Vida artificial e autômatos celulares

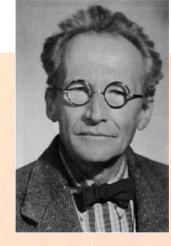


Definição de vida

O que é a vida para você?

Introdução: definição de vida

- Em 1943 Erwin Schroedinger (um dos pais da física quântica) apresentou umas palestras no Trinity College de Londres.
- Nessas palestras ele definiu a vida como:
 - · "uma delicada dança de energía, entropia e informação"
- Posteriormente escreveu o artigo "What is life" que serviu de inspiração a Watson e Crick para a descoberta da estrutura do DNA.



Introdução I:

- Reproduzir artificialmente a vida: Uma ideia milenar:
- Renascença: começou a visão dos seres vivos como mecanismos.
- Limitações tecnológicas impediram iniciativas para desenvolver a vida artificial.
- Atualmente a biologia molecular, a informática e a cibernética permitiram os científicos acreditar na possibilidade de entender ou até desenvolver vida.



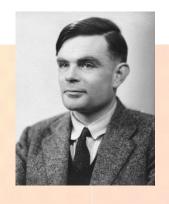
Introdução I:

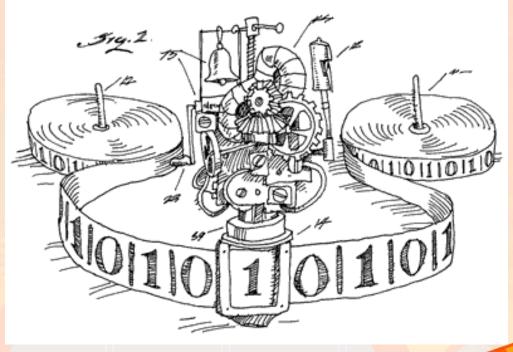
- Estes fatores cristalizaram no surgimento na década de 1980 de um grupo multidisciplinar para o estudo da "Vida Artificial"
- A disciplina "Vida Artificial" surgiu em 1987 no congresso idealizado por Chris Langton em Los Alamos (USA) e intitulado "Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems"
- As atas do congresso foi o primeiro documento tratando deste tema.



Máquina teórica de Turing

- Primeiro computador programado.
- A máquina leia,
 escrevia, e apagava
 símbolos de um
 conjunto finito numa fita
 sem fim.
- A máquina de Turing possuía "computabilidade universal"







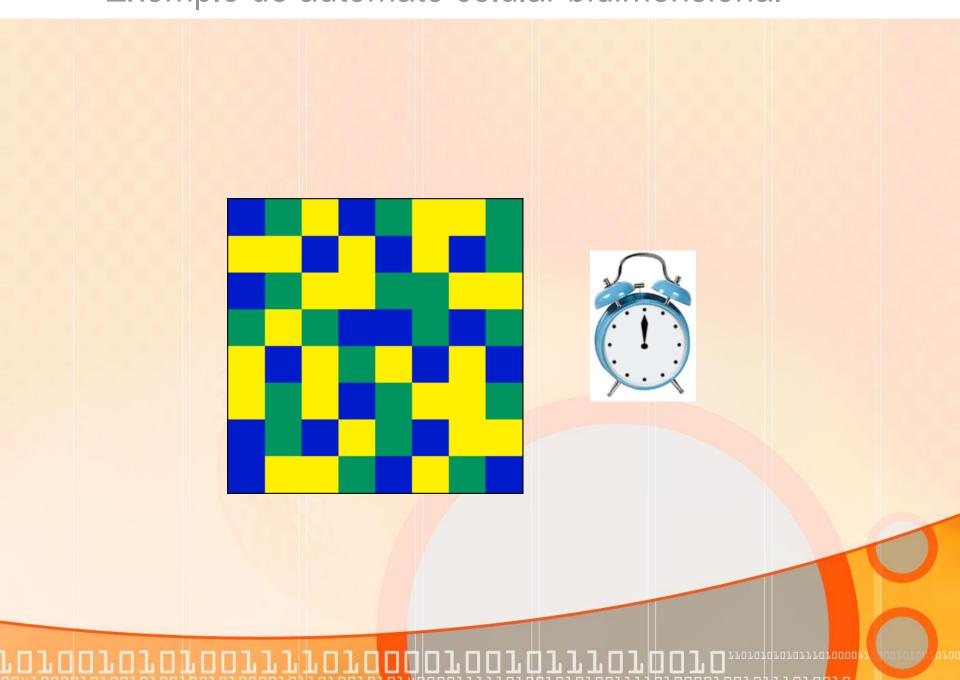
Exemplo de programa da máquina de Turing para contagem decimal

Instruction					
1		If machine reads:	Should write:	Then shift machine:	And go to instruction I _i
2 2 Rightwards I1 3 Rightwards I1 4 4 Rightwards I1 1 5 5 Rightwards I1 1 6 6 6 Rightwards I1 7 7 Rightwards I1 1 8 8 Rightwards I1 1 9 9 Rightwards I1 1 1 1 1 1 1 1 1	J1	Nothing	Nothing	Leftwards	l ₂
3 3 Rightwards I1		1	1	Rightwards	11
4		2	2	Rightwards	I ₁
5 5 Rightwards I1 6 6 Rightwards I1 7 7 Rightwards I1 8 8 Rightwards I1 9 9 Rightwards I1 0 0 Rightwards I1 12 Nothing 1 Rightwards I1 0 1 Rightwards I1 1 2 Rightwards I1 2 3 Rightwards I1 3 4 Rightwards I1 4 5 Rightwards I1		3	3	Rightwards	11
6		4	4		I 1
7 7 Rightwards I1 8 8 Rightwards I1 9 9 Rightwards I1 0 0 Rightwards I1 1 Rightwards Rightwards I1 1 Rightwards R		5	5	Rightwards	I 1
8 8 Rightwards I1 9 9 Rightwards I1 0 0 Rightwards I1 12 Nothing 1 Rightwards I1 0 1 Rightwards I1 1 2 Rightwards I1 2 3 Rightwards I1 3 4 Rightwards I1 4 5 Rightwards I1		6	6	Rightwards	I 1
9 9 Rightwards I1 0 0 Rightwards I1 I2 Nothing 1 Rightwards I1 0 1 Rightwards I1 1 2 Rightwards I1 2 3 Rightwards I1 3 4 Rightwards I1 4 5 Rightwards I1		7	7		I 1
0 0 Rightwards I1		8	8	Rightwards	I ₁
Nothing		9	9		I ₁
0 1 Rightwards I1 1 2 Rightwards I1 2 3 Rightwards I1 3 4 Rightwards I1 4 5 Rightwards I1		0	0	Rightwards	I 1
1 2 Rightwards I1 2 3 Rightwards I1 3 4 Rightwards I1 4 5 Rightwards I1		Nothing	1	Rightwards	I ₁
2 3 Rightwards I ₁ 3 Rightwards I ₁ 4 Rightwards I ₁ 4 5 Rightwards I ₁		0	1	Rightwards	I 1
3 4 Rightwards I ₁ 4 5 Rightwards I ₁		1		Rightwards	11
4 5 Rightwards I ₁		2	3	Rightwards	I ₁
		3	4	Rightwards	I ₁
5 Pightwards L		4	5		I ₁
		5	6	Rightwards	I ₁
6 7 Rightwards I ₁		6	7		I ₁
7 8 Rightwards 11		7	8	Rightwards	11
8 9 Rightwards I ₁		8	9		I 1
9 0 Leftwards 1 ₂		9	0	Leftwards	<i>I</i> ₂

Vida artificial e a máquina de Turing

- A vida como processo computacional.
- Se a máquina de Turing pode realizar qualquer computação (operação) e a vida também for um tipo de operação, a máquina de Turing permitiria a criação de vida num ambiente virtual ou computacional.
- No seguinte exemplo a fita de Turing está estruturada para produzir uma superfície bidimensional.

Exemplo de autômato celular bidimensional

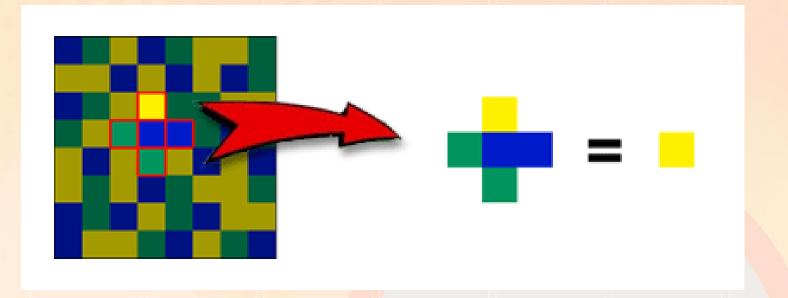


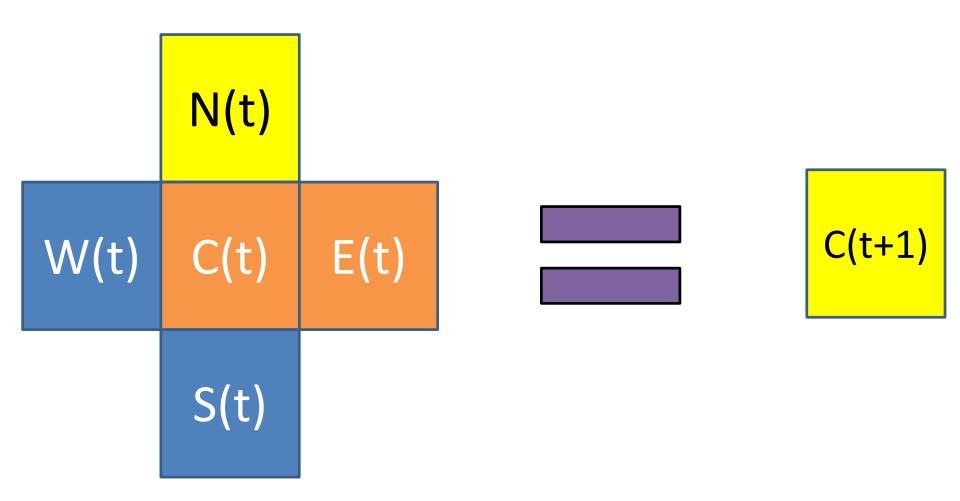
Exemplo de autômato celular bidimensional



No anterior exemplo cada célula tem:

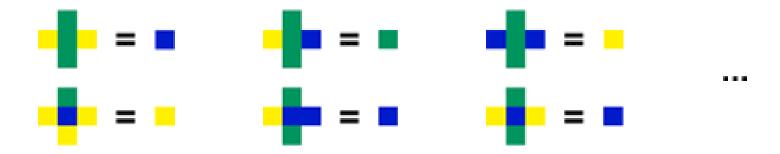
- 3 estados
- 5 vizinhos
- Uma regra de transição.



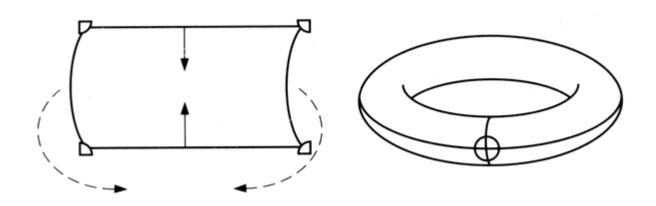


C(t+1)=f[N(t), E(t), S(t), W(t), C(t)]

 Representação de apenas 6 das 243 regras de transição (243 = 3⁵, em que se têm 3 estados e 5 vizinhos)



Alem do mais definem-se condições de contorno



Características de um autômato celular

- Estados: Número dos diferentes estados em que pode estar uma célula.
- Vizinhança: Como umas células são conectadas a outras células. A própria célula é incluída normalmente na própria vizinhança.
- Regra de transição: define como uma célula deve mudar em função do estado da vizinhança.

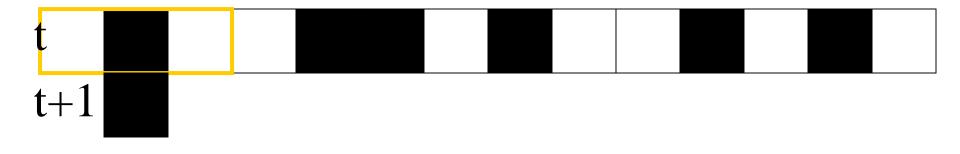


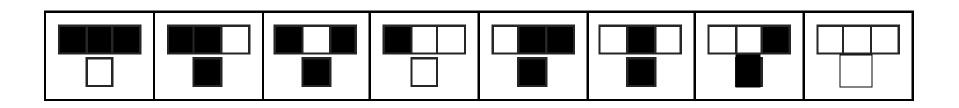
Definição de autômato celular

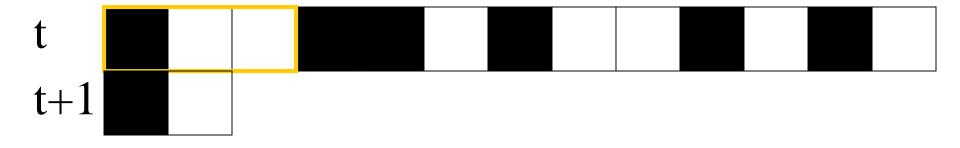
- Sistema dinâmico que evolui a partir de condições iniciais definidas.
- È discreto espacial y temporalmente.
- A regra de transição que governa como atualizar o sistema esta localizada espacialmente (depende da própria vizinhança)
- Estão definidas as condições de contorno.

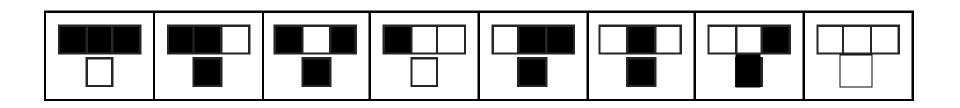
O autômato celular mais simples:

- · Unidimensional.
- Cada célula pode estar somente em dois estados (branco e preto).
- O estado de cada célula no tempo t+1 depende do próprio estado no tempo t e dos estado dos vizinhos da direita e esquerda no tempo t.

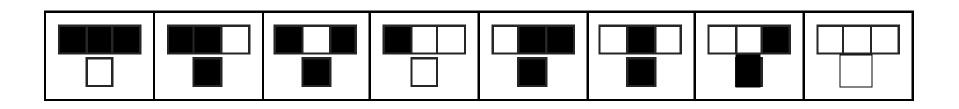


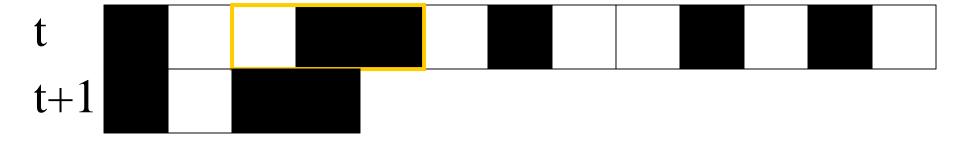


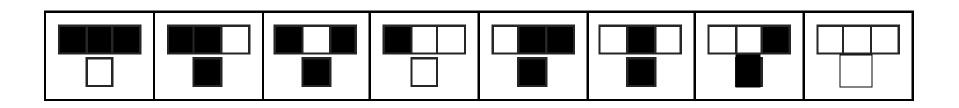


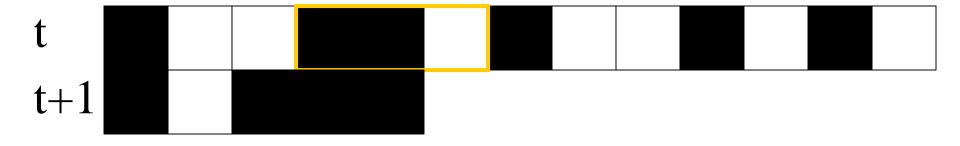


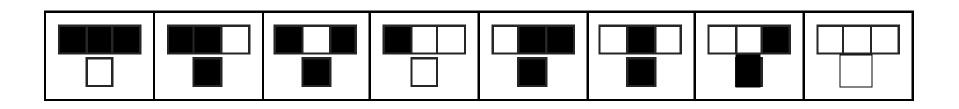


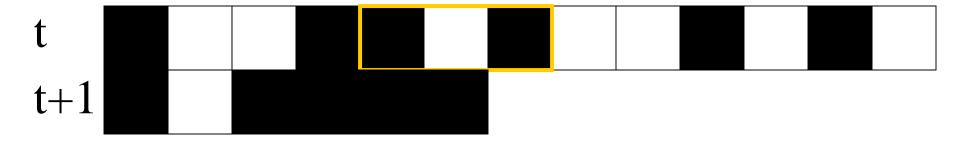


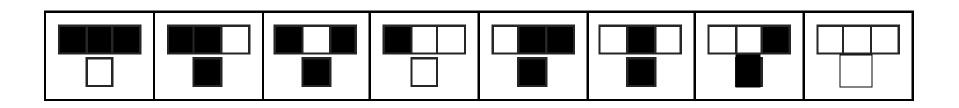


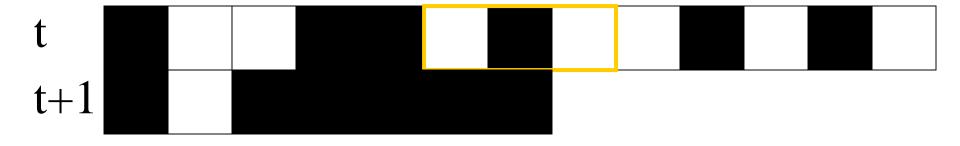


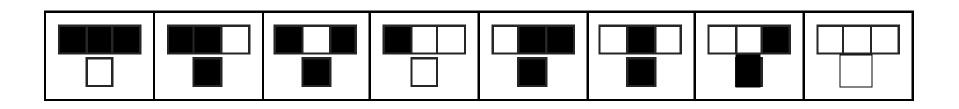


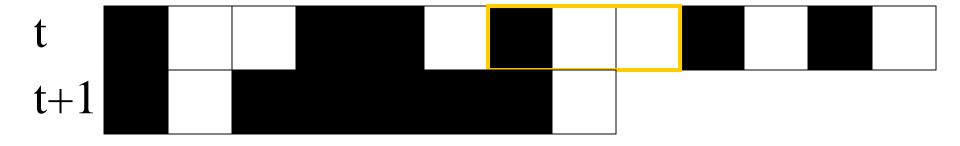


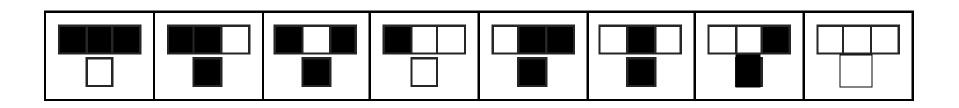




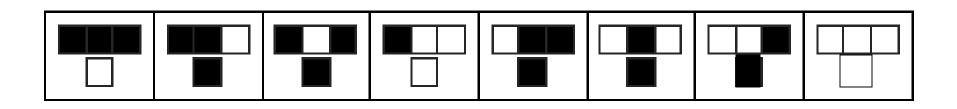




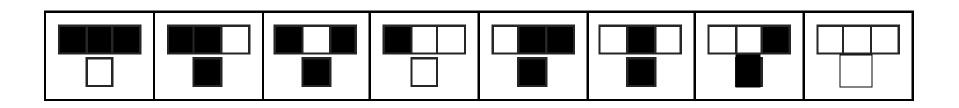




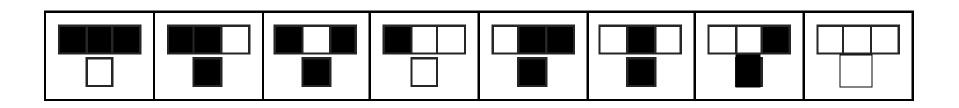


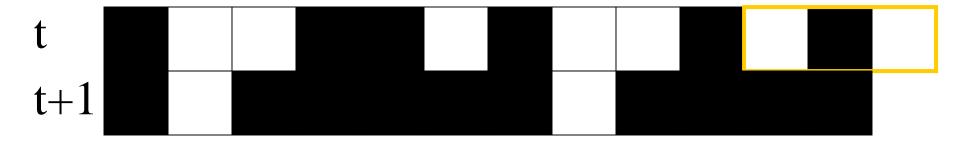


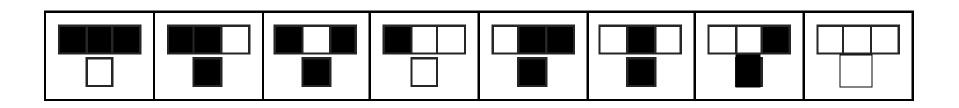




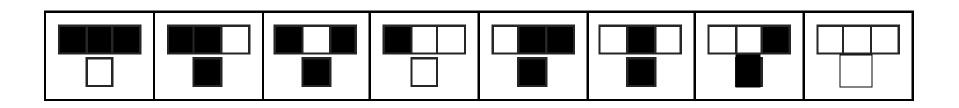












Tipos de automatos celulares:

- Em função do rádio, r, e do número de estados, k. Ex: k=2, r=2
- Legais ou não legais: os legais são isotrópicos (independentes de qualquer rotação planar da vizinhança) e voltam para o estado que partiram (estado quiescente).
- Totalitários (função da soma dos vizinhos)
- Periféricos (função das células da esquerda e da direita

4 tipos de comportamento dos AC

- Os quatro tipos de comportamento dependem do valor do parâmetro lambda.
- Este parâmetro permite quantificar o comportamento caótico do autômato celular.

O parâmetro lambda

• O parâmetro Lambda (Langton, 1986) é calculado como o número de células "output" em preto dividido pelo numero de situações (8).

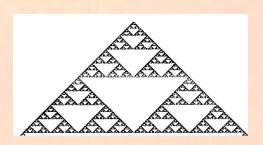


de Langton

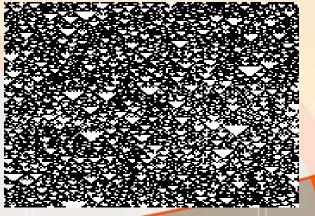
- O fator lamda representa a probabilidade de que uma vizinhança seja mapeada a um dos sete estados ativos (oito estados menos um estado zero ou repouso)
- Até lamda =0,2 qualquer atividade termina morrendo em poucos ciclos (é mapeada ao estado de repouso)
- Para valores de lamda entre 0,2 e 0,3 os estados são persistentes ou se propagam em alguma direção sem decair
- Entre 0,3 e 0,5 aparecem impredeciveis interações entre estruturas como os "gliders" ou "planadores" de Conway
- Para valore de lamda igual a 0,5 reina o caos e nenhuma estrutura sobrevive.

Comportamento dos AC segundo lamda vai tendendo para 0.5

- 1. Comportamento simples (lambda =0 ou 0.125 ou 0.875 ou 1).
- 1. Comportamento periódico ou fractal (lambda =0.25 ou 0.75)

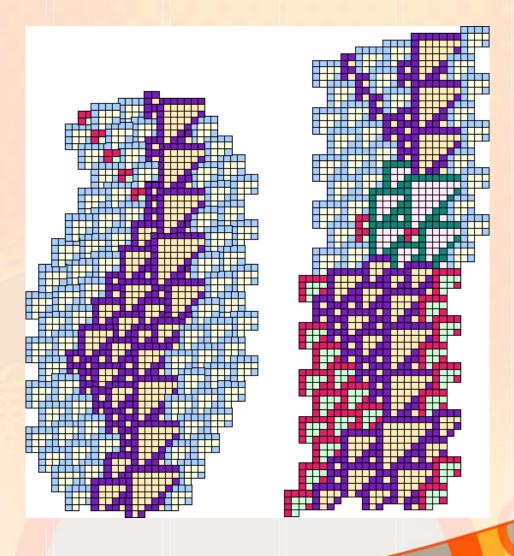


- 3. Comportamento complexo (partículas)
 - (lambda= 0.62 ou 0.38)
- 4. Comportamento caótico (lambda=0.5)



Comportamento complexo (tipo 3)

- A regra 110 quando inicializada convenientemente origina um padrão de tecelagem regular denominado éter.
- O éter permite a aparição de partículas, padrões que se autopropagam (ver simulações de Sam Reid)



Simulações de Sam Reid em:

http://www.colorado.edu/physics/pion/srr/catutorial/

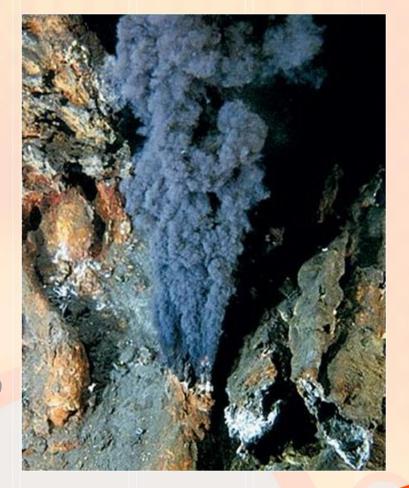
A vida "na beira do caos"

- Langton sugere que os autômatos de tipo 4 maximizam o potencial de informação.
- Permitiriam a máxima transmissão de informação já que inicialmente o sistema está com a máxima incerteza (entropia).
- Uma pequena mudança, por exemplo um bit, poderia alterar totalmente a aparência caótica do sistema.
- Assim a informação fornecida por um bit poderia ser muito grande.
- A vida poderia estar na beira do caos.

Organismos na beira do caos: os extremôfilos

Exemplo: O Pyrolobus

- Não consegue se desenvolver a menos de 90 °C sendo sua temperatura máxima de crescimento é de 113 °C. Isolado numa fonte hidrotermal da Dorsal Atlântica.
- É um organismo anaeróbio que obtêm energia da oxidação de di- hidrogênio acoplada á redução do nitrato (formando amoníaco) ou tiosulfato (formando sulfuro de hidrogênio). Também pode crescer baixo condições microaerobias reduzindo o oxigênio.

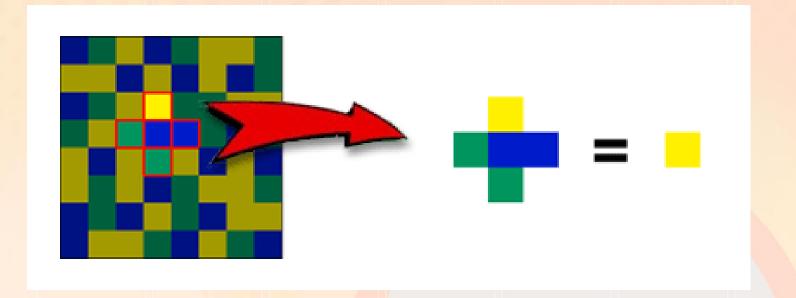


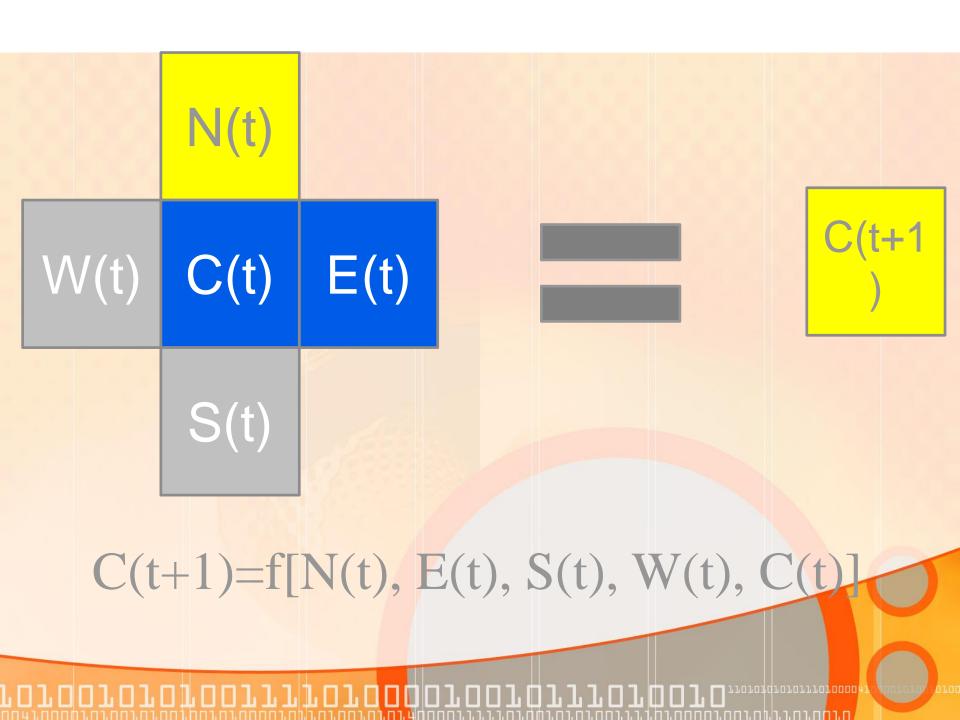
Autômatos celulares bidimensionais



No anterior exemplo cada célula tem:

- 3 estados
- 5 vizinhos
- Uma regra de transição.





 Representação de apenas 6 das 243 regras de transição (243 = 3⁵, em que se têm 3 estados e 5 vizinhos)

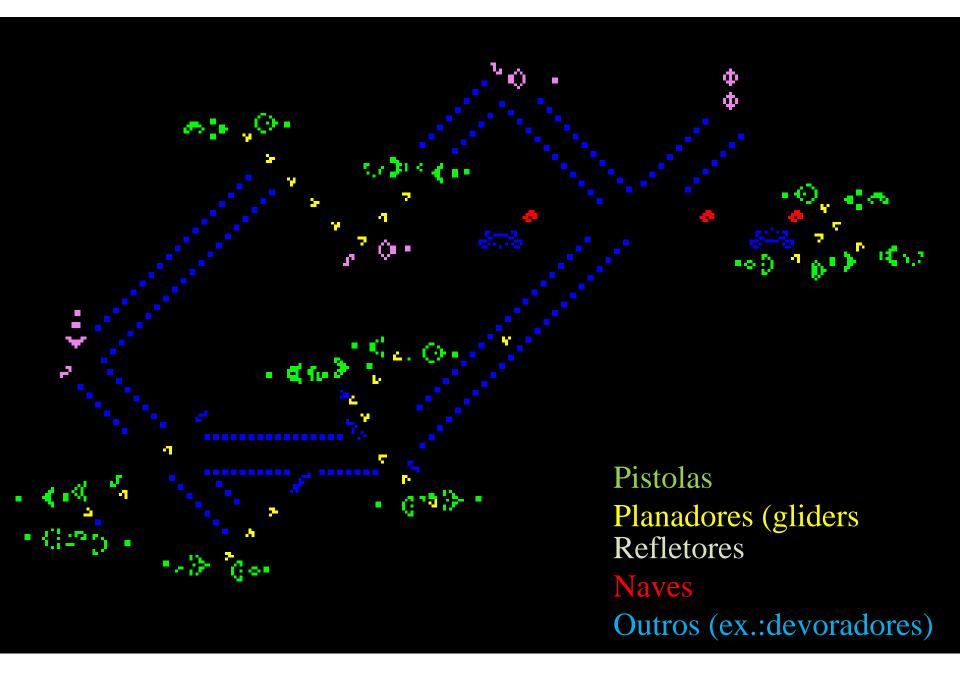
Jogo da Vida de Conway

- Os autômatos celulares apresentados poderiam ser implementados numa máquina de Turing. A fita poderia ser uma superfície bidimensional onde ler e escrever zeros e uns como no chamado Jogo da Vida.
- Tal vez a computabilidade universal da máquina de Turing possa levar a funções que façam possível a "vida artificial".
- Se a vida for um processo ou algoritmo, ela poderia ser implementada numa máquina de Turing.

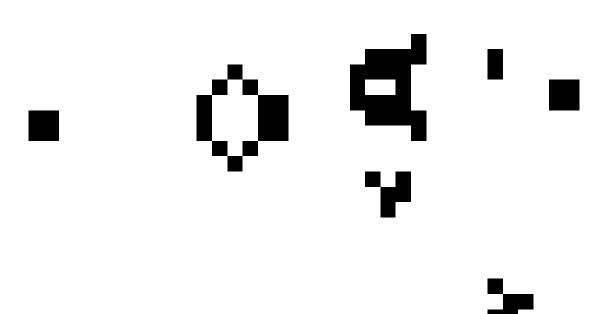


Jogo da Vida de Conway

- O jogo da vida é um autômato celular bidimensional com dois estados, oito vizinhos e três regras muito simples:
- Qualquer célula viva com menos de dois vizinhos vivos morre de solidão.
- Qualquer célula viva com mais de três vizinhos vivos morre de superpopulação.
- Qualquer célula com exatamente três vizinhos vivos se torna uma célula viva.
- Qualquer célula com dois vizinhos vivos continua no mesmo estado para a próxima geração.



Gliders





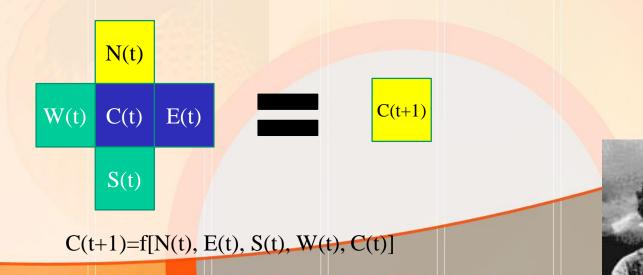


Chris Langton: Química artificial em moléculas artificiais

- Chris Langton em: "Langton, C. G. (1986) Studying
 Artificial life with cellular autómata". Physica D, 22, 120,
 propõe uma química artificial baseada em moléculas
 artificiais.
- Moléculas artificiais: cada célula dos autômatos celulares.
- Química artificial: As regras de atualização de cada célula.

As Regras de Langton para uma bioquímica artificial

- Para estabelecer as suas conclusões Langton usou um arranjo bidimensional de células.
- No qual cada célula tinha oito estados possíveis e uma vizinhança do tipo Von-Neumann (N, S, L, O)
- Por tanto 8⁵ tipos diferentes de vizinhança



Os "Langton's Loops"

- Langton implementou as ideias anteriores num mínimo autômato de Von-Neumann com oito estados e vizinhança de Von-Neumann.
- A estrutura auto-replicante é um "loop" com uma "pele" (células em estado 2) dentro da qual circula a informação necessária para construir o "loop".

Outros autómatos virtuais auto-replicantes

- Ver em: http://necsi.org/postdocs/sayama/sdsr/java/
- Byl loop
- Evoloop de Sayama
- O mais simples: Autómato de 8 estados e 31 regras de Reggia
- Langton ants

Coreworld de Steen Rasmussen

http://flint.sdu.dk/

- · Coreworld é um computador virtual em forma de anel.
- No meio do anel esta o programa principal com ponteiros aos endereços e comandos no anel.
- A anel contem os endereços do programa e esta semeada com instruções em Redcode.
- Coreworld pode experimentar mutações aleatórias nos comandos permitindo evolução darwiniana.
- Coreworld é tabem uma máquina de Turing permitindo computabilidade universal.
- Consegue reproduzir o código.
- Contudo têm uma certa fragilidade perante as mutações



Langton ants

