

Aplicações de algoritmos genéticos no problema de re-planejamento de trajetória de VANTs

Jesimar da Silva Arantes

Apresentação para Universidade Veiga de Almeida - UVA

Live: <https://www.youtube.com/watch?v=Cf4FpKvilvM>

Novembro – 2020

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Algoritmos Evolutivos
- 3 Aplicação em Planejamento de Rotas
- 4 Desafio
- 5 Considerações Finais

Introdução

Contextualização: Aplicação Planejamento de Rota

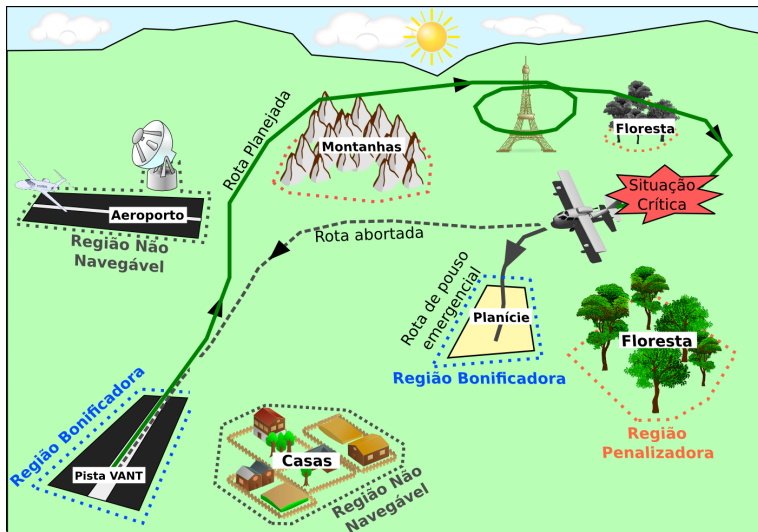


Figura 1: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Introdução

Contextualização: Aplicação Planejamento de Rota



Figura 2: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Introdução

Contextualização: Aplicação Planejamento de Rota

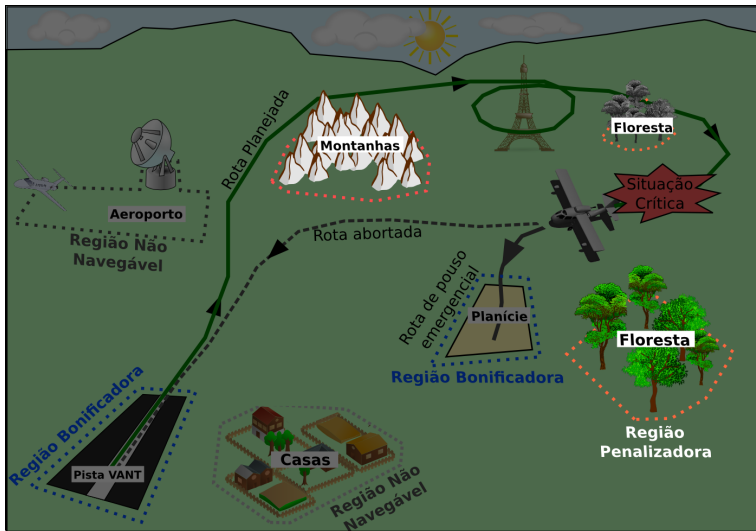


Figura 3: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Introdução

Contextualização: Aplicação Planejamento de Rota

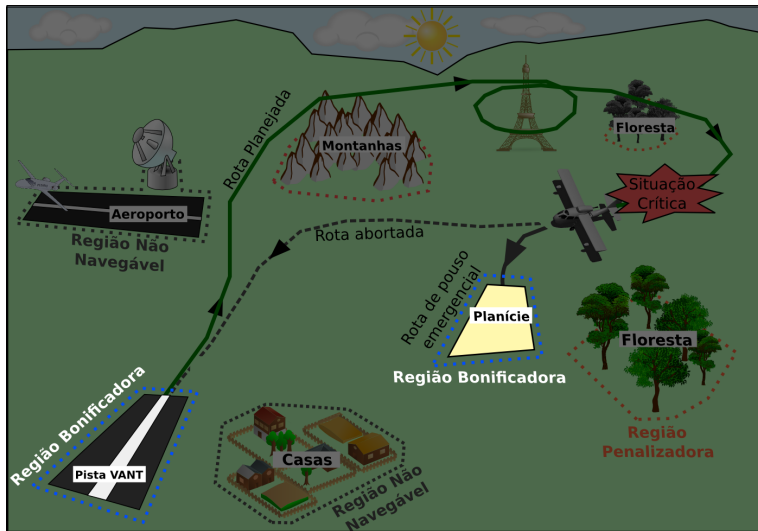


Figura 4: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Introdução

Contextualização: Aplicação Planejamento de Rota

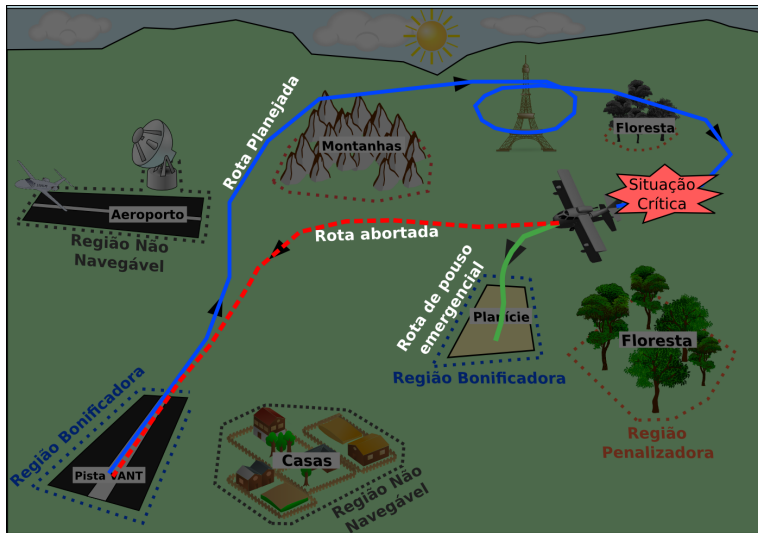


Figura 5: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Introdução

Contextualização: Aplicação Planejamento de Rota

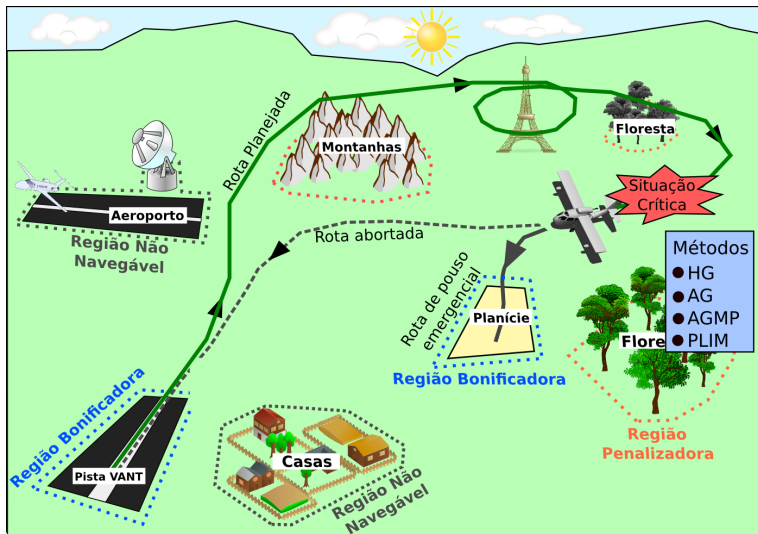
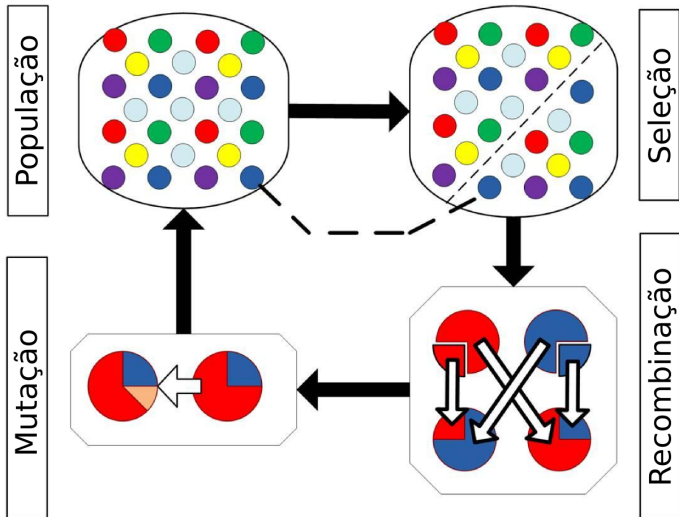
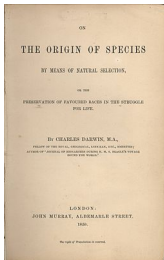
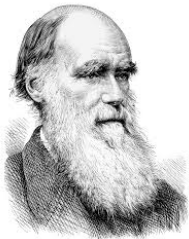


Figura 6: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



$$\text{Grifo} = \frac{\text{Águia}}{2} + \frac{\text{Leão}}{2}$$



$$\text{Sereia} = \frac{\text{Mulher}}{2} + \frac{\text{Peixe}}{2}$$

Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



$$\text{Grifo} = \frac{\text{Águia}}{2} + \frac{\text{Leão}}{2}$$



$$\text{Sereia} = \frac{\text{Mulher}}{2} + \frac{\text{Peixe}}{2}$$



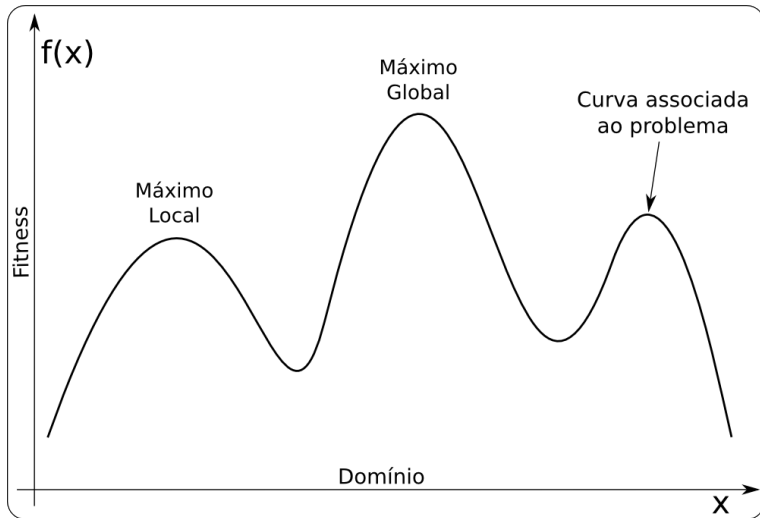
$$\text{Liger} = \frac{\text{Leão}}{2} + \frac{\text{Trigresa}}{2}$$

Terminologia

- **População:** Conjunto de indivíduos
- **Indivíduo:** É uma solução do problema
- **Representação do Problema:** Binária ou contínua
- **Função de Fitness:** Forma de avaliar as soluções geradas
- **Tipo da Função:** Maximização ou minimização
- **Seleção:** Consiste em *selecionar* os indivíduos para reprodução
- **Crossover:** São escolhidos *dois* indivíduos para se reproduzirem
- **Mutação:** Pequena alteração no indivíduo gerado
- **Elitismo:** Copia os melhores indivíduos para a nova população
- **Critério de Parada:** Decisão de quando parar o algoritmo genético
- **Número de Gerações:** Quantidade de populações geradas pelo AG

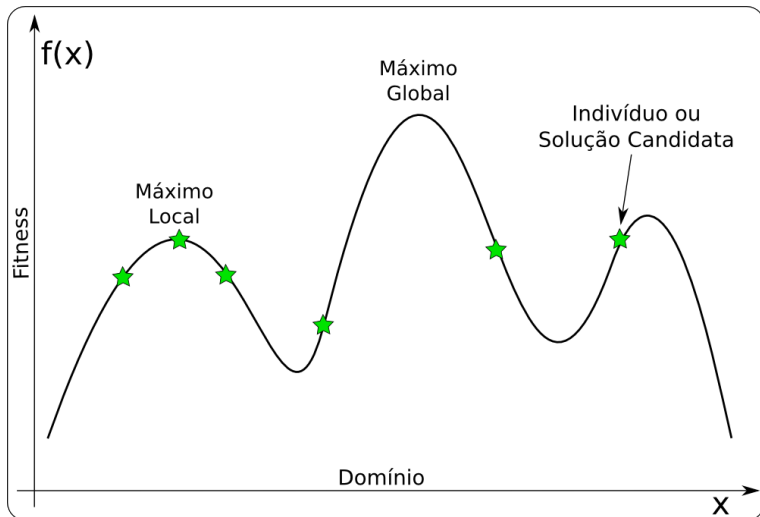
Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



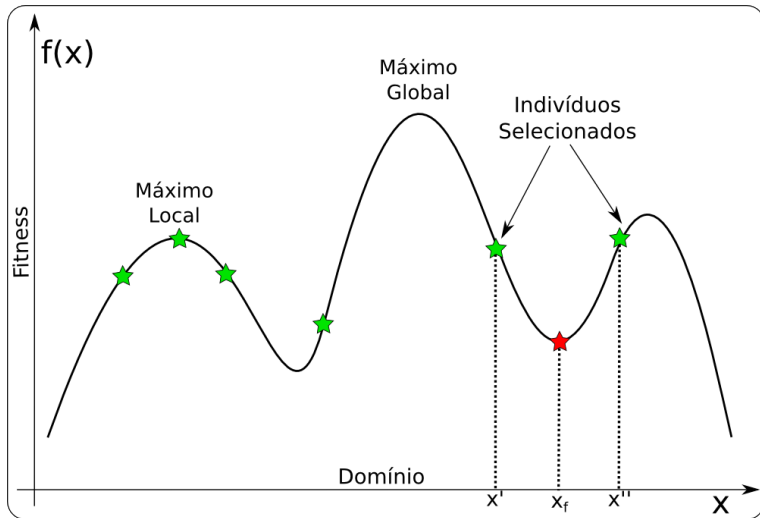
Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



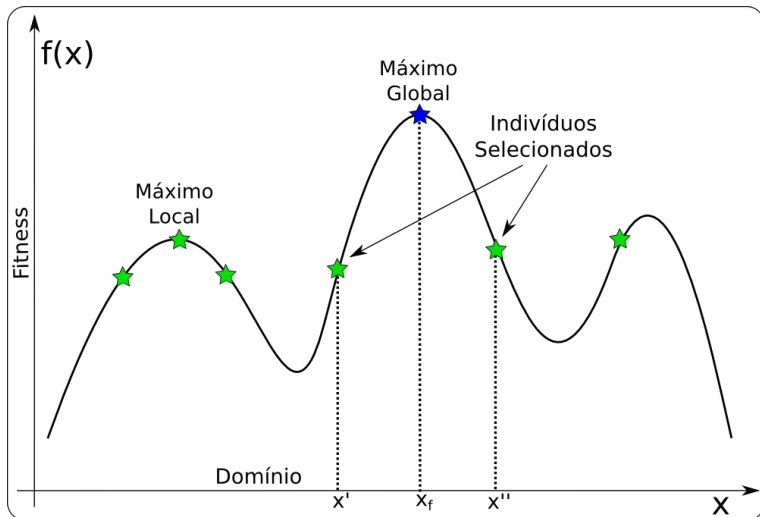
Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



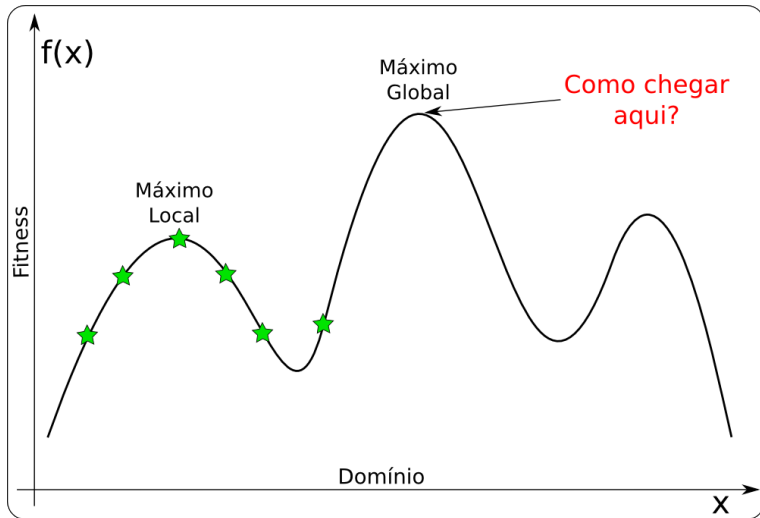
Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



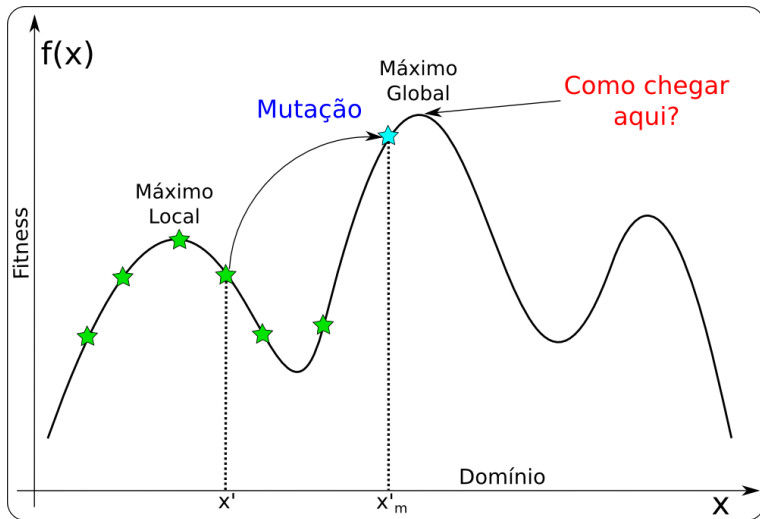
Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



Algoritmos Evolutivos

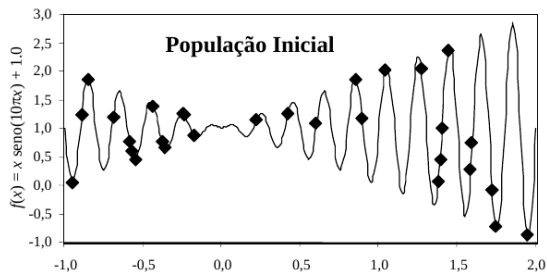
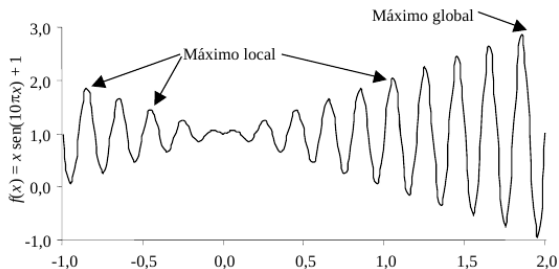
Algoritmos Genéticos



Algoritmos Evolutivos

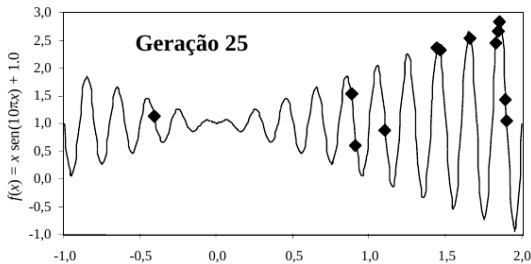
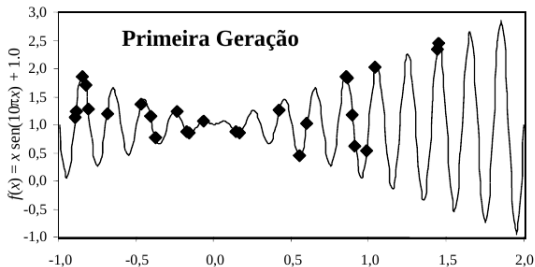
Algoritmos Genéticos

Maximizar: $f(x) = x \cdot \text{seno}(10\pi x) + 1$ restrita a $-1 \leq x \leq 2$



Algoritmos Evolutivos

Algoritmos Genéticos



Metodologia

Algoritmo Genético Multi-Populacional

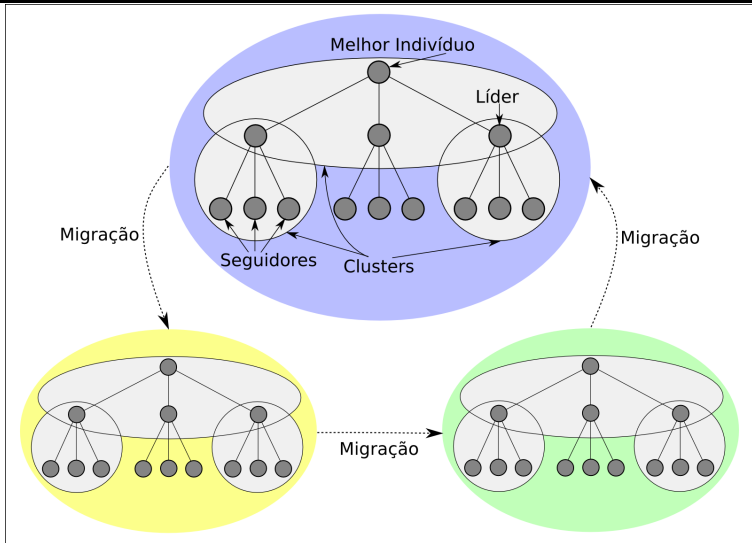


Figura 7: Estrutura hierárquica em árvore dos indivíduos.

Problema Abordado

Contextualização do Problema

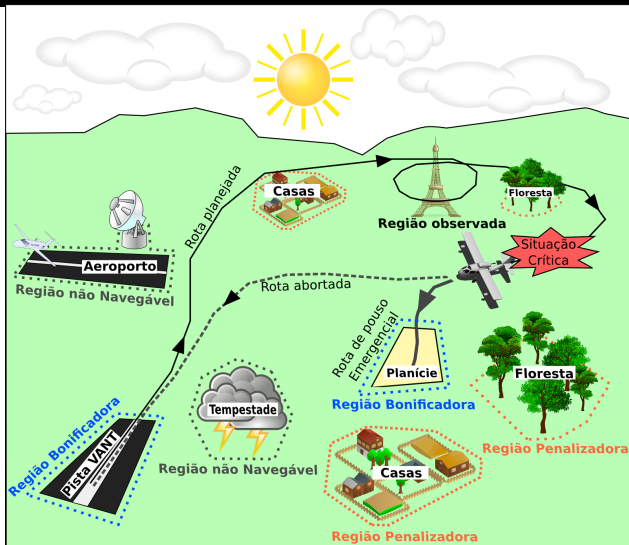


Figura 8: Cenário ilustrativo para o planejamento de rotas.

Problema Abordado

Estratégia de Construção de Mapas

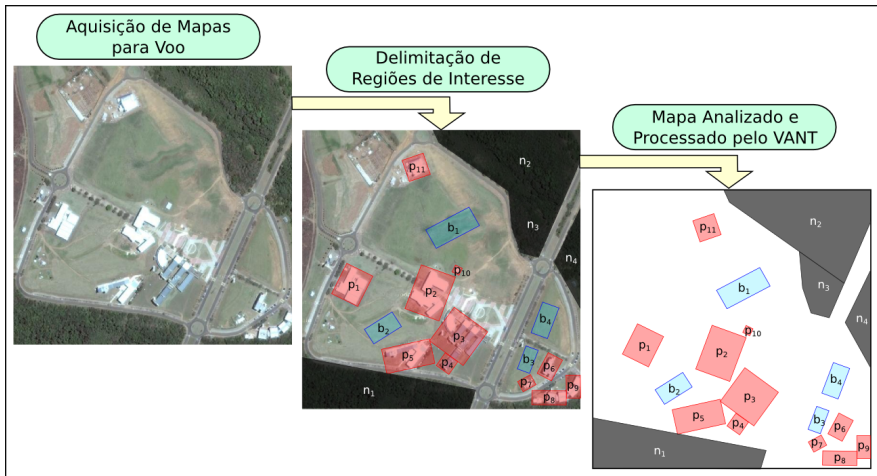
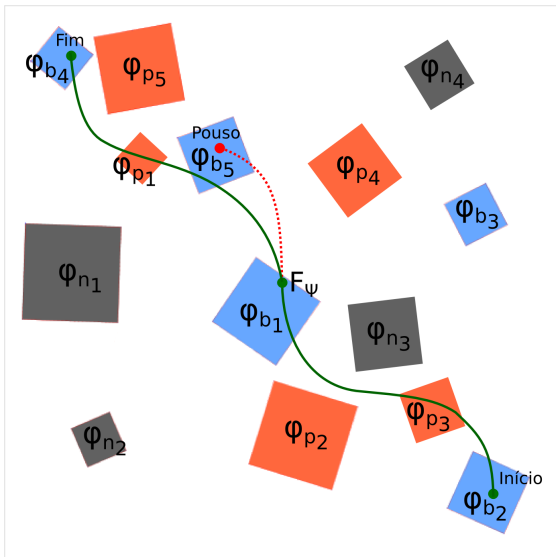


Figura 9: Estratégia de construção de mapas.

Problema Abordado

Tipos de Regiões Modeladas e Falha Crítica

- 1 Região Não Navegável (ϕ_n)
- 2 Região Penalizadora (ϕ_p)
- 3 Região Bonificadora (ϕ_b)
- 4 Região Restante (ϕ_r)



Problema Abordado

Formulação Matemática

Parâmetros:

- $\Phi_j = \{Z_{\Phi_j}^1, Z_{\Phi_j}^2, \dots, Z_{\Phi_j}^{|\Phi_j|}\}$: Conjunto de regiões com $j \in \{n, p, b, r\}$
- $Z_{\Phi_j}^i$: i -ésima região do conjunto Φ_j
- C_{Φ_j} : Custo de pousar no conjunto Φ_j
- T : Número de passos de tempo para pousar o VANT
- Δ : Probabilidade do VANT violar uma região no conjunto Φ_n
- F_{Ψ} : Função de transição de estados Ψ_k com $k \in \{m, b, s^1, s^2, \emptyset\}$
- ω_t : Perturbação independente do estado, no instante t

Variáveis de Decisão:

- x_t : Conjunto de estados do VANT
- u_t : Conjunto de controles do VANT

Problema Abordado

Formulação Matemática

$$\text{Minimizar } \sum_{i=1}^{|\phi_p|} (C_{\phi_p} \cdot P(x_T \in Z_{\phi_p}^i)) - \sum_{i=1}^{|\phi_b|} (C_{\phi_b} \cdot P(x_T \in Z_{\phi_b}^i)) \quad (1)$$

sujeito a:

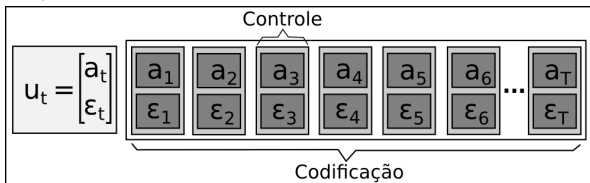
$$x_{t+1} = F_{\Psi}(x_t, u_t) + \omega_t \quad \forall t = 0, 1, \dots, T \quad (2)$$

$$P \left(\bigwedge_{t=0}^T \bigwedge_{i=1}^{|\phi_n|} x_t \notin Z_{\phi_n}^i \right) \geq 1 - \Delta \quad (3)$$

Metodologia

Codificação, Decodificação e Solução

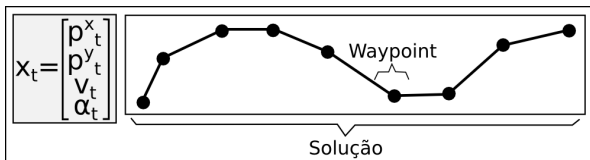
- Codificação u_t :



- Decodificação F_Ψ :

$$\bar{x}_{t+1} = F_\Psi(\bar{x}_t, \bar{u}_t) \Leftrightarrow \begin{bmatrix} p_{t+1}^x \\ p_{t+1}^y \\ v_{t+1} \\ \alpha_{t+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_t^x + v_t \cdot \cos(\alpha_t) \cdot \Delta T + a_t \cdot \cos(\alpha_t) \cdot (\Delta T)^2/2 \\ p_t^y + v_t \cdot \sin(\alpha_t) \cdot \Delta T + a_t \cdot \sin(\alpha_t) \cdot (\Delta T)^2/2 \\ v_t + a_t \cdot \Delta T - \frac{F_t^d}{m} \cdot \Delta T \\ \alpha_t + \epsilon_t \cdot \Delta T \end{bmatrix}$$

- Solução x_t :



- Função Objetivo:

$$fitness = f_{Pouso\phi_b} + f_{Pouso\phi_p} + f_{PousoEVoo\phi_n} + f_{Curvas} + f_{DistVANT\phi_b} + f_{Violou_T} + f_{\psi_b} \quad (4)$$

- Inicialização:
 - ① Aleatória, Curva Curta, Aceleração Curta e Gulosa
- Crossover:
 - ① Média, Aritmético, Geométrico, OX e BLX- α
- Mutação:
 - ① Uniforme, Limite e Creep

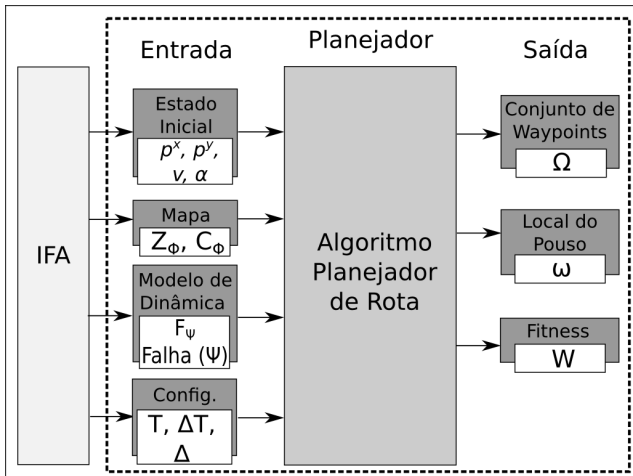


Figura 10: Arquitetura do planejador proposto.

Resultados

Experimentos: Configurações Usadas

Modelo	Parâmetro	Valor
Mapa	Dimensões X [m]	1000
	Dimensões Y [m]	1000
VANT	Posição inicial (p_0^x, p_0^y) [m]	(0; 0)
	Velocidade inicial (v_0) [m/s]	24
	Ângulo inicial (α_0) [°]	90
	Velocidade ($v_{min}; v_{max}$) [m/s]	[11, 1; 30, 5]
	Velocidade angular ($\varepsilon_{min}; \varepsilon_{max}$) [°/s]	[-3; 3]
	Aceleração ($a_{min}; a_{max}$) [m/s ²]	[0, 0; 2, 0]
	Tempo máximo para queda (T) [s]	60
	Discretização do tempo (ΔT) [s]	1
	Probabilidade de violar a região ϕ_n (Δ)	0,001
Pesos das Regiões	C_{ϕ_b}	2000
	C_{ϕ_p}	8000
	C_{ϕ_n}	100000
	C_{ϕ_r}	0

Resultados

Experimentos: Exemplos de Situações Críticas

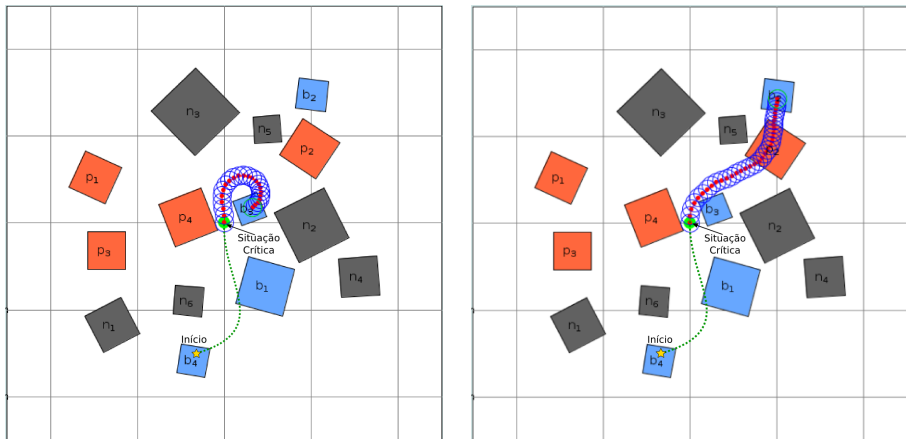


Figura 11: Exemplo de rotas para as situações críticas: a) ψ_m (79.17%). b) ψ_b (97.83%).

Resultados

Experimentos: Exemplos de Situações Críticas

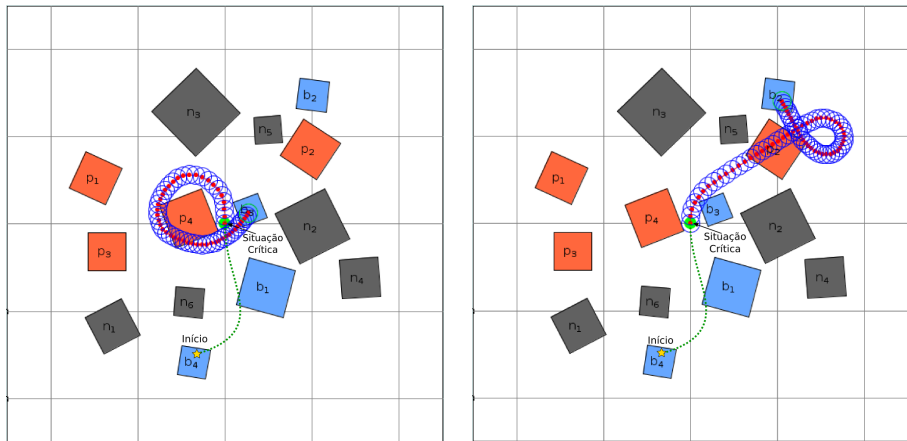


Figura 12: Exemplo de rotas para as situações críticas: a) ψ_{s1} (84.00%). b) ψ_{s2} (88.33%).

Resultados

Rotas Geradas pelo AGMP - 100 últimas rotas

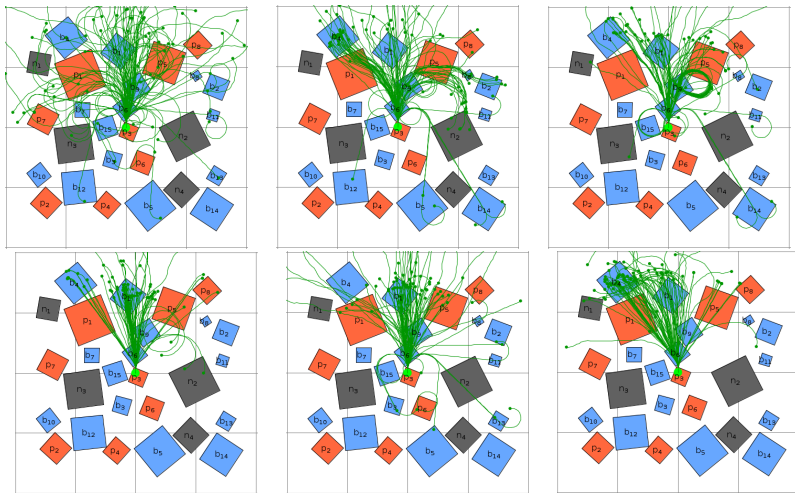
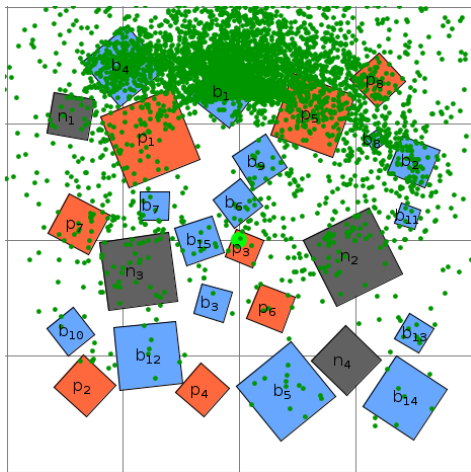


Figura 13: a) 100. b) 600. c) 1200. d) 2500. e) 5000. f) 10000.

Resultados

Pontos de Pouso pelo AGMP



Local de Pouso	Quantidade	Porcentagem
Pouso Φ^b	5485	54,9%
Pouso Φ^r	4016	40,1%
Pouso Φ^p	401	4,0%
Pouso Φ^n	98	1,0%

Figura 14: Conjunto de todos os locais de pouso obtido pelo AGMP em 10.000 avaliações efetuadas.

Próximas Etapas

Pouso 3D e Simulação

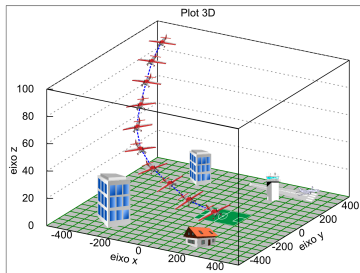






Figura 15: a) Modelagem 3D. b) Simulador de voo FlightGear.

Desafio

- Construir um Algoritmo Genético para encontrar:
 - maximizar: $f(x) = x \cdot \sin(10\pi x) + 1$ com $x \in [-1, 2]$.
 - Resposta: $f^* = 2.85027$ com $x = 1.85055$
 - maximizar: $f(x, y) = x \cdot \sin(4\pi x) - y \cdot \sin(4\pi y + \pi) + 1$ com $x, y \in [-1, 2]$
 - Resposta: $f^* = 4.253898$ com $(x, y) = (1.62888, 1.62888)$
- Fazer uma variante do AG sem mutação.
- Fazer uma variante do AG com mais de dois pais.
- Fazer a modelagem utilizando representação binária e real.

Considerações Finais

- Algoritmos genéticos podem ser aplicados em uma gama de aplicações.
- Este trabalho apresentou o problema de pouso de VANTs em caso de situação crítica;
- Um algoritmo planejador de rotas baseado em AG foi desenvolvido;
- Resultados promissores foram encontrados pelo AG e AGMP.

-  BLACKMORE, L.; ONO, M.; WILLIAMS, B. C. Chance-Constrained Optimal Path Planning With Obstacles, **IEEE Press**, v. 27, p. 1080-1094, 2011. ISBN 1552-3098.
-  LI, H. X. **Kongming: A Generative Planner for Hybrid Systems with Temporally Extended Goals**. 2010, PhD thesis - Massachusetts Institute of Technology, 2010. 237 p.
-  MEULEAU, N.; NEUKOM, C.; PLAUNT, C.; SMITH, D. E.; SMITH, T. The Emergency Landing Planner Experiment, **21st International Conference on Automated Planning and Scheduling**, 2011.
-  ONO, M.; WILLIAMS, B. C.; BLACKMORE, L. Probabilistic Planning for Continuous Dynamic Systems under Bounded Risk, **Journal of Artificial Intelligence Research**, v. 46, p. 511-577, 2013.

Obrigado a Todos!!!
Perguntas?

[Contato: jesimar.arantes@gmail.com]

