TAM3138
7	0.0224	GLO1334
8	0.0199	PTB1488
9	0.0115	GLO1774
10	0.0101	TAM3848
11	0.0074	GLO1902



Conclusão

- Análise dos Resultados
 - **GDP em alto fluxo** → Alterações na sequência imposta pelo Serviço ATC.
 - **AHP em alto fluxo** → Sequência diferente daquela imposta pelo Serviço ATC.
 - **GDP em baixo fluxo** → Refletiu as preferências das linhas aéreas, em razão do pouco movimento de tráfego, as rejeitabilidades ATC e dos aeroportos permaneceram baixas.
 - **AHP em baixo fluxo** → Sequência diferente da imposta pelo ATC.



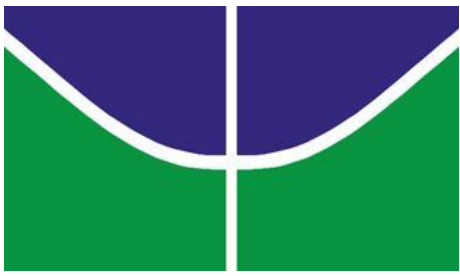
Conclusão

- Contribuições ao conhecimento
 - Modelagem em Teoria dos Jogos Satisficing para ambiente CDM
 - Identificação de funções de preferência
 - Framework de definição de regras, procedimentos e políticas
 - Envolvimento da entidade de gestão do aeroporto como parceiro CDM.
 - Aplicação do Modelo CDM Satisficing ao cenário aéreo brasileiro
- Contribuições acadêmicas
 - The 10th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications (MESA 2014).
 - XI Simpósio de Pesquisa em Transporte Aéreo (SITRAER XI), Brasília, 2012
 - Journal of Transport Literature, RELIT, 2011 (Qualis B2)
 - Submissão ANPET 2014
 - Submissão SITRAER 2014



Conclusão

- Trabalhos Futuros
 - Identificação de novas equações de preferência das entidades e eventuais novos parceiros
 - Reavaliação do modelo com mais dados reais para corroborar ou refutar resultados
 - Aplicação de novos cenários que envolvam não apenas áreas terminais, mas também setores de controle do entorno da TMA.
 - Comparação com outros modelos com mesmo grupo de dados para sincronizar resultados.



Conclusão

Perguntas





Conclusão

Obrigado !

