

# Gramáticas Vetoriais Estocásticas Para Sínteses de Estruturas Neurais

Regina Célia Coelho<sup>1</sup>; Luciano da Fontoura Costa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Pesquisa em Visão Cibernética - IFSC-USP  
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - 13560-970 - São Carlos (SP)  
E-Mail: Reginac@ifqsc.sc.usp.br ou  
Luciano@olive.ifqsc.sc.usp.br

**Resumo** - Este artigo propõe o uso de gramáticas vetoriais estocásticas para a produção de redes neurais artificiais morfologicamente mais realísticas.

**Abstract** - This paper describes vectorial-stochastic grammars for the production of morphologically more realistic artificial neural networks.

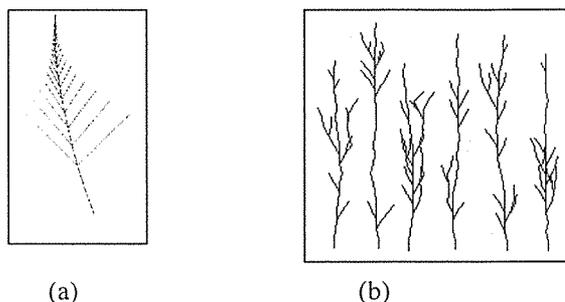
## Introdução

A representação e compreensão de sistemas neurais complexos ainda é um grande desafio para os neurocientistas. Apesar dos vários estudos feitos neste sentido, os modelos desenvolvidos até agora ainda não representam com muito realismo as estruturas neurais naturais, uma vez que não levam em conta a morfologia das células neurais e das suas interconexões.

Este artigo propõe um método para o crescimento de estruturas neurais artificiais mais realísticas através do uso de gramáticas vetoriais estocásticas. Tais gramáticas são recursivas e operam a partir de uma série de regras de produção pré-definidas.

## Gramáticas Vetoriais Estocásticas

Hamilton<sup>1</sup> adaptou a idéia de usar gramáticas gráficas para simular ramificações de plantas para o crescimento de neurônios. Para aumentar a versatilidade, desenvolvemos uma extensão destas gramáticas incluindo novos mecanismos para expressar variações no padrão de crescimento. Tais mecanismos incluem: (i) a associação de um conjunto de operações vetoriais, onde podemos ter um conjunto de variáveis relacionadas a cada regra de produção; (ii) e a incorporação do comportamento estocástico atribuindo a probabilidade de execução de cada regra ao longo da execução<sup>2</sup>. A Figura 1 apresenta exemplos de ramos criados a partir das gramáticas desenvolvidas. Utilizando regras de produção diferentes obtemos as Figuras 1(a) e 1(b). Para o crescimento do ramo da Figura 1(a) não incorporamos comportamento estocástico, enquanto que para a criação dos galhos da Figura 1(b), tal comportamento foi considerado, o que nos permitiu obter vários resultados diferentes utilizando as mesmas regras de produção.



**Figura 1** - Galhos obtidos através da gramática proposta

Utilizando a gramática sugerida, criamos alguns neurônios 3D que são mostrados na Figura 2. Neste caso, além das regras serem estocásticas, outros fatores que também influenciam nestas diferenças são: (i) número de galhos que cada neurônio possui (distribuição uniforme entre 2 e 8); (ii) direção em que os galhos devem crescer a cada passo, ou seja, a direção em que cada reta deverá ser desenhada; (iii) e a posição no núcleo (soma) do neurônio de onde deverá sair um galho. Deste modo, podemos controlar a morfologia de cada neurônio definindo regras estocásticas que apresentem resultados próximos aos desejados.



**Figura 2** - Neurônios 3D.

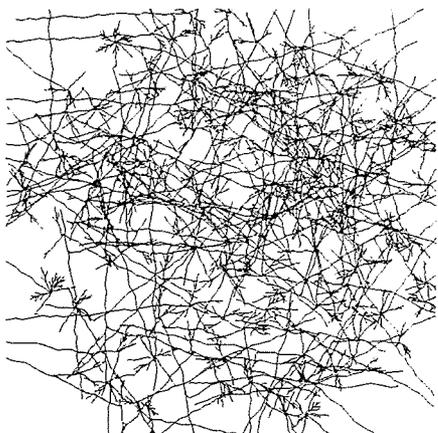
No caso de crescimento de estruturas neurais incluímos mais dois itens onde a escolha é

randômica: a posição de cada neurônio na estrutura e a escolha de um galho em cada célula para funcionar como axônio. Na Figura 3, onde temos um exemplo de uma estrutura neural obtida através da gramática sugerida, definimos uma regra para o galho axônio, de modo que esse não se ramifique em momento algum. Para esse caso específico, conforme o axônio ou dendrito está crescendo e encontra um dendrito ou axônio de outro neurônio, há uma sinapse (apenas dendrito-axônio ou axônio-dendrito). Se temos um dendrito crescendo quando ocorre esta conexão, seu crescimento é interrompido, o que não acontece com um axônio. Outro fator incluído é que o tamanho de cada neurônio é inversamente proporcional à sua distância do centro da imagem. A distribuição da posição dos neurônios é randômica e circular.

Deve-se observar que a maioria dessas regras podem ser modificadas de modo a produzir outros tipos de estruturas neurais.

### Conclusão

Foi discutida uma extensão da gramática de Hamilton que nos permite obter redes neurais artificiais morfologicamente mais realísticas. Tal abordagem inclui características randômicas e um controle mais versátil no padrão de crescimento. Exemplos ilustrando o potencial de tal gramática foram apresentados. Como resultado final do processamento temos: (i) um "bitmap" da estrutura neural obtida, e (ii) um grafo contendo a posição de cada neurônio e suas respectivas conexões sinápticas, assim como algumas das informações mais importantes na estrutura gerada. No exemplo específico da Figura 3 tal grafo será usado para simular a codificação de especificidade de orientação no córtex através de equações diferenciais. Nesta simulação consideraremos o efeito dos diferentes tipos de distribuições axonais, estruturas contendo células excitatórias e inibitórias e a distância entre cada sinapse.



**Figura 3** - Estrutura Neural obtida com a gramática desenvolvida.

### Referências

- <sup>1</sup> HAMILTON, P. A. A Language to Describe the Growth of Neurites. *Biological Cybernetics*, v. 68, p. 559-565, 1993.
- <sup>2</sup> COELHO, R. C.; COSTA, L. da F. Gramáticas para Sínteses de Estruturas Neurais. *Anais do Workshop sobre Visão Cibernética*, IFQSC-USP-São Carlos, p. 74-79, 1994.