

Título em Português: A malha mais curta ligando cidades: algoritmos bio-inspirados

Título em Inglês: The shortest path linking cities: bio-inspired algorithms

Autor: Bruno Rafael Florentino

Instituição: Universidade de São Paulo

Unidade: Instituto de Física de São Carlos

Orientador: Jose Fernando Fontanari

Área de Pesquisa / SubÁrea: Física Geral

Agência Financiadora:

A malha mais curta ligando cidades: algoritmos bio-inspirados

Bruno Rafael Florentino

José F. Fontanari

Universidade de São Paulo

brunorf1204@usp.br

Objetivos

O problema da árvore mínima de Steiner pode ser enunciado de forma simplória como o encontrar o caminho mais curto que interliga um grupo finito de pontos. Nesse contexto, nos anos 2000 foi descoberto que o plasmódio do *Physarum polycephalum* consegue encontrar uma malha eficiente entre determinados pontos, e até mesmo solucionar labirintos. Vamos modelar computacionalmente o comportamento de forrageamento desse organismo.

Métodos e Procedimentos

Foram utilizados modelos de autômatos celulares onde espaço (plano) e tempo são discretos (Wolfram, 2002). O comportamento de uma célula é regido por regras que dependem de seu estado e dos estados das células vizinhas. Foi implementado um modelo para o comportamento de forrageamento do Physarum tal que a agregação possa se mover no sentido de explorar o plano, ou também transportar células para dentro das fontes de alimento, de forma a se concentrar nessas regiões o que diminui o número total de células (Gunji et al, 2011).

Resultados

Por consequência, quando a agregação inicialmente cobre todas as fontes de alimento as células diminuem até uma quantidade mínima que conecta todas as fontes, nesse estado o caminho resultante é a solução do problema da árvore mínima de Steiner. Ademais, quando esse mesmo modelo é testado em um labirinto ele também encontra o

caminho mínimo, nesse caso desviando das paredes do labirinto. Na figura vemos a distribuição inicial e final do Physarum que é representado em amarelo, as fontes de alimentação em preto e o labirinto em verde.

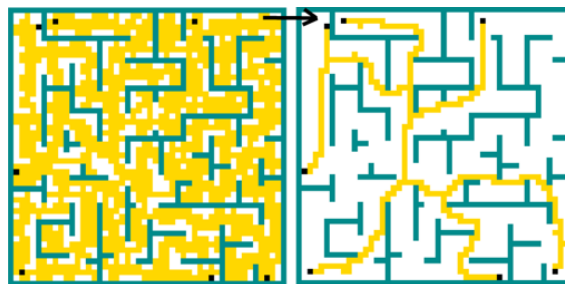


Figura 1: O Physarum conecta fontes de alimento.

Conclusões

Em ambos os casos considerados (comida dentro e fora do labirinto) o caminho resultante encontrado pelo Physarum é a aproximação do problema da árvore mínima de Steiner: o autômato celular diminui o número de células até alcançar um conjunto mínimo de forma análoga ao organismo no qual o algoritmo é inspirado.

Referências Bibliográficas

Gunji, Y-P.; Shirakawa, T.; Niizato, T.; Yamachiyo, M.; Tani, I. An adaptive and robust biological network based on the vacant-particle transportation model. **Journal of Theoretical Biology**, v. 272, p. 187-200, 2011.
Wolfram, Stephen. **A New Kind of Science**. Champaign, IL: Wolfram Media, 2002.

The shortest path linking cities: bio-inspired algorithms

Bruno Rafael Florentino

José F. Fontanari

Universidade de São Paulo

brunorf1204@usp.br

Objectives

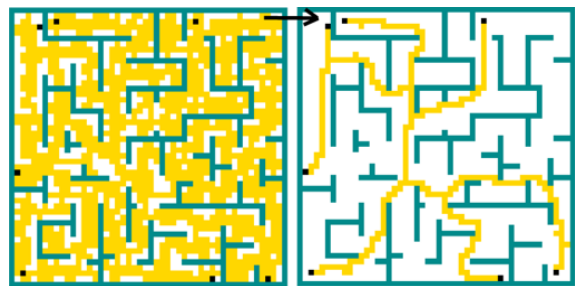
Steiner's minimal tree problem can be simply stated as finding the shortest path that connects a finite group of points. In this context, in the 2000s it was discovered that the plasmodium of the *Physarum polycephalum* can find an efficient mesh between points in a plane, and even solve mazes. Our aim is to computationally model the foraging behavior of this organism.

Materials and Methods

We use cellular automata models where space (plane) and time are discrete (Wolfram, 2002). A cell's behavior is governed by rules that depend on its state and the states of neighboring cells. A model for the foraging behavior of *Physarum* was implemented such that the organism could move so as to explore the plane, or also transport cells into the food sources, in order to concentrate in these regions, which decreases the total number of cells (Gunji et al, 2011).

Results

Consequently, when the organism initially covers all food sources the cells decrease to a minimal amount that connects all food sources: in this state the resulting path is the solution to the problem of the minimum Steiner tree. Furthermore, when this model is tested in a labyrinth, it also finds the minimum path, in this case, avoiding the walls of the labyrinth. In the figure we see the initial and final distribution of the *Physarum* which is shown in yellow, the food source in black and the maze walls in green.



Picture 1: *Physarum* links the food sources.

Conclusions

In both cases considered (food inside and outside the labyrinth) the resulting path found by the *Physarum* is the approximation of Steiner's minimal tree problem: the cellular automaton reduces the number of cells until it reaches a minimal set in a way similar to the organism in which the algorithm is inspired.

References

- Gunji, Y-P.; Shirakawa, T.; Niizato, T.; Yamachiyo, M.; Tani, I. An adaptive and robust biological network based on the vacant-particle transportation model. **Journal of Theoretical Biology**, v. 272, p. 187-200, 2011.
- Wolfram, Stephen. **A New Kind of Science**. Champaign, IL: Wolfram Media, 2002.