

Predição de Receitas de Cores na Estamparia Têxtil através de Redes Neurais RBF

Sandro Rautenberg
UNIPAN - União Pan-Americana de Ensino
José Leomar Todesco
Universidade do Vale do Itajaí
E-mail: rautenberg@onda.com.br, tite@eps.ufsc.br

Abstract

Connected on the vision sense, Color Recipe Prediction is a highly subjective job that requires specialized knowledge, acquired during many years. Modeling this knowledge, by computer techniques, is very difficult and when that's possible, for many times, the results are less expressive than the human intuition. On intention to improve the computer process, modeling the human intuition, it's appealed to the Artificial Intelligence Technology. One advantage of this technology is solve problems reproducing the human reasoning, dealing with the intrinsic subjectivity. So, this work proposes a computer system, based on the Radial Basis Function (RBF) Artificial Neural Network (ANN). The reached results of this proposed solution demonstrate its viability.

Keywords: Textile Printshop, Color Recipe Prediction, ANN RBF.

Resumo

Ligada diretamente ao sentido da visão, a predição de receitas de cores na estamparia têxtil é uma tarefa altamente subjetiva, a qual requer conhecimento especializado, adquirido ao longo de muitos anos. Modelar este conhecimento computacionalmente é muito difícil e quando isto se faz possível, por muitas vezes, os resultados ficam aquém da intuição humana. Na intenção de melhorar o processo computacional, modelando a intuição humana empregada, recorreu-se a tecnologia de Inteligência Artificial (IA). Uma das vantagens dessa tecnologia é resolver problemas simulando o raciocínio humano, tratando a subjetividade intrínseca. Neste sentido, este artigo propõe uma abordagem conexionista ao problema, relatando um sistema computacional baseado em Redes Neurais (RNA) com Funções de Base Radial (RBF). Os resultados alcançados desta solução demonstram a sua viabilidade.

Palavras-chave: Estamparia Têxtil, Predição de Receitas de Cores, RNA RBF.

1. Introdução

Um dos processos de maior importância na indústria têxtil é, sem dúvida, o desenvolvimento de cores apropriadas para estampar um determinado tecido. A este processo estão atreladas questões como a qualidade do produto, a beleza estética, a criatividade da arte, entre outros. De um modo geral, são questões que chamam a atenção do consumidor final, (FARINA, 1990).

No entanto, na maioria das indústrias, este processo ainda é muito primitivo, se resumindo em tentativas de se chegar a uma cor desejada. Nele, o indivíduo encarregado, o colorista, fazendo o

uso de sua experiência, mistura os corantes para obtenção da cor desejada. Por muitas vezes, o resultado deste processo é insatisfatório, demonstrando um alto índice de falhas e uma quantidade razoável de material desperdiçado.

Para contornar essa situação, muitas empresas investem na aquisição de um espectrofotômetro e de um sistema de formulação computadorizada de receitas. Porém, não executam nenhum trabalho preliminar para adequação do ambiente da fábrica ao ambiente ideal a essa nova tecnologia. Desta forma, a empresa pode vir a deparar-se com problemas ainda maiores após a implantação do sistema, (ALMEIDA,1995).

Neste artigo é proposto um sistema capaz de simular o raciocínio que o colorista utiliza para prescrever uma cor, adequando-se ao ambiente fabril de forma automática. O sistema, baseado na utilização de Redes Neurais Artificiais (RNA) com Funções de Base Radial (RBF), é capaz de captar e armazenar o conhecimento requerido, tratando a imprecisão existente no processo. Assim, quando o sistema for consultado, poderá auxiliar o indivíduo no desenvolvimento de uma cor.

2. A cor e a estamparia têxtil

A cor sempre foi objeto de fascínio do homem nos mais variados campos da ciência. Estuda-se cor nas Artes, na Psicologia, na Antropologia, na Medicina, entre outras, (LAMMENS, 1994). Gravuras em cavernas, vestimentas, *outdoors*; são exemplos, ao longo da história, da fascinação que se tem em relação à cor.

A definição de cor comumente encontrada na literatura é: “*Aparência dos corpos segundo o modo pelo qual refletem ou absorvem a luz*”. Ou ainda: “*Impressão particular que causam no sentido da vista os diferentes raios luminosos, simples ou combinados, quando refletidos pelo corpo*”, (ZOLLINGER, 1996).

A percepção da cromática é característica apenas de alguns animais como aves, peixes, répteis e insetos. Destaca-se ainda, que dentre os mamíferos, é quase certa a exclusividade dos primatas à sensibilidade cromática, (PEDROSA, 1989).

Todo o processo de percepção da cor se resume em alguns passos básicos. Numa visão mais simplista, uma determinada luz incide sobre um corpo. Este tem a característica física de absorver ou refletir tal luz, de uma forma total ou parcial, resultando em uma sensação multicolorida no órgão visual, (BILLMEYER & SALTZMAN, 1981).

Nos dias atuais existem grandes estudos focando como tema principal a cor e seus efeitos. Isso se dá em virtude de que, atualmente, em algumas empresas, é estimada uma despesa extra na ordem 30% devido à necessidade de reprodução fiel de cores desejadas, (LUO,1992). Na indústria têxtil este quadro não é muito diferente. Dá-se muita importância à aquisição de padrões de cores desejados. Isto se deve, principalmente, porque as cores em um artigo manufaturado são, por muitas vezes, o primeiro fator que estimula o interesse do consumidor.

Um dos setores diretamente envolvido com a questão cor na indústria têxtil é a estamparia. O principal objetivo deste setor é colorir um determinado tipo de tecido de acordo com amostras de cores. Isto é conseguido pela aplicação de tintas que agem absorvendo seletivamente todas as cores do espectro visível menos a cor desejada, (WAJCHENBERG, 1977). Porém, para se fazer isso, devem ser efetuados os seguintes passos, (ARAÚJO & CASTRO, 1984):

- tratamento prévio do tecido;
- preparação das pastas ou tintas para estampar;
- transferência da cor de um intermediário para o artigo têxtil;
- secagem;
- fixação; e
- tratamentos posteriores.

O problema abordado está diretamente ligado ao processo de preparação de pastas ou tintas para estampar. A preparação de tintas para estamparia requer conhecimentos técnicos no campo de

química têxtil, (RIBEIRO, 1987). Neste processo, os elementos principais da tinta são, evidentemente, os corantes.

Corantes são substâncias capazes de se fixarem à superfície dos corpos, absorvendo determinados comprimentos de onda visíveis e emitindo os restantes, (WAJCHENBERG, 1977). Cabe ressaltar que manusear adequadamente os corantes não é uma tarefa fácil. O colorista, profissional diretamente ligado ao processo, apóia-se em seu conhecimento para predizer que corantes e, subseqüentemente, o quanto de cada um destes será empregado na pasta, (RIBEIRO, 1987).

Neste contexto a figura humana se mostra altamente necessária pela utilização de sua intuitividade e julgamento a respeito da cor; e do manuseio correto dos corantes. Contudo, deve-se ater ao fato de que a cor é uma sensação ligada a um dos cinco sentidos. Sabe-se que os sentidos são, por muitas vezes, afetados por questões psico-físicas inerentes ao ser humano como idade, fadiga, defeitos visuais, entre outros, (FARINA, 1990). Isto, sem dúvida, atesta a complexidade da tarefa, demonstrando a dificuldade do colorista em seu trabalho ao longo do tempo.

Com avanços em diversos campos tecnológicos, o colorista já dispõe de tecnologia para auxiliá-lo no seu dia-a-dia. (LUCIDO, 1994) comenta a utilização de equipamentos da Colorimetria integrados a algum sistema computacional para predizer receitas de cores nos diversos campos produtivos. Porém, a maioria dos sistemas de formulação computadorizada, até então desenvolvidos, empregam a teoria Kubelka-Munk. Esta teoria, criada em 1931, baseia-se em equações matemáticas que regem a transferência radioativa da cor, (BISHOP & BUSHNELL, 1991). Existe uma grande popularidade deste modelo devido à simplicidade de utilização de suas equações e razoável acurácia na predição. Contudo, há situações onde esta teoria não é aplicada com êxito, como por exemplo, a predição de tonalidades de cores escuras ou combinações que utilizam corantes fluorescentes, (GIBSON, 1992).

Outro problema comumente citado na literatura é que muitas empresas investem em tecnologia para contornar o problema, pensando que com isso conseguirão sanar suas dificuldades no desenvolvimento das receitas de cores. No entanto, não dispendo de uma série de pré-requisitos, a empresa pode vir a se deparar com problemas ainda maiores após a implantação do sistema instrumental, (ALMEIDA, 1995).

Por isso, antes de qualquer coisa, é preciso fazer um trabalho de base perante qualquer tentativa de automatização. Padronização dos corantes e composições a serem utilizados; modelagem de um ambiente propício com luz padrão, balanças propriamente adequadas; formação de uma equipe para julgamento das cores; são exemplos dos esforços a serem realizados para a normalização do ambiente e posterior automatização do processo. Uma vez feito um estudo preliminar do ambiente, adequando-o à automatização, a construção ou implantação de uma ferramenta computacional se torna muito mais fácil.

A próxima seção é reservada ao estudo mais profundo da tecnologia de RNAs, abordando-se com mais ênfase o modelo de rede com Função de Base Radial (RBF), o qual é utilizado como parte integrante da solução proposta.

3. RNAs e RBF

RNAs são uma tecnologia resultante da vontade de solucionar problemas de maneira conexionista. Em outras palavras, RNAs são inspiradas no funcionamento unidades microscópicas que coletivamente formam um dos órgãos mais intrigantes dos seres dotados de inteligência, o Cérebro.

RNAs são modelos computacionais, implementados em *software* ou em *hardware*, que imitam o comportamento dos neurônios biológicos, utilizando-se de um grande número de elementos de processamento interconectados, os neurônios artificiais, (FAUSSET, 1994).

As RNAs são atribuídas algumas características interessantes. Dentre as principais estão:

- poder em solucionar problemas é característica emergente da sua capacidade de adaptação aos dados que a alimentou, (ROSS, 1995);
- facilidade em resolver problemas que são difíceis para a computação convencional ou profissionais principiantes, (DEMUTH & BEALE, 1994);
- tolerância à falhas. O conhecimento de uma RNA é internamente distribuído no conjunto de pesos das conexões entre os neurônios. Por isso, um neurônio falho, a princípio, não levará todas as operações internas a um colapso global, (SETTE, 1995);
- facilidade de mudar sua arquitetura em busca de resultados otimizados;
- grande poder de generalização, ou seja, sempre que uma entrada ruidosa, incompleta ou desconhecida é apresentada à RNA, esta tem o poder de produzir uma resposta confiável, (FAUSSET, 1994).

Porém, as RNAs também apresentam desvantagens. Dentre as comumente citadas na literatura estão:

- a dificuldade de um formalismo na especificação e na análise de modelos de RNA. Para se compreender os mecanismos fundamentais das RNAs, é necessário realizar simulações que, na maioria dos casos, são tarefas árduas, (HARRISON, 1998), (LOESCH, 1996);
- a sensibilidade ao formato de dados que são apresentados, (HARRISON, 1998).

Contudo, tais desvantagens não foram sensibilizantes na escolha da tecnologia, nem menos no modelo empregado, a RBF. As RBFs, idealizadas por M. J. D. Powell, são definidas na literatura como as RNAs que possuem funções de ativação radiais em suas camadas intermediárias, (KARTALOPOULOS, 1996). Estas, primeiramente, foram desenvolvidas e aplicadas em problemas de Classificação e Aproximação de Funções, demonstrando resultados semelhantes aos existentes para uma *Multi-Layer Perceptron* (MLP), (BAUCHPIESS, 1997). Deste modo, com os devidos aprimoramentos feitos, tornaram-se populares no meio científico como uma alternativa à tecnologia dominante.

Em sua forma mais simples, uma RBF é formada por três camadas de neurônios, (SERGEEV & MAHOLITO, 1998). A primeira atua como a entrada. A segunda é caracterizada como uma camada de alta dimensão, a qual promove uma transformação não-linear do espaço dimensional de entrada através de funções de ativação radiais em suas unidades. E a terceira, a camada de saída, retorna a resposta da RNA, promovendo uma transformação linear do espaço dimensional da camada intermediária para o espaço dimensional de saída, (PANDYA, 1995).

A base funcional de uma RBF reside principalmente na transformação não-linear existente em sua camada intermediária, a qual reflete o caráter local do processamento da RNA, (BAUCHPIESS, 1997). Em outras palavras, dada uma determinada entrada, esta é capaz de excitar somente um pequeno subconjunto dos neurônios na camada intermediária. Assim, durante o treinamento, pontos distantes da área de atuação da entrada (centros não excitados) não sofrerão ajustes em seus parâmetros. Este caráter local do treinamento faz com que novos aspectos do problema possam ser incorporados sem prejuízo do que já foi aprendido. Cabe ressaltar que esta característica local dificilmente é obtida em uma MLP.

Outro ponto significativo da RBF em relação ao modelo MLP é possibilidade de otimização da arquitetura da RNA. Cada elemento da camada intermediária da RBF pode ser encarado como uma aproximação de um elemento representativo da base de exemplos. Deste modo, não é difícil fazer uma análise sobre os dados existentes a fim de descobrir tais elementos. Este tipo de análise pode ser feito através de métodos estatísticos, de um mapeamento auto-organizável ou simplesmente de um espalhamento uniforme dos processadores sobre o espaço de entrada, (BAUCHPIESS, 1997). Na solução proposta utilizou-se de um mapeamento auto-organizável, a Aproximação Sucessiva, (TONTINI, 1995).

Neste algoritmo, os padrões de entrada são apresentados apenas uma vez. De acordo com a exigência atribuída (raio da base da função radial e um corte para treinamento do neurônio) a camada intermediária é alocada. A vantagem principal deste algoritmo é a não necessidade de

definição do número de neurônios na camada intermediária. Já como desvantagem, este algoritmo apresenta o não conhecimento prévio dos seus parâmetros de exigência mais adequados.

Após a especificação da camada intermediária, o treinamento entra em uma segunda fase, a qual encontra linearmente o relacionamento entre a camada intermediária e os alvos a serem atingidos.

São vários os motivos que levaram a escolha do modelo RBF neste trabalho. Dentre eles pode-se destacar:

- a natureza do problema (Classificação e Aproximação);
- os sucessos anteriores, (BAUCHPIESS, 1997), (TODESCO, 1995) e (TONTINI, 1995);
- a rapidez no treinamento;
- a não aleatoriedade na definição dos pesos iniciais;
- a facilidade de implementação;
- a facilidade de compreensão de seu funcionamento; e
- a possibilidade de interpretar sua estrutura.

4. A aplicação

Os primeiros passos em direção à implementação e implantação da solução se deram na normalização do ambiente. Cuidados foram tomados em relação à:

- formação de uma equipe e de uma estratégia de avaliação de cores;
- definição dos corantes utilizados;
- tipo de tecido a ser considerado; e
- configurações da máquina de estampar.

Com esses cuidados acreditou-se conseguir estabelecer um padrão para confecção e avaliação de cores. Entretanto, as disfunções dos processos posteriores de acabamento do tecido ainda poderiam contribuir prejudicialmente. Outra questão, o estado psico-físico da equipe, também poderia influenciar no julgamento da cor. Porém, estas ressalvas foram encaradas como ruído no processo de coleta de dados.

Após a normalização do ambiente, partiu-se para a coleta de dados. Neste sentido, propôs-se fazer a simulação do sistema Pantone no tecido especificado. O sistema Pantone é formado por aproximadamente 1000 exemplos de cores bem diversificadas, o qual é considerado um veículo de comunicação confiável entre profissionais envolvidos em trabalhos colorísticos.

Quando uma determinada cor era alcançada, esta era relacionada a três leituras espectrais, fornecidas por um espectrofotômetro.

Os dados espectrais colhidos eram, ainda, convertidos para outras escalas de representação. Com isso, pôde-se ampliar a dimensionalidade da entrada das RNAs, incrementando o escopo de possíveis arquiteturas a serem implementadas e testadas. As escalas em questão são as escalas XYZ e xyz, (BILLMEYER & SALTZMAN, 1981).

Dentre as várias propostas de RNAs testadas, obteve-se os melhores resultados utilizando-se duas RNAs, cada qual com sua função. São estas:

- **composição:** RNA que prediz quais os corantes irão, ou não, fazer parte da receita. Esta RNA tem as seguintes características:
 - 9 entradas (Lab Lab Lab);
 - 7 saídas (os 7 corantes utilizados pela indústria);
 - raio da função igual a 0.5 e corte igual a 0.91 com 77 centros formados.
- **quantidade:** RNA que prediz a quantidade de cada corante empregado. Esta RNA tem as seguintes características:
 - 16 entradas (Lab XYZ xyz e composição);
 - 7 saídas;
 - raio da função igual a 1.20 e corte igual a 0.96 com 99 centros formados.

Para testar a solução foram selecionadas 21 cores. Estas cores, extraídas do Sistema Pantone, não tinham sido produzidas devido a sua dificuldade na elaboração da receita ao longo da coleta dos dados. Para a composição o sistema apresentou os seguintes resultados:

- 17 composições ótimas, resultando em um sucesso de 81%;
- 02 composições parcialmente corretas, as quais permitiam o alcance da cor desejada (9,5% das composições);
- 02 composições completamente erradas (erro de 9,5%).

Já para a quantidade de corante empregado, o sistema apresentou os seguintes resultados:

- 11 receitas ótimas, resultando em um sucesso de 52,4%;
- 08 receitas próximas do alvo, acarretando em poucas interações do colorista no processo de aquisição de cores (38,1%); e
- 02 receitas completamente erradas (9,5%).

5. Conclusões

Os resultados alcançados mostram a viabilidade da solução. Sabe-se que são necessários mais dados para treinamento e testes com a finalidade de incrementar a performance do sistema. Contudo, já se pode constatar que se está diante um caminho viável em relação ao aperfeiçoamento do processo. Em relação aos erros ocorridos, estes são encarados como parte de um trabalho ainda prematuro.

Durante a elaboração do trabalho também se verificou, e cabe mencionar, é a não existência exatidão na cor em uma indústria têxtil. São muitos os processos que agem sobre um tecido estampado (pré-secagem, vaporização, lavagem, acabamento,...) que podem acarretar em disfunções em um contexto global. Porém, os resultados alcançados mostram que se não existe uma solução otimizada, tem-se uma boa alternativa que, ao menos, conduza a uma resposta muito próxima do esperado.

Quanto a presença humana no problema de predição de receitas, esta se faz necessária como mão ativa tanto na avaliação como na correção de cores. Porém, nada impede o colorista de buscar apoio na tecnologia visando facilitar seu trabalho.

E finalmente, com o estudo mais profundo da tecnologia de RNAs, viu-se a grande versatilidade desta tecnologia no tratamento de problemas complexos. É impressionante o que unidades tão simples, agindo coletivamente, são capazes de fazer. RNAs, sem dúvida, são uma tecnologia a ser vista com bons olhos em propostas de solução onde uma modelagem matemática se torna difícil.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia Têxtil Karsten pelos recursos financeiro, tecnológico e humano empreendidos na realização de trabalho, assim como ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina pelos valiosos serviços prestados.

7. Referências bibliográficas

- ALMEIDA, L. C. R. de; *et al.* Formulação computadorizada de receitas de cores de tingimento e estamparia têxtil como obter sucesso na indústria. *Química Têxtil*, N. 12, 1995, p. 60-67.
- ARAÚJO, M de; CASTRO, E. M. M. **Manual de engenharia têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.
- BAUCHPIESS, A; *et al.* Redes neurais de base radial para o servocontrole auto-ajustável de sistemas posicionadores. **Anais do III Congresso brasileiro de redes neurais**. 1997, p 472-477.

- BILLMEYER, F W Jr; SALTZMAN, M. **Principles of color technology**. New York: John Wiley & Sons, 1981.
- BISHOP, J.M.; BUSHNELL, M. J. Application of neural networks to computer recipe prediction. *COLOR research and application*, V. 16, 1991, p. 3-9.
- DEMUTH, H; BEALE, M. **Neural network toolbox: for use with Matlab**. Natick: The MathWorks Inc, 1994.
- FARINA, M. **Psicodinâmica das cores em comunicação**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 1990.
- FAUSSET, L. V. **Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications**. New Jersey: Prentice-Hall, 1994.
- GIBSON, R. M. New concepts in color computer matching: the neural network approach. *AATCC BOOK of PAPERS*, N. 12, 1992, p. 154-159.
- HARRISON, T. H. **Intranet data warehouse**. São Paulo: Berkeley Brasil, 1998.
- KARTALOPOULOS, S. V. **Understanding neural networks and fuzzy logic: basic concepts and applications**. Piscataway: IEEE Press, 1996.
- LAMMENS, J. M. G. **A computacional model of color perception and color naming**. Buffalo, 1994. Thesis (doctor of philosophy) - State University of New York.
- LOESCH, C. **Redes Neurais Artificiais: fundamentos e modelos**. Blumenau: Ed. da Furb, 1996.
- LUCIDO, G. L. A. Colorimetria: padronização e controle de qualidade. *CETIQT ensino & tecnologia*, N. 29, 1994, p. 12-13.
- LUO, R; *et al*. Effective colour communication for industry. *JSDC*, N. 108, 1992, p. 516-520.
- PANDYA, A. S. **Pattern recognition with neural network in C++**. Boca Raton: CRC Press, 1995.
- PEDROSA, I. **Da cor a cor inexistente**. Brasília, D.F.: Universidade de Brasília, 1989.
- RIBEIRO, E. G. **Como iniciar uma estamperia em silk-screen**. Rio de Janeiro: Confederação Nacional da Indústria, 1987.
- ROSS, T. J. **Fuzzy logic with engineering applications**. New York: McGraw-Hill Inc., 1995.
- SERGEEV, S. A.; MAHOLITO, K. V. Evolutionary synthesis of dynamical object emulator based on RBF neural network. <http://www.cs.unibo.it/~gaioni/HTML/GA/TR/s.htm>. 31/January/1998.
- SETTE S. *et al*. Self-organizing neural nets: a new approach to quality in textiles. *Textiles Resarch Journal*, V. 04, 1995, p. 196-202.
- TODESCO, José L. **Reconhecimento de padrões usando rede neuronal artificial com uma função de base radial: uma aplicação na classificação de cromossomos humanos**. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC.
- TONTINI, G. **Automatização da identificação de padrões em gráficos de controle estatístico de processos (CEP) através de redes neurais com lógica difusa**. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Engenharia Mecânica, UFSC.
- WAJCHENBERG, M. I. **Beneficiamentos têxteis**. São Paulo, Brasil, 1977.
- ZOLLINGER, H. R. Princípios básicos da colorimetria. *Química Têxtil*, N. 12, 1996, p. 36-71.