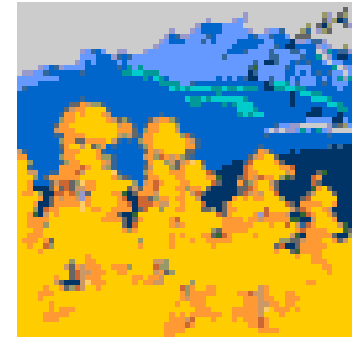


# Inteligência Coletiva

---



**Prof. Eduardo R. Hruschka**

(Slides adaptados dos originais elaborados pelo  
Prof. André C. P. L. F. de Carvalho)



# Principais tópicos

---

- Inteligência Coletiva (CI)
- Otimização por enxames de partículas (PSO)
- Otimização por colônias de formigas (ACO)
- Aplicações



# Introdução

---

- Inteligência Coletiva
  - Inteligência de Enxames - *Swarm Intelligence*
    - Swarm = enxame (geralmente de abelhas)
    - Coletiva inclui bandos, matilhas, manadas, etc.
  - Estuda o comportamento coletivo e descentralizado de sistemas
    - População de agentes simples que interagem localmente:
      - um com o outro
      - com seu ambiente



# Introdução

---

- Cada agente aparentemente está preocupado com seu próprio papel
- Organização dos agentes não necessita de supervisão (sistema *auto-organizável*)
- Interações locais entre agentes frequentemente originam um padrão global



# Introdução

---

- Exemplos destes sistemas:
  - Colônias de formigas
  - Bandos de pássaros
  - Rebanhos de animais
  - Enxames de abelhas
  - Cardumes de peixes
  - Colônias de bactérias

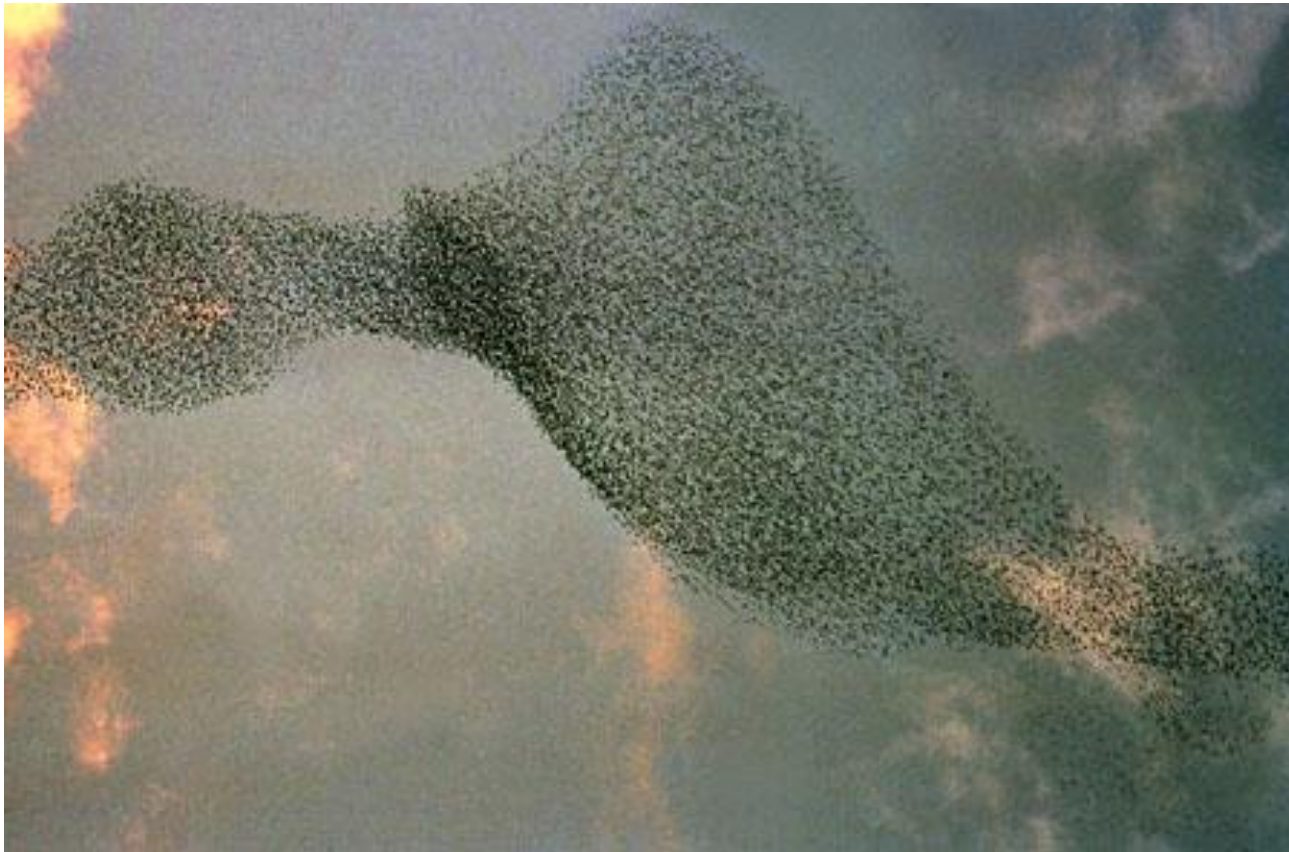
# Formigas





# Bando de Pássaros

---





# Cardume de Peixes

---







# Introdução

---

- Interações podem ser muito simples
  - Formiga seguindo trilha de outra formiga
- Combinação de várias interações pode levar a comportamentos sofisticados
  - Encontrar o menor dentre vários caminhos do formigueiro até uma fonte de alimentos



# Introdução

---

- Interações simples inspiram soluções computacionais
  - Algoritmos p/ escolher melhor trajetória de robôs
  - Algoritmos p/ definição de redes de telecomunicações e de distribuição de energia



# Introdução

---

- Outras inspirações
  - Forma como os insetos agrupam seus mortos e ordenam suas larvas
    - Agrupamento
    - Ordenação
  - Divisão de trabalho entre abelhas pode ajudar a definir linhas de montagens



# Introdução

---

- Nos concentraremos em algoritmos baseados em colônias
  - PSO (*Particle Swarm Optimization*)
  - ACO (*Ant Colony Optimization*)



# Bandos de Pássaros

---

- A Lição dos Gansos
  - Estudo dos motivos que levam os gansos a voarem em forma de “V” levaram a 5 descobertas



# Bandos de Pássaros

---

- Descoberta 1
  - Na medida em que cada pássaro bate suas asas, ele cria sustentação para a ave seguinte
  - Voando em formação "V", o grupo consegue voar pelo menos 71% a mais do que se cada pássaro voasse isoladamente



# Bandos de Pássaros

---

- Descoberta 2

- Sempre que um ganso sai fora da formação "V", ele sente uma forte resistência ao tentar voar sozinho
  - Volta rapidamente à formação anterior





# Bandos de Pássaros

---

- Descoberta 3
  - Quando o ganso líder se cansa, ele vai para o fundo do "V"
    - Enquanto um outro ganso líder assume a ponta



# Bandos de Pássaros

---

- Descoberta 4
  - Os gansos de trás grasnam para encorajar os da frente e manter o ritmo e a velocidade



# Bandos de Pássaros

---

- Descoberta 5

- Quando um ganso adoece ou se fere e deixa o grupo, dois outros gansos saem da formação e acompanham o ganso doente até que a dificuldade seja superada
- Mais tarde, os três juntos reiniciam a jornada ou se unem a uma outra formação, até reencontrarem seu grupo



# PSO

---

- Proposta em 1995 por:
  - James Kennedy: psicólogo social
  - Russ Eberhart: engenheiro elétrico
- Surgiu a partir de experimentos que modelavam o comportamento de enxames
  - Visto em espécies de pássaros e de peixes
- Estudar comportamento sócio-cognitivo de animais



# PSO

---

- Princípio Básico
  - Comportamento é governado por regras semelhantes em todas as sociedades
  - Compartilhamento de informação entre os indivíduos pode oferecer alguma vantagem
- Técnica de minimização global
  - Técnica estocástica populacional de otimização baseada em população de indivíduos (partículas)
    - Cada indivíduo representa uma possível solução
  - Procura resolver problemas utilizando o conceito de interação social



# PSO

---

- De acordo com Wilson (biólogo):
  - *“... membros individuais de um cardume podem se beneficiar das descobertas e experiências anteriores de outros membros na busca por alimentos”*
  - *Essa vantagem pode se tornar decisiva, compensando as desvantagens da competição por alimentos”*
- Compartilhamento de informação gera vantagem evolutiva
  - Hipótese fundamental para o desenvolvimento de PSO



# PSO

---

- Peixes e pássaros ajustam seu movimento físico para:
  - Evitar predadores
  - Procurar por alimento e companheiro(a)
  - Otimizar parâmetros ambientais
    - Temperatura





# PSO

---

- Baseado em modelos desenvolvidos pelo biólogo Frank Heppner
  - Exibe os mesmos comportamentos para bandos de pássaros de outros modelos
  - Apresenta uma característica adicional:
    - Os pássaros são atraídos para uma área de abrigo (poleiro)



# PSO

---

- Encontrar abrigo é análogo a encontrar uma solução no universo de possíveis soluções para um problema de otimização
- Maneira como o pássaro que encontrou o abrigo lidera seus vizinhos em direção a ele, aumentando a chance desses também encontrarem o abrigo
  - Encontra eco na definição sócio-cognitiva



# PSO

---

- Partículas podem voar sobre o espaço de soluções e pousar na melhor solução
  - Como evitar que as partículas pousem em qualquer solução ou apenas na melhor?
    - Indivíduos aprendem com o sucesso de seus vizinhos.
    - Como implementar este princípio em um algoritmo?



# Partículas

---

- Não têm inteligência
- Se movem num espaço n-dimensional
- Coordenadas → função de aptidão
  - Mede aptidão da partícula - relacionada ao problema investigado (função objetivo)

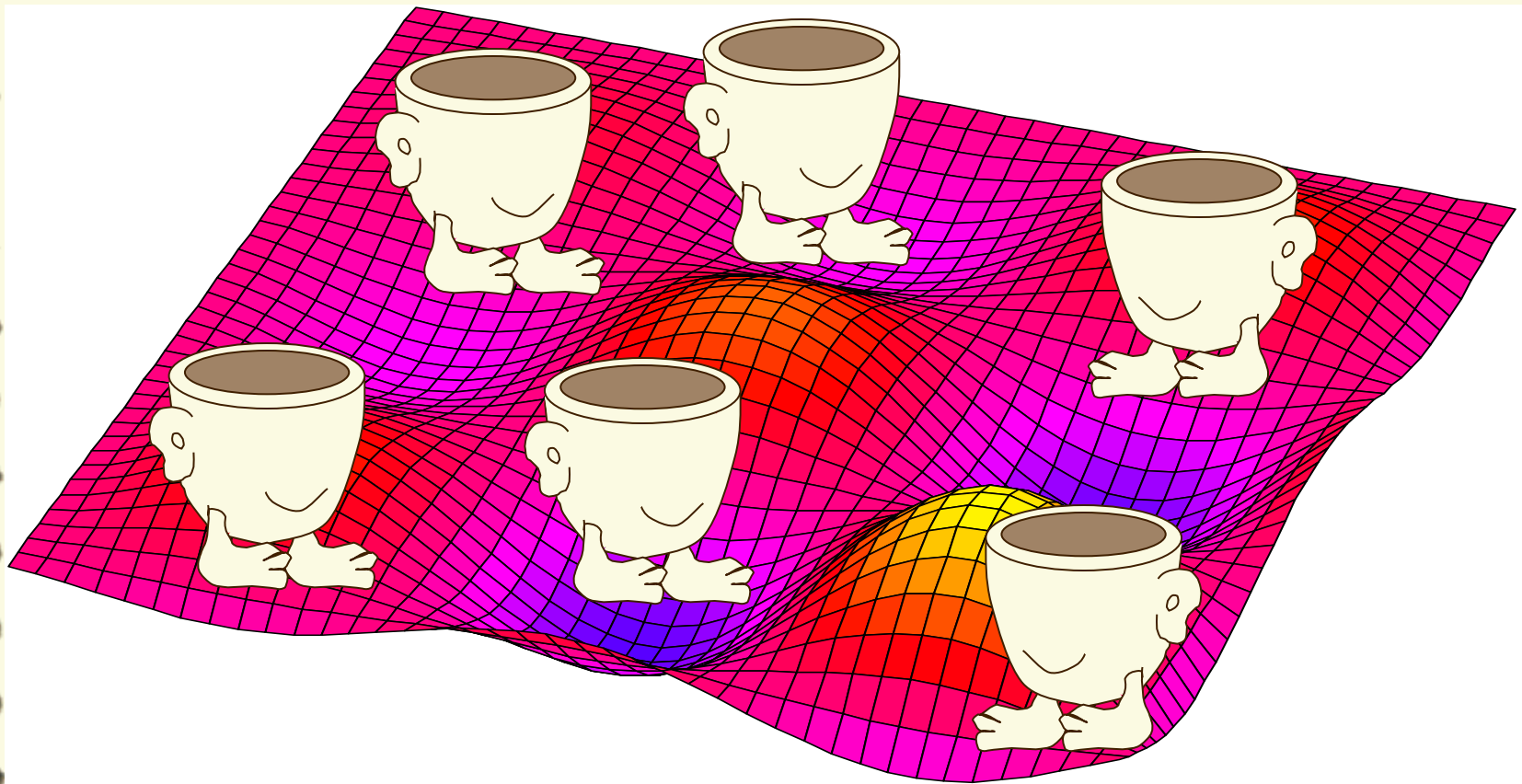


# Partículas

---

- Cada partícula guarda:
    - Suas coordenadas atuais
    - Sua velocidade atual
    - Melhor valor de aptidão obtido
    - Coordenadas do seu melhor valor de aptidão
- A cada iteração, cada partícula tem seus parâmetros atualizados

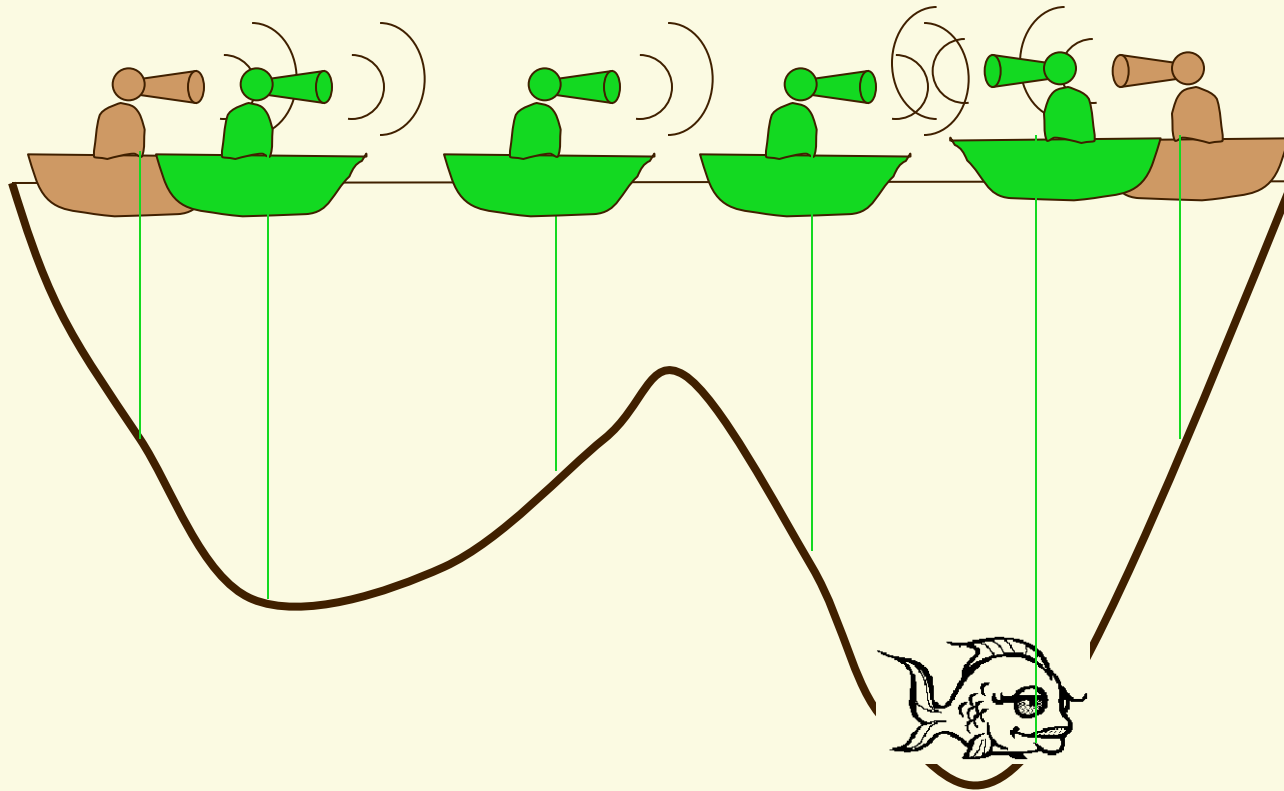
# Espaço de busca e agentes:



Particle Swarm optimisation

*By Maurice Clerc, Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*

# Exemplo de cooperação

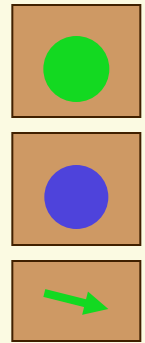
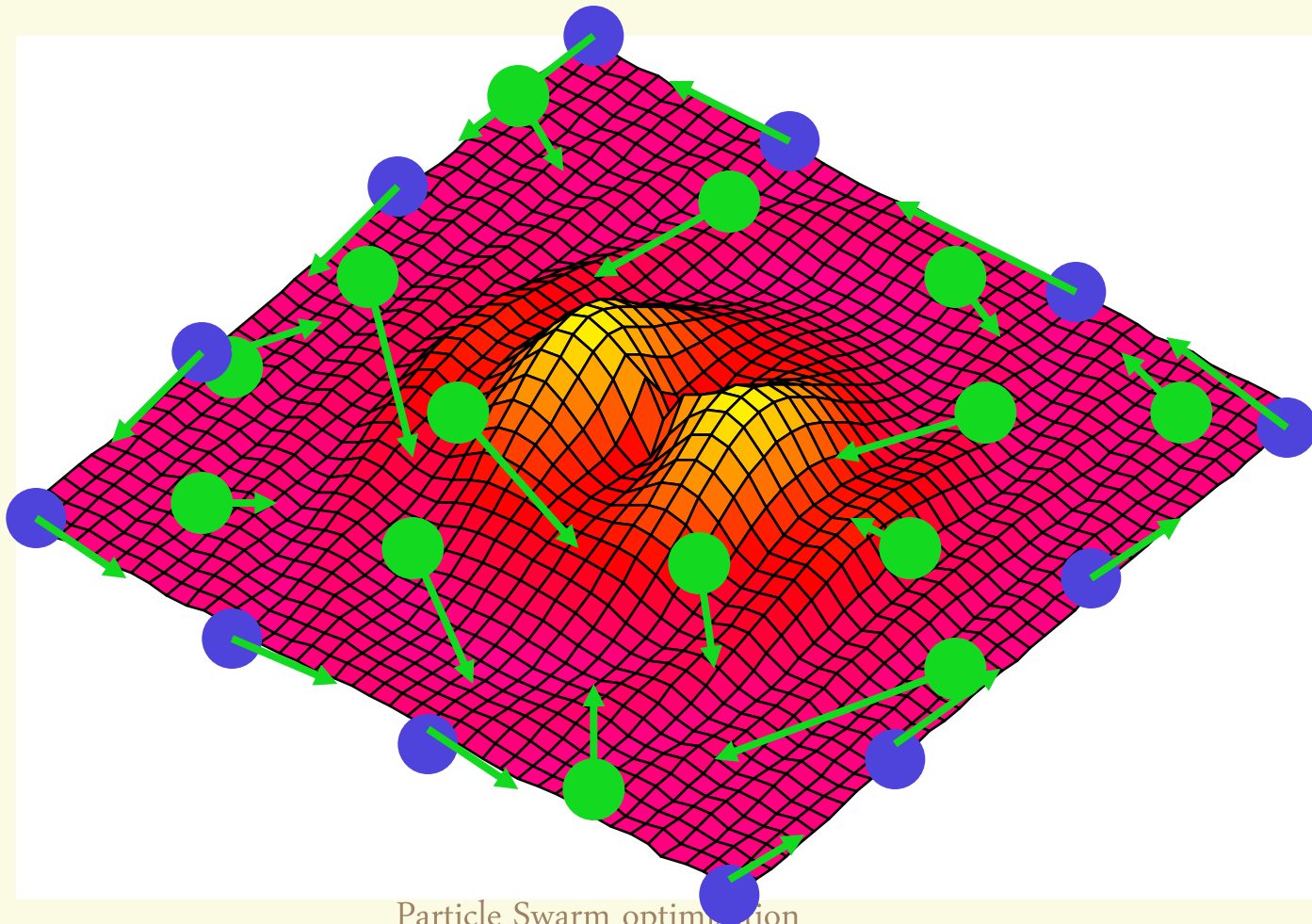


Particle Swarm optimisation

*By Maurice Clerc, Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*



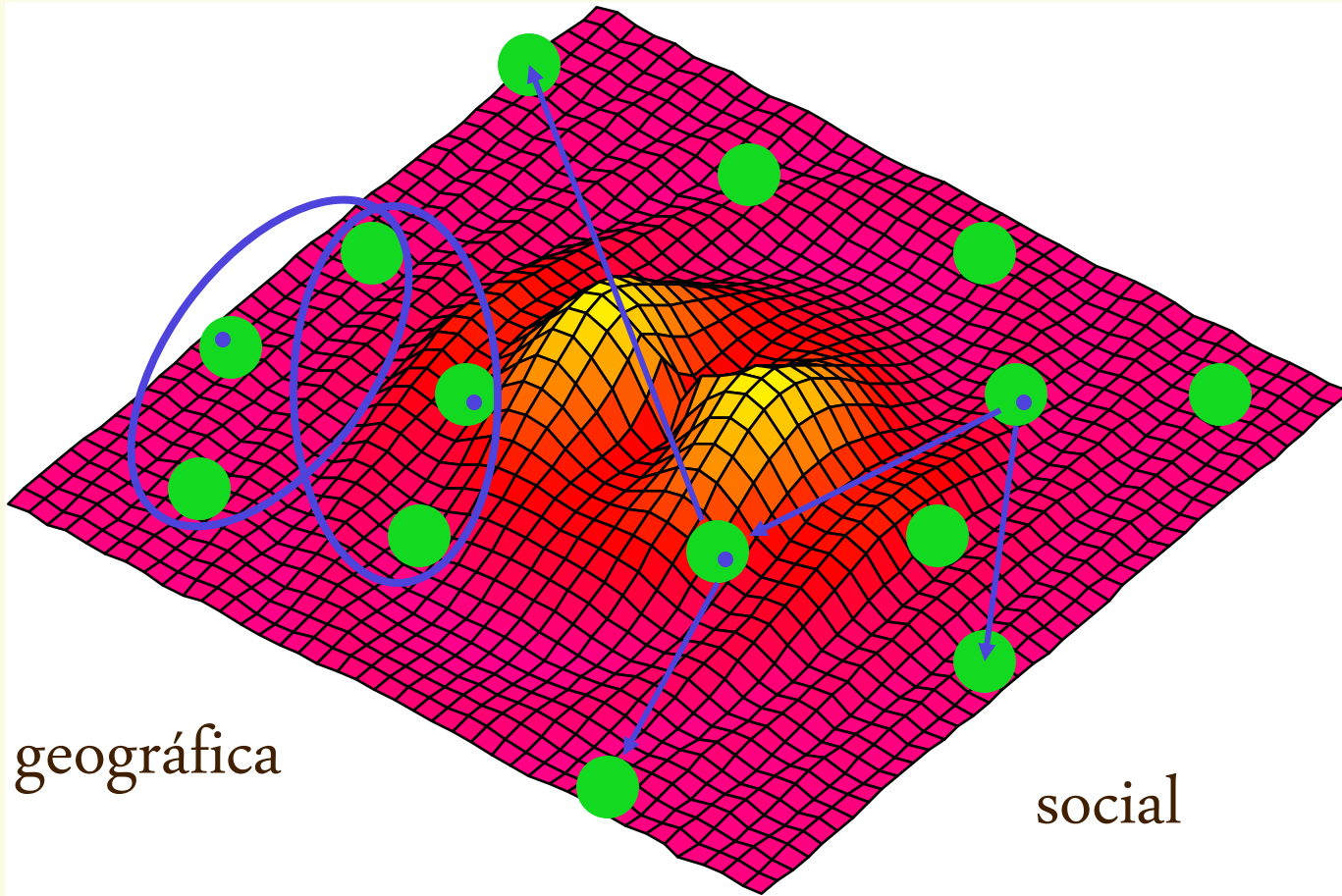
# Inicialização: posições e velocidades



Particle Swarm optimisation

*By Maurice Clerc, Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*

# Vizinhança



Particle Swarm optimisation

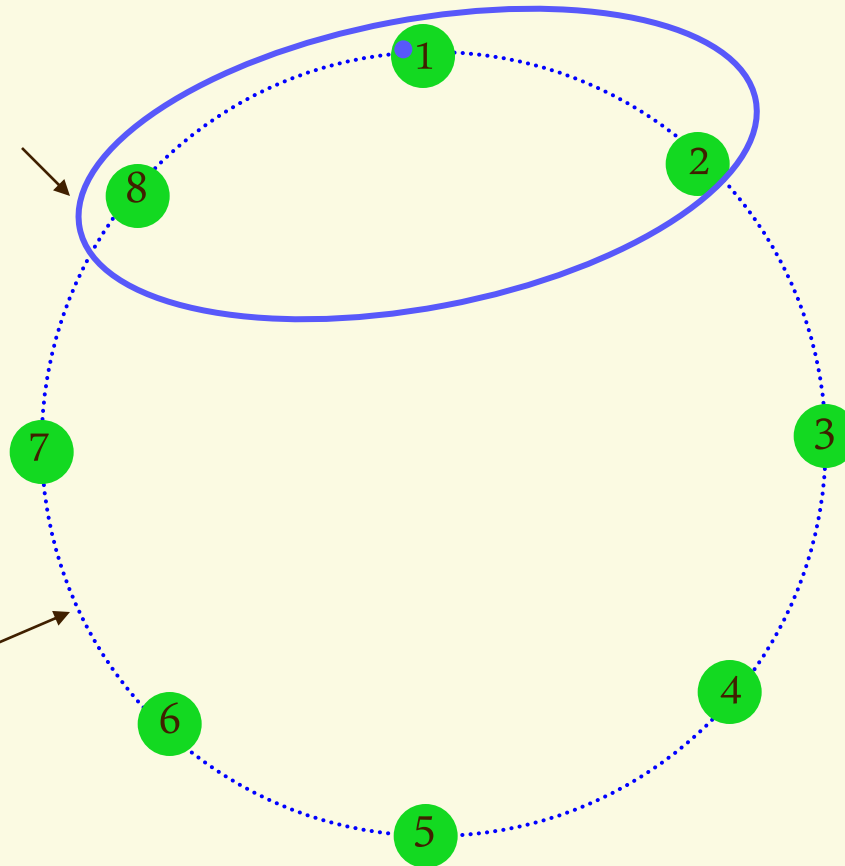
*By Maurice Clerc, Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*

# Vizinhança circular



Vizinhança da  
Partícula 1

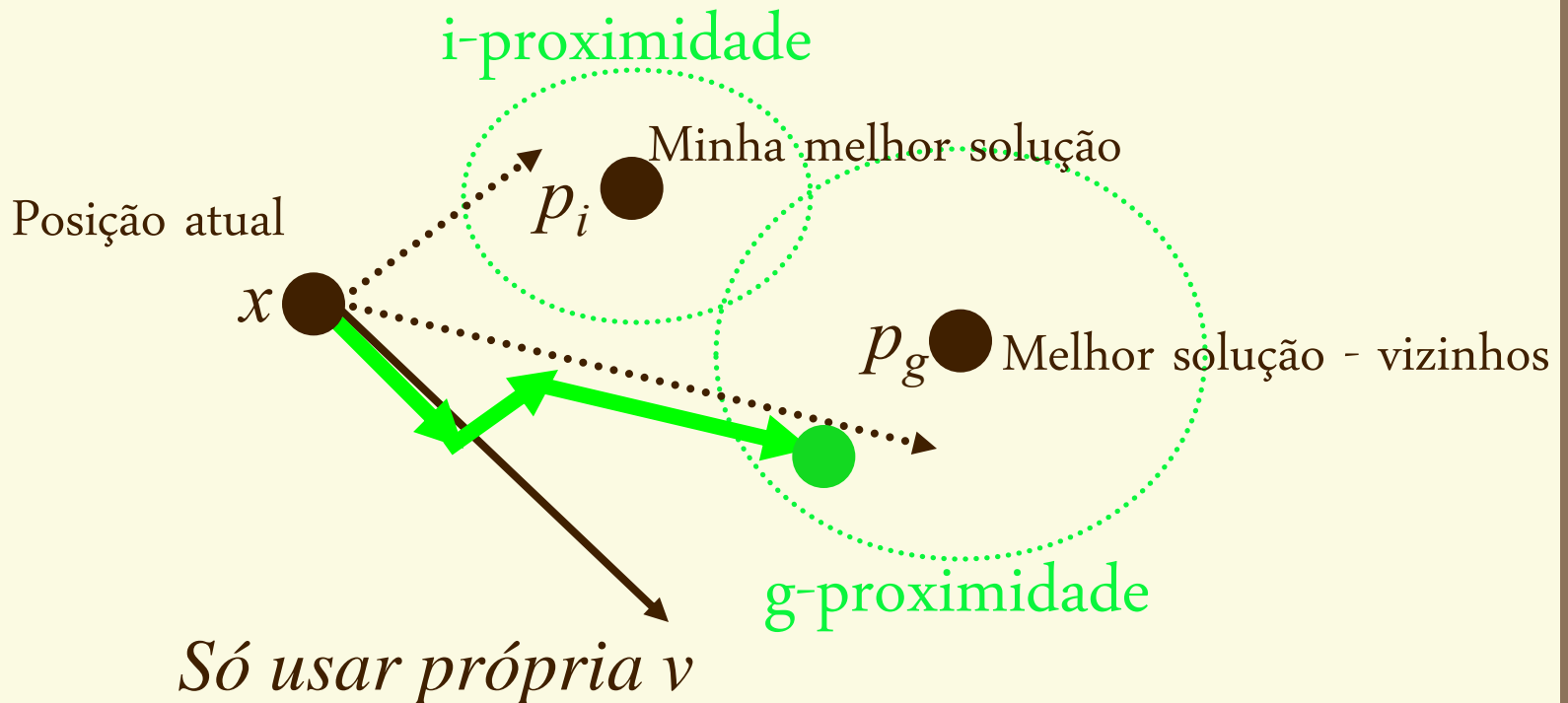
Círculo Virtual



Particle Swarm optimisation

*By Maurice Clerc, Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*

# Compromisso Psicosocial



Particle Swarm optimisation

By Maurice Clerc, *Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*

# Algoritmo Básico



Inicializar partículas

Para cada passo de tempo  $t$

Para cada partícula

Para cada componente  $d$

Aleatoriedade

Atualizar a velocidade

$$\left\{ \begin{array}{l} v_d(t+1) = \alpha v_d(t) \\ + \text{rand}(0, \varphi_1)(p_{i,d} - x_d(t)) \\ + \text{rand}(0, \varphi_2)(p_{g,d} - x_d(t)) \end{array} \right.$$

Então mover  $x(t+1) = x(t) + v(t+1)$

Particle Swarm optimisation

By Maurice Clerc, *Particle Swarm optimisation: A mini tutorial.*



# Observações

---

- Balanço entre *exploration* e *exploitation*
  - *Exploration* (exploração):
    - Realizar a busca visitando pontos desconhecidos
  - *Exploitation* (usufruir):
    - Extrair o máximo de informação das soluções encontradas e usá-las para obter as próximas soluções



# PSO X AGs

---

- Similaridades
  - Metaheurísticas baseadas em populações
  - Inicializadas com populações aleatórias
  - Utilizam função de aptidão
  - Buscam por ótimo global em várias iterações
  - Critério de parada





# PSO X AGs

---

- Principais diferenças
  - AGs utilizam operadores genéticos
  - Partículas em PSO caminham no espaço de busca
  - Busca:
    - AG: cromossomos compartilham informações, mas competem entre si pra sobreviver;
    - PSO: apenas melhor indivíduo (da vizinhança) transmite informações, mas partículas colaboram entre si.



# Discussão

---

- Algoritmo muito simples
  - Poucas linhas de código
  - Utiliza operadores matemáticos simples
  - Bons resultados em várias aplicações
    - Otimização de parâmetros de Redes Neurais
    - Otimização contínua multimodal
    - Etc.