



Computação Natural

UNIDADE 05

Introdução ao algoritmo da colônia de abelhas artificial, um algoritmo bioinspirado em abelhas

Nesta etapa do curso, vamos explorar a intrigante área dos **algoritmos de enxame**, situada no âmbito da computação social. Esses algoritmos são baseados em sistemas de enxame, que são conjuntos de indivíduos interagindo entre si, conforme destacado por Castro (2006). Vamos nos concentrar especificamente em algoritmos de enxame inspirados em insetos, uma área de pesquisa que tem revelado aplicações inovadoras e eficientes.

Iniciaremos com o **algoritmo da colônia de abelhas artificial** (*Artificial Bee Colony – ABC*), desenvolvido por Karaboga (2005). Esse algoritmo é um método de busca estocástica baseado em inteligência de enxame, que replica o comportamento das abelhas na busca por alimento, conforme discutido por Tawhid, Teotia e Elmiligi (2021).

O ABC é caracterizado por três componentes fundamentais: as fontes de alimento, as abelhas forrageadoras empregadas (que têm fontes de alimento designadas) e as abelhas forrageadoras desempregadas (que buscam novas fontes de alimento). Esse sistema simula de maneira eficaz como as abelhas exploram seu ambiente e maximizam a eficiência na coleta de néctar.

O modelo do ABC define dois comportamentos principais das abelhas: o recrutamento para uma fonte de néctar já descoberta e o abandono de uma fonte quando ela se torna menos produtiva. Esse processo é uma analogia fascinante para a otimização de problemas complexos, na qual a busca e a exploração de soluções são cruciais. A abordagem do ABC é particularmente útil em cenários em que a exploração eficiente do espaço de solução e a adaptação a mudanças ambientais são essenciais. Ao longo desta semana, exploraremos em profundidade como esse algoritmo funciona e como ele pode ser aplicado para resolver desafios de otimização em diversas áreas.

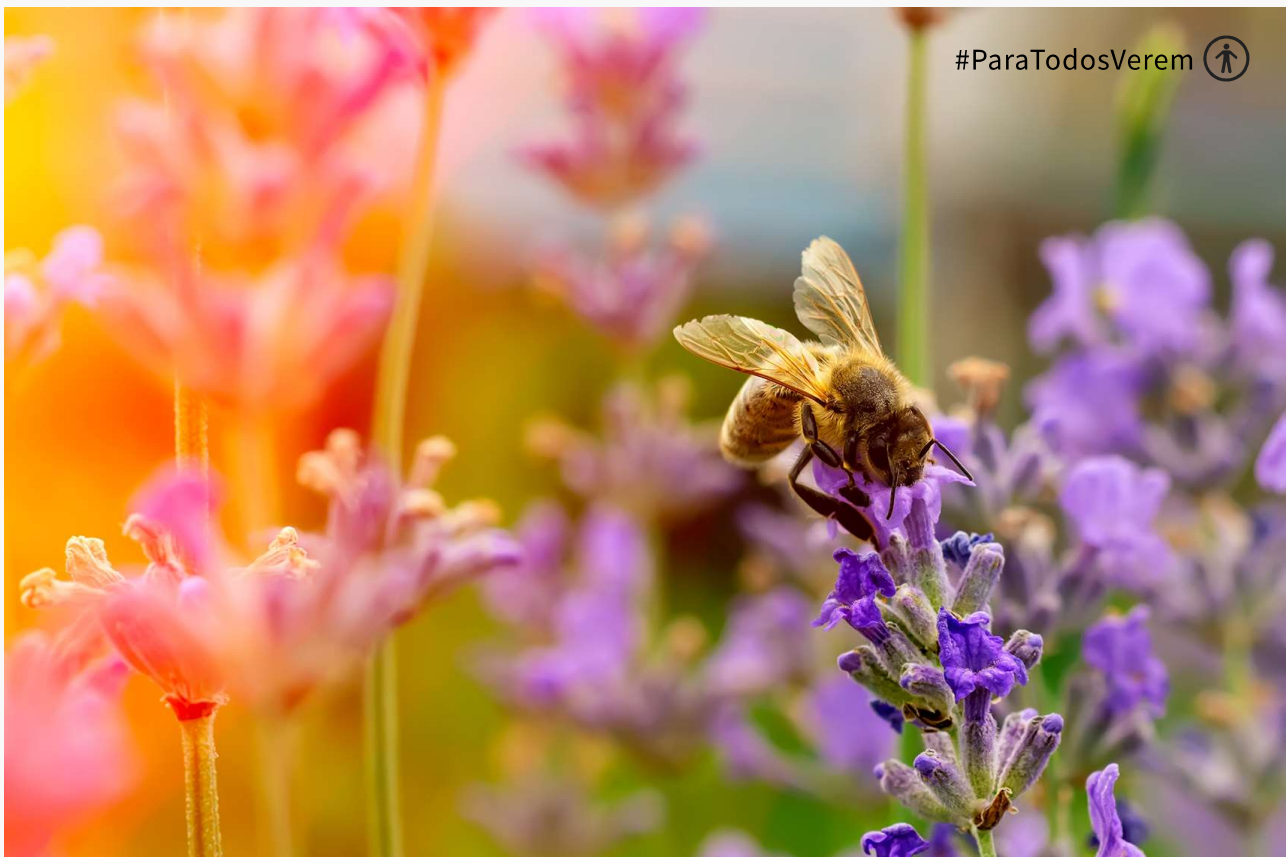


Figura 1. Abelha buscando alimento. Fonte: ©kosolovskyy/Adobe Stock.

Dando continuidade ao nosso estudo sobre o ABC, desenvolvido por Karaboga (2005), vamos nos aprofundar nos conceitos principais que fundamentam esse método. Tais conceitos refletem o comportamento das abelhas na natureza e são cruciais para entender como o algoritmo funciona.

Fontes de alimento: no contexto do ABC, uma fonte de alimento representa uma solução potencial para o problema de otimização. O valor dessa fonte, que seria equivalente ao néctar no mundo real, depende de vários fatores, como sua proximidade em relação a colmeia(ou ponto de partida), a riqueza ou concentração de energia (que pode ser comparada à qualidade da solução) e a facilidade com que essa energia (solução) pode ser extraída.

Abelhas forrageadoras empregadas: essas abelhas já estão associadas a uma fonte de alimento específica e a exploram ativamente. Elas possuem informações detalhadas sobre essa fonte, incluindo sua localização e lucratividade. As informações são compartilhadas com outras abelhas na colmeia, com uma certa probabilidade, o que simula o processo de dança das abelhas, usado para comunicar a localização e a qualidade das fontes de alimento.

Abelhas forrageadoras desempregadas: existem dois tipos de abelhas desempregadas: as batedoras e as espectadoras. As batedoras são responsáveis por procurar novas fontes de alimento nas proximidades da colmeia. Já as abelhas espectadoras permanecem na colmeia, avaliando as informações trazidas pelas abelhas empregadas e decidindo qual fonte de alimento explorar a seguir, baseando-se na qualidade das informações recebidas.

Um dos aspectos mais fascinantes das abelhas, que é meticulosamente incorporado no ABC desenvolvido por Karaboga é a sua capacidade de trocar informações. No mundo das abelhas, a comunicação sobre a qualidade das fontes de alimento acontece principalmente na área de dança da colmeia, por meio de um comportamento conhecido como *waggle dance* ou dança das abelhas.

Nessa dança, as abelhas forrageiras empregadas transmitem informações valiosas sobre a localização e a qualidade das fontes de alimento. As abelhas espectadoras observam essas danças e, com base nas informações recebidas, decidem qual fonte de alimento visitar. Devido ao acesso a uma ampla gama de informações na área de dança, as abelhas espectadoras têm uma alta probabilidade de escolher as fontes de alimento mais rentáveis.

O ABC simula esse comportamento das abelhas reais, incorporando os três tipos de abelhas: **empregadas, batedoras e espectadoras**. A colônia é dividida em duas partes iguais: a primeira metade composta por abelhas empregadas, cada uma associada a uma fonte de alimento específica, e a segunda metade inclui as abelhas espectadoras. Importante destacar que o número de abelhas empregadas é igual ao número de fontes

de alimento disponíveis. Quando uma fonte de alimento se esgota e a abelha empregada não tem mais para onde voltar, ela se transforma em uma abelha batedora, buscando novas fontes de alimento.

O ABC, conforme descrito por Karaboga, pode ser resumido em uma série de passos iterativos que simulam o comportamento das abelhas na natureza. Aqui está um resumo simplificado desse processo:

Início:

As **abelhas batedoras** são inicialmente enviadas para explorar as fontes de alimento disponíveis.

Laço de repetição:

1. As **abelhas empregadas** visitam suas fontes de alimento designadas e coletam o néctar, avaliando a quantidade disponível.
2. É calculada a probabilidade de preferência das fontes de alimento pelas **abelhas espectadoras**, baseada na qualidade do néctar.
3. As **abelhas espectadoras**, após avaliar as informações, escolhem e visitam as fontes de alimento.
4. O processo de exploração é finalizado para as fontes de alimento que se esgotaram.
5. As **abelhas batedoras** são, então, enviadas para buscar aleatoriamente novas fontes de alimento.
6. O algoritmo memoriza a melhor fonte de alimento encontrada até o momento.

Esse processo é repetido continuamente até que os critérios de terminação do algoritmo sejam atingidos.

De forma geral, cada ciclo é composto por três passos básicos: (i) mover as abelhas empregadas e espectadoras para as fontes de alimento; (ii) calcular a quantidade de néctar; (iii) selecionar as abelhas batedoras e direcioná-las para possíveis fontes de alimentos. A posição de uma fonte de alimento representa **uma possível solução para o problema**, e a quantidade de néctar de uma fonte indica a **qualidade da solução**. Se uma solução não melhorar por um número predeterminado de iterações, essa fonte de alimento será abandonada pela abelha empregada, que será convertida em abelha batedora. Abelhas espectadoras e empregadas são responsáveis pelo processo de exaurimento, enquanto as abelhas batedoras são responsáveis pelo processo de exploração (KARABOGA, 2005).

Resumo do ciclo: as **abelhas empregadas** saem em busca de alimento e coletam o néctar de fontes de alimento próximas à área de descoberta. Voltando para a colmeia, elas executam uma dança que fornece informações sobre a fonte de alimento (localização e qualidade) para as **abelhas espectadoras**. Estas selecionam uma nova fonte de alimento a partir da informação passada pelas **abelhas empregadas**, que abandonam fontes de alimento cujo valor de *fitness* é baixo. Uma vez que as **abelhas espectadoras** escolhem uma nova fonte de alimento para explorar, elas se tornam **abelhas empregadas**. Abandonada a fonte de alimento de uma **abelha empregada**, ela se converte em abelha batidora e realiza uma busca aleatória por alimento no espaço de busca. Esse processo é repetido até que uma nova fonte de alimento seja encontrada (Tawhid, Teotia e Elmiligi, 2021).

Nesta semana, para aprofundar nosso entendimento e aplicar de maneira prática os conceitos aprendidos, apresentamos uma videoaula especial. Ela é dedicada à exploração do ABC, uma técnica avançada no campo da computação bioinspirada. Esta aula vai demonstrar como esse algoritmo pode ser eficientemente aplicado para resolver desafios complexos de otimização. Você terá a oportunidade de ver o algoritmo em ação e entender como ele pode ser adaptado para um problema de otimização.



IMPORTANTE IMPORTANTE

Olá, estudante, todos os códigos que vamos ver nas videoaulas estão disponíveis no github (<https://github.com/yohangumiel/Aulas-PUC-PR/tree/main/Computacao-Natural>). Para esta aula, utilize este [código](#).

| Conclusão da Unidade e Referências

Concluimos a quinta semana do curso, um período marcado pelo início de nossos estudos sobre algoritmos de enxame, com ênfase especial no algoritmo da colônia de abelhas artificial (ABC). Esse método inovador de busca, inspirado na inteligência

coletiva das abelhas e no seu processo de procura por alimentos. Exploramos os fundamentos estabelecidos por Karaboga (2005), focando elementos-chave como fontes de alimento e abelhas.

Um ponto alto da semana foi o estudo da comunicação entre as abelhas, especialmente a *waggle dance*, ou dança das abelhas, e como as espectadoras utilizam as informações compartilhadas para avaliar a rentabilidade das fontes de alimento. No vídeo semanal, não só visualizamos os conceitos teóricos, mas também aplicamos o ABC na prática, desenvolvendo um código para resolver um problema específico de otimização, consolidando assim o aprendizado obtido.

CASTRO, L. N. **Fundamentals of natural computing**: basic concepts, algorithms, and applications. [S.l.]: CRC, 2006.

KARABOGA, D. **An idea based on honey bee swarm for numerical optimization**. Technical Report 6. [S.l.: s.n.], 2005.

TAWHID, A.; TEOTIA, T.; ELMILIGI, H. Machine learning for optimizing healthcare resources. *In*: KUMAR, P.; KUMAR, Y.; TAWHID, M. A. (Ed.). **Machine learning, big data, and IoT for medical informatics**. [S.l.]: Academic Press, 2021. p. 215-239.

