

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
SISTEMAS DE PROCESSOS QUÍMICOS E INFORMÁTICA

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE UM SECADOR INDUSTRIAL DE GELATINA
ATRAVÉS DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Autor: Claudio de Oliveira Francisco
Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Maria Frattini Fileti
Co-Orientador: Prof. Dr. Mauro Antônio da Silva Sá Ravagnani

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Química como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

Fevereiro
2000



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

507178550

IDADE: BC
 CHAMADA: T/UNICAMP
 FB47m
 41548
 278/00
 R 15.11.00
 DATA: 13-03-00
 N.º GPD

CM-001430B1-3

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

F847m Francisco, Claudio de Oliveira
 Modelagem e simulação de um secador industrial de
 gelatina através de redes neurais artificiais / Claudio de
 Oliveira Francisco.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientadores: Ana Maria Frattini Fileti, Mauro
 Antônio da Silva Sá Ravagnani.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Redes neurais (Computação). 2. Gelatina -
 Secagem. I. Fileti, Ana Maria Frattini. II. Ravagnani,
 Mauro Antônio da Silva Sá. III. Universidade Estadual
 de Campinas. Faculdade de Engenharia Química. IV.
 Título.

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 11 de fevereiro de 2000 pela banca examinadora constituída pelos Professores Doutores:



Prof.^a Dr.^a Ana Maria Frattini Fileti

FEQ - Universidade Estadual de Campinas
(orientadora)



Prof. Dr. Elias Basile Tambourgi

FEQ - Universidade Estadual de Campinas

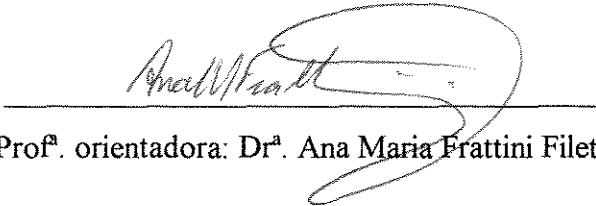


Prof.^a Dr.^a Cláudia Carvalhinho Windmöeller

ICEx – Universidade Federal de Minas Gerais

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Este exemplar corresponde a redação final da Dissertação de Mestrado em Engenharia Química defendida por Claudio de Oliveira Francisco e aprovada pela Comissão Julgadora em 11 de fevereiro de 2000.



Prof.^a. orientadora: Dr.^a. Ana Maria Frattini Fileti

A Deus
por ter possibilitado esta experiência na minha vida.

A minha esposa Janet e filhas Sarah e Letícia
pelo amor e compreensão.

Aos meus pais e irmãos
pelo apoio e incentivo durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Professora Dr^a. Ana Maria Frattini Fileti pela paciência, incentivo e colaboração para realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Mauro Antônio da Silva Sá Ravagnani, pela co-orientação e incentivo.

Aos Professores da Área de Concentração em Sistemas de Processos Químicos e Informática.

A Leiner Davis Gelatin do Brasil, pela possibilidade de realizar este trabalho em suas instalações.

A todos que contribuíram apoiando, incentivando ou de qualquer outra maneira.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. GELATINA: PROPRIEDADES E MANUFATURA	05
2.1. Introdução	05
2.2. Noções Básicas	05
2.2.1. Principais Propriedades Físico-Químicas	06
2.2.2. Aplicações	07
2.2.3. Processo Básico de Manufatura de Gelatina	07
2.2.4. Secador Industrial de Gelatina	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Introdução	15
3.2. Secagem	15
3.2.1. Termos e Definições	15
3.2.2. Princípios Elementares da Teoria da Secagem	16
3.2.2.1. Etapas do Processo de Secagem	18
3.2.3. Secagem de Gelatina	22
3.2.3.1. Modelagem Matemática na Secagem de Gelatina	25
3.3. Redes Neurais Artificiais	29
3.3.1. Redes Neurais Artificiais e o Neurônio Biológico	29
3.3.2. Redes Neurais Artificiais como Ferramenta Computacional	32
3.3.3. Arquitetura das Redes Neurais Artificiais	37
3.3.4. Treinamento das RNA's	39
3.3.4.1. Algoritmos de Treinamento das RNA's	41
3.3.4.1.1. Algoritmo de Treinamento Regra de Delta Generalizada (GDR)	41
3.3.4.1.2. Algoritmo de Treinamento de Levenberg-Marquardt	46

4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	49
4.1. Introdução	49
4.2. Procedimento Aplicado Para Tomada de Amostras de Gelatina	49
4.3. Variáveis Associadas ao Secador Industrial	50
4.4. Modelagem do Sistema de Secagem via RNA's	55
4.5. Etapa de Treinamento e Verificação das Redes Neurais Artificiais	56
4.6. Funções de Transferência Utilizadas na Rede Neural	57
4.7. Método de Análise de Umidade	58
5. RESULTADOS	59
5.1. Introdução	59
5.2. Dados Gerais de Secagem	59
5.3. Normalização de Dados	60
5.4. Resultados da Modelagem 01	60
5.5. Resultados da Modelagem 02	63
5.6. Resultados da Modelagem 03	64
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	67
7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES	73
8. ANEXOS	75
8.1. Modelo Matemático de Silva(1995)	75
8.1.1. Modelagem da Secagem da Partícula Cilíndrica de Gelatina	75
8.1.1.1.Considerações	76
8.1.1.2.Balanço de Massa na Partícula Cilíndrica de Gelatina	76
8.1.1.3.Balanço de Energia na Partícula Cilíndrica de Gelatina	77
8.1.2. Modelagem da Secagem da Gelatina no Interior do Leito	78
8.1.2.1.Considerações	78
8.1.2.2.Balanço de Quantidade de Movimento no Gás	78
8.1.2.3.Balanço de Massa no Gás	79
8.1.2.4.Balanço de massa do Componente Água no Gás	79
8.1.2.5.Balanço de Energia no Gás	79
8.1.2.6. Balanço de Energia na Gelatina	79

8.1.2.7. Balanço de Massa na Gelatina	79
8.2. Tabelas	81
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Fluxograma Básico do Processo de Produção de Gelatina	10
Figura 2.2	Representação Simplificada do Secador Esteira	13
Figura 3.1	Curva da Taxa de Secagem em Condições Constantes de Secagem	19
Figura 3.2	Neurônio Biológico	30
Figura 3.3	Analogia entre os Neurônios Naturais (Biológicos) e Neurônios Artificiais	32
Figura 3.4	Configuração Básica de RNA's	33
Figura 3.5	Neurônio Artificial	34
Figura 3.6	Neurônio Artificial com Entrada de Viés	35
Figura 3.7	Funções de Transferência mais Conhecidas	35
Figura 3.8	Opções de Conexões entre neurônios em uma RNA	38
Figura 3.9	Opções de Conexões Intercamadas	38
Figura 3.10	“Perceptron” RNA com 3 níveis	40
Figura 4.1	Modelo Conexionista Proposto Para o Processo	55
Figura 8.1	Partícula Cilíndrica de Gelatina	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1	Melhor Resultado Obtido Para Modelagem 01	61
Tabela 5.2	Melhor Resultado Obtido Para Modelagem 02	63
Tabela 5.3	Melhor Resultado Obtido Para Modelagem 03	65
Tabela 1	Banco Geral de Dados de Secagem (Pares de Entrada/Saída)	82
Tabela 2	Dados Normalizados	84
Tabela 3	Resultados da Simulações Referentes à Modelagem 01	86
Tabela 4	Resultados da Simulações Referentes à Modelagem 02	91
Tabela 5	Resultados da Simulações Referentes à Modelagem 03	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1. Erro Quadrático Médio em Função do Número de Iterações (Modelagem 01)	62
Gráfico 5.2. Erro Quadrático Médio em Função do Número de Iterações (Modelagem 02)	64
Gráfico 5.3. Erro Quadrático Médio em Função do Número de Iterações (Modelagem 03)	65
Gráfico 6.1. Modelagem 01 - Comparativo de Umidade	67
Gráfico 6.2. Modelagem 02 - Comparativo de Umidade	68
Gráfico 6.3. Modelagem 03 - Comparativo de Umidade	68
Gráfico 6.4. Erro Quadrático Médio x Nº Neurônios Camada Oculta	70
Gráfico 6.5. Comparativo do Erro de Previsão de Umidade	70

NOMENCLATURA

a	área de transferência por unidade de volume (m^2/m^3)
a_i	sinal de entrada i do neurônio artificial
b_j	saída calculada da Rede Neural Artificial
C	concentração do gás ($\text{kgmol ar}/\text{m}^3$)
c_k	saída calculada da Rede Neural Artificial
C_{par}	calor específico à pressão constante do ar [molar] ($\text{J}/\text{kg mol K}$)
$\bar{C}_{\text{pl}}$	calor específico à pressão constante da água na fase líquida [mássico] ($\text{J}/\text{kg K}$)
$\bar{C}_{\text{ps}}$	calor específico à pressão constante da partícula [mássico] ($\text{J}/\text{kg K}$)
C_{var}	calor específico a volume constante do ar ($\text{J}/\text{kg mol K}$)
D	coeficiente de difusão mássica (m^2/h)
d_k	saída conhecida da Rede Neural Artificial
F	velocidade molar ($\text{kg mol ar} / \text{m}^2 \text{ h}$)
h_c	coeficiente transferência de calor convectivo ($\text{J}/\text{m}^2 \text{ h K}$)
I	vetor-entrada da Rede Neural Artificial
k_y	coeficiente de transferência de massa ($\text{kg água} / \Delta \bar{Y} \text{ m}^2 \text{ h}$)
M_{ar}	peso molecular do ar ($\text{kg}/\text{kg mol}$)
M_w	peso molecular da água ($\text{kg}/\text{kg mol}$)
N	taxa de secagem ($\text{kg água}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)
r	eixo do sistema - coordenadas cilíndricas (m)
R	raio da partícula (m)
t	tempo (h)
T_{ar}	temperatura do ar (K)
T_g	temperatura da gelatina (K)
Th	valor residual de atividade do neurônio artificial (“Threshold”) (Cap. 3)
T_p	temperatura da partícula de gelatina (K)
T_s	temperatura do sólido

u	umidade da partícula (base úmida)
$v_{i,j}$	peso da conexão do neurônio i sobre o neurônio j
$w_{j,k}$	peso da conexão do neurônio j sobre o neurônio k
x	somatório ponderado de entrada do neurônio acrescido de seu valor residual de atividade
X	umidade da partícula (kg água/ kg gelatina seca)
X_c	umidade crítica (kg água / kg gelatina seca)
X_e	umidade de equilíbrio (kg água / kg gelatina seca)
Y	umidade do ar (kgmol água/kgmol ar úmido)
$\bar{Y}$	umidade do ar (kg água/kg ar seco)
$\bar{Y}_{sat}$	umidade de saturação do ar (kg água/kg ar seco)
z	eixo ordenado paralelo ao escoamento do ar (m)

Letras Gregas

α	coeficiente de “momentum” no GDR (Cap. 3)
α	difusividade térmica (m ² /h) (Cap. 8)
δ	termo de declínio do gradiente no GDR
ε	erro quadrático total entre os valores conhecidos e calculados de saída da RNA (Cap.3)
ε	porosidade do leito (Cap. 8)
η	taxa de aprendizado no GDR
ρ_a	densidade aparente (kg/m ³)
ρ_s	densidade da gelatina seca (kg/m ³)
ΔH_s	calor de desorção (J/kg água)
ψ	taxa de secagem por unidade de volume do leito (kg água/m ³ h)

RESUMO

Neste trabalho é apresentada a modelagem de um secador industrial de gelatina através do uso de Redes Neurais Artificiais - RNA's. A complexidade associada à modelagem do sistema de secagem através de técnicas convencionais (modelos fenomenológicos) serviu como motivação para utilizar esta ferramenta, principalmente devido à habilidade das RNA's em "aprender" as relações de causa/efeito existentes em diferentes processos.

Através de uma rede neural de alimentação direta, completamente conectada, formada por três camadas, foi prevista a umidade final da gelatina à saída do secador industrial, sendo estes valores comparados às medidas de umidade realizadas em laboratório.

Dados reais do processo de secagem de gelatina também foram utilizados na etapa de treinamento da rede, sendo para isso, empregado o algoritmo de Levenberg-Marquardt.

Os resultados das simulações realizadas indicam grande potencial do uso de RNA's para modelagem do sistema de secagem, possibilitando, assim, a previsão do conteúdo de umidade da gelatina ao final da etapa de secagem.

ABSTRACT

In this work, the modeling of an industrial gelatin dryer via Artificial Neural Network – ANN – is presented. Modeling drying systems through First Principles is not a trivial task. The complexities that arises from the application of conventional modeling techniques, coupled to the ability of the ANN in learning cause/effect relationships of different processes, were the main driving force to the present work development.

A fully connected three layer feedforward network was used to predict the gelatin moisture content of the industrial dryer outlet. Predicted values were then compared to that obtained from laboratory analysis.

The ANN training was carried out through the Levenberg-Marquardt Algorithm and the data set was obtained from the industrial drying process.

Simulation results demonstrate the great potential of using ANN in drying systems modeling, allowing predictions of the gelatin moisture content in the drying step outlet.

1. INTRODUÇÃO

A etapa de secagem em indústrias químicas, certamente é encarada como uma das operações que requerem maior consumo de energia. Nesta etapa, normalmente a energia é empregada no aumento da temperatura dos sólidos para evaporação da água. Um controle eficiente normalmente é empregado nesta operação, de forma a manter a umidade final do produto dentro da especificação requerida, mantendo, entretanto, tão baixo quanto possível o consumo de energia utilizado nesta aplicação.

Em indústrias de produção de gelatina, não é diferente a importância dada ao processo de secagem. Este é na verdade o ponto de maior consumo de energia (vapor) destas indústrias, tendo em vista o elevado conteúdo de umidade presente na gel submetida a esta etapa.

Em termos de comparação, dados bibliográficos demonstram que o consumo de vapor requerido em secadores tipo esteira (normalmente utilizados nestas indústrias para esta aplicação) gira em torno de 2,4 a 3,5 kg vapor/kg de água evaporada, enquanto em evaporadores de triplo efeito, que são também normalmente utilizados nestas indústrias para a concentração do produto, este consumo é da ordem de 0,3 a 0,4 kg vapor/kg água evaporada. Tendo em vista que cerca de 70% do conteúdo total de umidade presente na gelatina na fase inicial do processo (após extração), é eliminada através da secagem, fica evidente a importância desta etapa no conjunto de operações realizadas para produção de gelatina seca.

Além do elevado consumo de energia dos equipamentos utilizados na etapa de secagem, estas indústrias têm como agravante ainda a própria natureza do produto, por ser este termosensível. Isto significa a necessidade de um controle rigoroso sobre esta etapa, uma vez que a utilização de temperaturas elevadas podem comprometer a qualidade final do produto. Estes fatos fazem, portanto, da etapa de secagem, um ponto realmente estratégico da cadeia de produção de gelatina.

Entretanto, embora seja esta etapa tão importante no processo de produção de gelatina, uma otimização neste processo esbarra muitas vezes na complexidade dos princípios fenomenológicos associados às transferências simultâneas de calor e massa que ocorrem durante a secagem. A consequência prática disso, pode ser medida pela variação que normalmente se verifica no conteúdo de umidade da gelatina que é produzida à saída da etapa de secagem. Isto tem reflexos diretos em nível de custos de produção, uma vez que teores de umidade inferiores a um certo “set point” representam perdas de rendimento (massa de água que deixa de ser incorporada ao produto), como também de energia, pois representa um produto submetido a uma sobresecagem (uso de energia acima da necessária).

Visando, portanto, contribuir para otimização desta etapa, particularmente na aplicação de gelatina, diversos trabalhos foram publicados anteriormente modelando o sistema de secagem através dos princípios fenomenológicos. Podem ser citados aqui trabalhos realizados por NEITZEL(1987), SILVA(1995) e SOUSA (1996), abordados no capítulo 03.

O presente trabalho tem por finalidade estudar também o sistema de secagem de gelatina. Entretanto, a modelagem do mesmo será realizada a partir de uma nova técnica que não se baseia em equações matemáticas fenomenológicas, mas sim nas relações existentes de causa/efeito que ocorrem neste processo. Com este propósito, somente informações de operação disponíveis da etapa de secagem é que são utilizadas para este fim.

As modelagens via Redes Neurais Artificiais - RNA's surgiram como uma alternativa para modelagem de processos onde o enfoque fenomenológico pode ser considerado complexo. Esta é uma tecnologia recente, advinda da Inteligência Artificial, cuja utilização tem sido crescente. Primeiramente, as redes neurais surgiram como reconhecedoras de padrões, com capacidade de reconhecer dados que até então não lhe foram apresentados, ou, de outra forma, reconhecer dados que não constituíram o conjunto de treinamento a que foram submetidas. Assim sendo, tem grande campo de aplicação no

processamento de sinais, entendido aqui como tudo que possibilita conhecer, reconhecer, ou prever alguma coisa. Atualmente, seu potencial para modelagem de processos e rapidez de previsões de estados operacionais, levaram-na a vasta utilização na área de controle de processos.

Neste trabalho, propõe-se então o uso de redes neurais artificiais como ferramenta para modelagem do sistema de secagem de gelatina, procurando mostrar, assim, que estas podem ser aplicadas a este sistema, possibilitando a determinação da umidade final da gelatina à saída do secador. Para isso, basta se conhecer as condições a que esta gelatina esteve sujeita durante o processo de secagem, como a umidade do ar utilizada durante a secagem, as temperaturas aplicadas nas diferentes câmaras do secador, a vazão mássica de gelatina e demais variáveis que são apresentadas no capítulo 4.

Portanto, esta modelagem busca, em princípio, a possibilidade de se uniformizar o conteúdo de umidade da gelatina à saída dos secadores, em um determinado “set point” a ser escolhido de acordo com aspectos comerciais e de qualidade do produto. Isto torna-se possível à medida que um modelo matemático confiável seja estabelecido. Através deste é possível se prever a umidade final do produto em função das condições que serão empregadas no decorrer da secagem, podendo então, se atuar sobre variáveis específicas, de maneira a levar o processo a obtenção do produto com o conteúdo de umidade desejado.

Por tratar-se de um estudo de simulação, utilizou-se como ferramenta computacional para modelagem do sistema via RNA's, o Software MATLAB, em virtude de não ser objetivo do trabalho a criação de uma nova ferramenta (programa computacional) para aplicação de redes neurais, mas sim sua aplicação direta ao processo de secagem.

Preliminarmente, no capítulo dois deste trabalho, é apresentada uma visão geral do processo de produção de gelatina, visando principalmente a contextualização da

etapa de secagem. Um enfoque ao secador industrial normalmente utilizado nesta aplicação é também apresentado.

No terceiro capítulo, é apresentada a teoria elementar dos estudos de secagem, alguns aspectos particulares da secagem de gelatina e também a teoria básica associada aos estudos de Redes Neurais Artificiais.

O quarto capítulo apresenta as variáveis influenciadoras do processo de secagem, utilizadas na modelagem via RNA's, os procedimentos adotados e o modelo de RNA proposto para esta aplicação.

O capítulo cinco é dedicado à apresentação dos resultados obtidos, e o capítulo seis à análise dos resultados.

As conclusões e sugestões finais do trabalho são apresentadas no capítulo 7.

2. GELATINA: PROPRIEDADES E MANUFATURA

2.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas algumas noções básicas a respeito da proteína colagênica que dá origem à gelatina, suas principais propriedades físico-químicas, aplicações e uma visão geral do processo de manufatura da gel, de modo a se contextualizar a etapa de secagem, foco principal do trabalho.

2.2. NOÇÕES BÁSICAS

“Gelatina” pode ser definida como sendo o produto obtido da “quebra” irreversível do colágeno (componente proteico primário dos tecidos conjuntivos dos animais) quando submetido a processos degradativos, normalmente envolvendo álcali ou ácido, seguido ou acompanhado por algum grau de aquecimento na presença de água (WARD & COURTS, 1977).

Esta solução formada possui propriedades características, como alta viscosidade em água e, quando resfriadas, “endurecem”, formando um gel cuja resistência (rigidez) é uma das propriedades de qualidade do produto.

Essencialmente, o entendimento da estrutura e das propriedades da gelatina recaem diretamente sobre o estudo da proteína que a originou - o *colágeno*. No entanto, a teoria associada fundamentalmente à estrutura colagênica e sua conversão (hidrólise) em gelatina é ampla e complexa, envolvendo vários fatores que desempenham papéis fundamentais durante a produção de uma gelatina de alta qualidade, não sendo este, entretanto, o nosso objetivo.

Basicamente, pode-se dizer que o colágeno é a proteína mais abundante nos corpos dos mamíferos, estando presente na pele, tendões, cartilagens, ossos e tecidos conectivos. Industrialmente, utiliza-se como matéria-prima, principalmente as peles de bovinos e suínos.

A gelatina comercial, obtida pela hidrólise das macromoléculas oriundas do colágeno, possuem peso molecular variando entre 15.000 e 250.000 Daltons, dependendo de vários fatores influenciadores durante o processo de manufatura (SILVA, 1995).

Além do peso molecular, que é uma das propriedades utilizadas para caracterização das gelatinas comerciais, outros parâmetros físico-químicos são também de interesse na produção de gelatina. Os principais são destacados no item a seguir.

2.2.1. PRINCIPAIS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Entre as propriedades físico-químicas de maior interesse comercial destacam-se:

BLOOM (Rigidez) - esta é uma medida do grau de rigidez da gelatina, sendo expressa em gramas. Uma solução de gelatina em condição padrão de concentração, é gelificada e submetida a um analisador de textura, que produz uma depressão de 4mm na superfície do gel. Quanto maior a força (massa) necessária para realizar esta depressão, maior é o valor de bloom, podendo ser maiores também o valor comercial desta gelatina e suas opções de aplicação.

VISCOSIDADE - juntamente com o Bloom, constituem as duas propriedades físico-químicas mais importantes de caracterização das gelatinas comerciais. As medidas de viscosidade são realizadas em viscosímetros capilares, sendo a gelatina submetida a esta

análise também em concentração padrão. A viscosidade normalmente é expressa em Milipoises (mP).

Outras propriedades não menos importantes de caracterização das gelatinas comerciais que podem ser citadas aqui são os parâmetros de COR e CLARIDADE do produto.

Por ser um produto alimentício, a ausência de contaminação microbiológica deve ser também assegurada, fazendo-se uso para isto de esterilizadores térmicos localizados nas etapas finais de processamento.

2.2.2. APLICAÇÕES

Diversas são as aplicações para as gelatinas alimentícias, como as sobremesas, gomas, vinhos, produtos cárneos, iogurtes, pastilhas, cápsulas farmacêuticas, etc.

Para cada uma destas aplicações, são requeridas diferentes propriedades físico-químicas para o gel, o que torna o processo produtivo extremamente dinâmico quanto ao controle das condições de preparação da matéria-prima, hidrólise e demais etapas posteriores de processamento.

2.2.3. PROCESSO BÁSICO DE MANUFATURA DE GELATINA

Pode-se dizer, conforme destacado por WARD & COURTS (1977), que o processo de produção de gelatina está baseado nos três seguintes passos:

1º - Preparação da matéria-prima - eliminação de materiais não-colagênicos indesejáveis e condicionamento deste material para posterior solubilização;

2º - Conversão do colágeno purificado em gelatina;

3º - Refinamento e recuperação da gelatina na forma seca.

Estas etapas são sucintamente descritas a seguir:

Preparação da Matéria-Prima para Hidrólise

- Inicialmente a matéria-prima colagênica é submetida a um pré-tratamento alcalino (podendo ser empregado cal ou soda) durante vários dias (3 a 12), visando-se “afrouxar” a estrutura do tropocolágeno presente na mesma, bem como solubilizar substâncias não-colagênicas também presentes na matéria-prima.
- A seguir, procede-se a remoção do material não colagênico solubilizado, através da lavagem prolongada (2 a 4 dias) da matéria-prima em meio ácido, complementando dessa forma, a etapa de pré-tratamento da matéria-prima. A qualidade final da gelatina produzida quanto aos parâmetros já mencionados de bloom, viscosidade, cor e claridade dependem em grande parte destas etapas de tratamento, uma vez que um tratamento adequado possibilita trabalhar-se com condições menos drásticas na etapa posterior de hidrólise.

Hidrólise

- Finalizadas as etapas de pré-tratamento, a matéria-prima é submetida a uma hidrólise ácida, onde são controlados parâmetros como temperatura e pH da água de extração. Nesta etapa tem-se então a solubilização do colágeno, formando-se uma solução (água + gelatina + impurezas) numa faixa de concentração que pode variar em torno de 2 a 5%.

Purificação

- As etapas posteriores à hidrólise basicamente visam ou a eliminação de impurezas (partículas em suspensão, fibras, gordura, etc...) ou o aumento da concentração da solução de gelatina. Entre as operações normalmente utilizadas no processamento, estão *centrifugação* (remoção de gordura e partículas grosseiras), *filtração* (remoção de partículas em suspensão), *deionização* (eliminação de íons indesejáveis à qualidade da gelatina) e *evaporação* (onde normalmente são empregados equipamentos de múltiplo efeito para se alcançar concentrações finais de gelatina na faixa de 25 a 34%).

Gelificação/Secagem/Armazenamento

- As etapas finais do processamento da gelatina são a *gelificação* (passagem da solução de gelatina do estado líquido para o sólido, por meio de resfriamento da solução), a *extrusão* (formação de filamentos sólidos longos e cilíndricos), a *secagem* (normalmente empregada através de secadores denominados “*adiabáticos*”), seguindo-se finalmente as etapas de *moagem*, *empacotamento* e *armazenamento* do produto final.

Um fluxograma básico das etapas apresentadas pode ser visualizado através da figura 2.1:

Fluxograma Básico de Manufatura de Gelatina

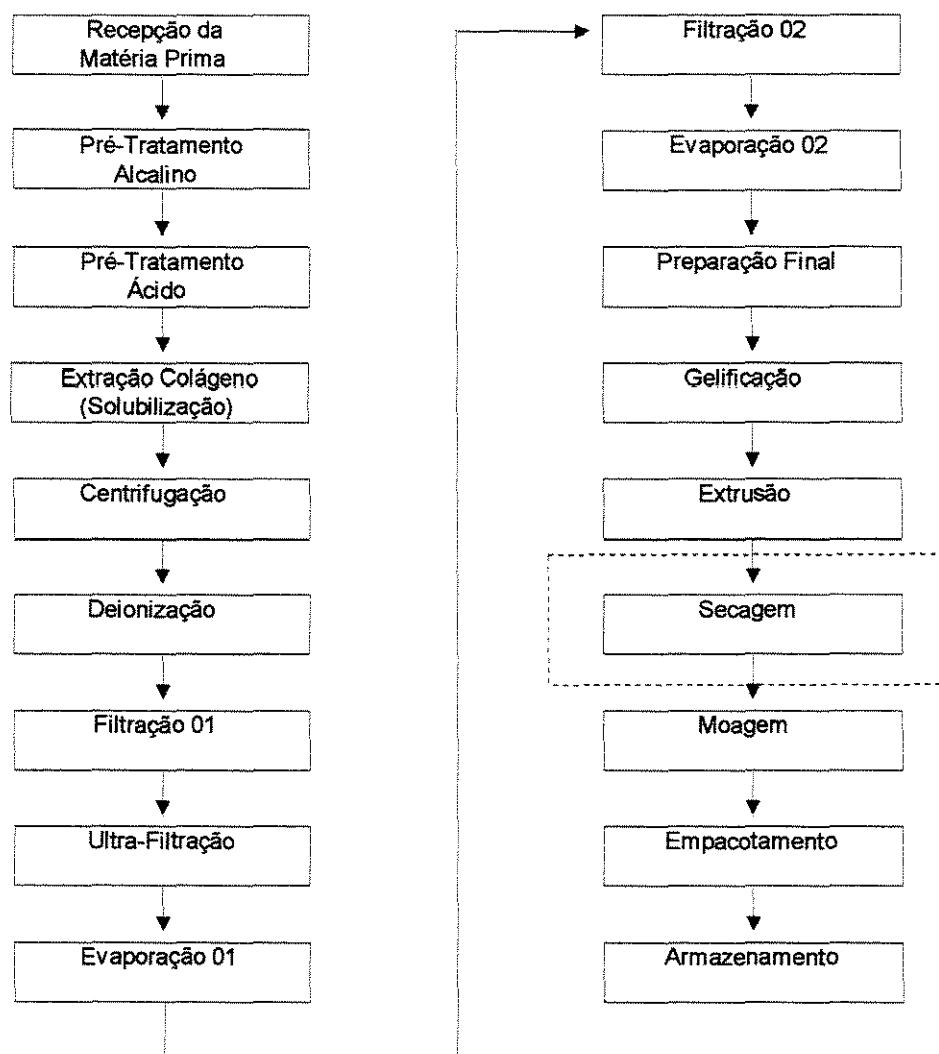


Figura 2.1. Fluxograma do Processo de Produção de Gelatina

O foco de maior interesse neste trabalho recai sobre a etapa de secagem, na qual se objetiva a realização da modelagem deste sistema através do uso de Redes Neurais Artificiais. Esta modelagem busca, em princípio, a possibilidade de se conseguir industrialmente a uniformização do conteúdo de umidade dos lotes de gelatina produzidos, baseando-se exclusivamente nas próprias condições de secagem empregadas, ou seja, nas variáveis envolvidas no decorrer deste processo.

A seguir, apresenta-se então uma visão geral do secador industrial utilizado nesta aplicação.

2.2.4. SECADOR INDUSTRIAL DE GELATINA

Industrialmente, a secagem da gelatina é realizada em secadores esteira denominados também de “adiabáticos” ou de contato direto (sólido-ar). Nestes secadores os filamentos de gelatina formados após a etapa de gelificação são continuamente alimentados a uma esteira transportadora perfurada, onde um fluxo de ar quente passa perpendicularmente à camada de gelatina formada. Câmaras divididas são utilizadas ao longo do secador, possibilitando, assim, se ter diferentes faixas de temperaturas no decorrer da secagem.

A umidade média da gelatina que é alimentada ao secador apresenta-se em torno de 70% (em base úmida), sendo formada na esteira do secador uma camada de gelatina de aproximadamente 7-15 cm de altura (altura esta variável de acordo com a velocidade da esteira transportadora).

A velocidade da esteira transportadora que se move ao longo do secador é controlada de maneira a se ter no final da secagem gelatina com umidade compreendida entre 8 e 12%, não sendo no entanto, esta variável normalmente conhecida simultaneamente, mas após realização de análise laboratorial. Este é um fator também que acaba dificultando o controle do teor final de umidade da gelatina produzida.

Para a realização do controle das temperaturas das câmaras de secagem, são utilizados trocadores de calor (radiadores), aquecidos diretamente com vapor saturado, e ventiladores que são dispostos ao longo do secador, que forçam a passagem do ar através dos radiadores e provocam a circulação do ar por entre as câmaras de secagem, sendo, portanto, a temperatura do ar de secagem gradativamente aumentada câmara à câmara.

Exaustores estão também instalados ao longo do secador, possibilitando assim a retirada do ar quente e úmido que teve contato com a gelatina durante o processo de secagem.

A figura 2.2, a seguir, representa um esquema simplificado do secador industrial enfocado neste trabalho.

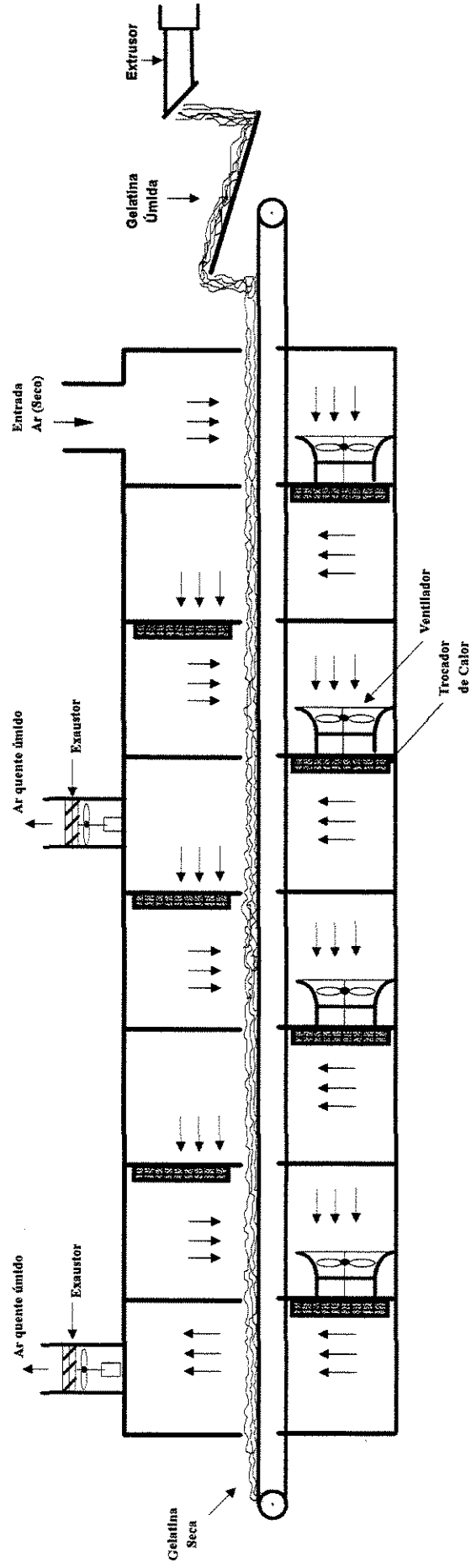


Figura 2.2. Representação Simplificada do Secador de Esteira

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é apresentada a teoria elementar associada aos estudos de secagem, alguns aspectos específicos da secagem da gelatina, e a complexidade da modelagem deste sistema quando enfocado fenomenologicamente. A seguir enfoca-se a teoria fundamental dos estudos de Redes Neurais Artificiais - RNA's, ferramenta matemática utilizada neste trabalho para a realização da modelagem do sistema de secagem, alguns aspectos de sua arquitetura e algoritmos utilizados na etapa de treinamento das Redes Neurais Artificiais.

3.2. SECAGEM

3.2.1. TERMOS E DEFINIÇÕES

A teoria aplicada aos estudos de secagem é normalmente acompanhada da utilização de vários termos e definições amplamente utilizados. Face a isto, apresenta-se nesta parte inicial, algumas destas definições de modo a torná-las familiares:

- **Umidade Base Seca:** é a umidade contida no sólido ou solução, usualmente descrita em termos mássicos, sendo expressa na forma de **massa de água por massa de sólido seco**;
- **Umidade Base Úmida:** é a quantidade de umidade do material expressa como a porcentagem de peso do sólido úmido, ou **massa de água por massa de sólido úmido**;
- **Umidade de Equilíbrio:** é a umidade presente no sólido ou solução, que exerce uma pressão parcial, cuja intensidade depende da natureza da umidade, natureza do sólido e

temperatura. Se o sólido é exposto ao escoamento contínuo de um gás com pressão de vapor fixa, o sólido diminui sua umidade devido a evaporação, ou aumenta sua umidade até que a pressão parcial do sólido se iguale a pressão de vapor do gás. Nesta condição, o sólido e o gás estão em equilíbrio e a umidade contida no sólido é denominada de umidade de equilíbrio (X_e);

- **Umidade Livre:** é a umidade em excesso à umidade de equilíbrio, sendo dada, portanto, pela diferença entre a umidade inicial do sólido e a umidade de equilíbrio ($X - X_e$);

- **Umidade não-ligada:** é a umidade contida no sólido que, em equilíbrio com o gás, exerce uma pressão de vapor igual a do líquido puro na mesma temperatura.

- **Umidade ligada:** é a umidade contida no sólido que, em equilíbrio com o gás, exerce uma pressão de vapor superior a do líquido puro na mesma temperatura.

3.2.2. PRINCÍPIOS ELEMENTARES DA TEORIA DA SECAGEM

Conforme destacado por NONHEBEL (1971), vários são os parâmetros envolvidos nos estudos de secagem e no projeto de novas plantas destinadas a este fim. Os parâmetros influenciadores nestes estudos estão associados à *transferência de calor*, às *condições atmosféricas dos sistema de secagem (gás)*, às *propriedades físicas gerais dos sistemas líquido-sólido* e às *propriedades intrínsecas do próprio sólido*.

MUJUMDAR (1987) e TREYBAL (1980) definem “secagem”, respectivamente, como sendo um processo associado à “remoção térmica de substâncias voláteis para produção de materiais sólidos” ou “a redução do conteúdo de umidade de um determinado sólido para valores aceitavelmente baixos”.

Quando a secagem ocorre através da *vaporização térmica* (meio pelo qual a secagem será enfocada neste estudo), comumente emprega-se secadores denominados “*adiabáticos*”, nos quais o sólido úmido é posto em contato direto com uma corrente de gás aquecida (usualmente ar) propiciando-se, assim, a ocorrência de dois processos de maneira simultânea que são a base da secagem. O primeiro processo é a *transferência de energia (calor)* das vizinhanças para a superfície do sólido, por convecção, o que possibilita a evaporação da umidade superficial, e o segundo processo é a *transferência de massa* (umidade) interna do sólido para sua superfície, de modo a tornar possível a ocorrência do primeiro processo (MUJUMDAR, 1987).

Tanto fatores externos como internos ao sólido, podem influenciar nos processos de transferência simultânea de *calor e massa*, e, portanto, em última análise, a *taxa de secagem*, uma vez que esta é governada pelo processo limitante.

Dentre as variáveis associadas aos fatores *externos*, estão a temperatura, umidade e vazão da corrente de gás (ar) em contato com o sólido, a forma física do sólido, e ainda, a sua disposição durante a etapa de secagem (como este sólido estaria sendo suportado no secador). Ligados aos fatores internos, figuram como variáveis, o conteúdo de umidade presente no sólido, sua temperatura e natureza física.

Quanto a esta última característica, a natureza física do sólido, MUJUMDAR(1987) a diferencia em três tipos:

Meios porosos capilares não-higroscópicos - como areia, minerais triturados, cristais não-higroscópicos, partículas poliméricas e algumas cerâmicas, nos quais os critérios de definição são:

- existência clara de um espaço poroso, estando este ou completamente preenchido com líquido quando saturado ou então preenchido completamente com ar quando seco;
- a existência de umidade fisicamente ligada ao sólido é negligenciável;
- não ocorrência de encolhimento durante o processo de secagem.

Meios porosos higroscópicos - como argila, peneiras moleculares, madeira e produtos têxteis. Nestes sólidos, os critérios de definição são os seguintes:

- existência clara de um espaço poroso;
- existência de uma grande quantidade de líquido fisicamente ligado ao sólido;
- ocorrência freqüente de encolhimento durante os estágios iniciais de secagem.

Meios coloidais (não porosos) - como sabão, cola, alguns polímeros (nylon) e vários produtos alimentícios. Para estes sólidos, os critérios de definição segundo MUJUMDAR são:

- não existência de espaço poroso (ocorrendo a evaporação somente na superfície do sólido);
- todo o líquido está fisicamente ligado ao sólido.

3.2.2.1. ETAPAS DO PROCESSO DE SECAGEM

Quando fatores externos ao sólido, como a temperatura do ar quente e sua umidade, são alimentados ao sistema de secagem de maneira constante, pode ser observada a ocorrência de três estágios distintos de secagem. O primeiro estágio é caracterizado por apresentar uma taxa de secagem constante, a qual permanece até que se atinja uma determinada umidade (denominada crítica), quando então, tem lugar um segundo estágio de secagem, marcado pelo início da queda da taxa de secagem e subdividido em primeiro e segundo períodos de taxa de secagem decrescentes. Este período se estende até que a taxa de secagem chegue a “zero”, num certo teor de umidade de equilíbrio, o qual é o menor teor de umidade atingível pelo sólido nas condições a que está submetido (FOUST & OUTROS, 1982).

A figura 3.1. representa uma curva típica da taxa de secagem em condições constantes (taxa de secagem em função do teor de umidade).

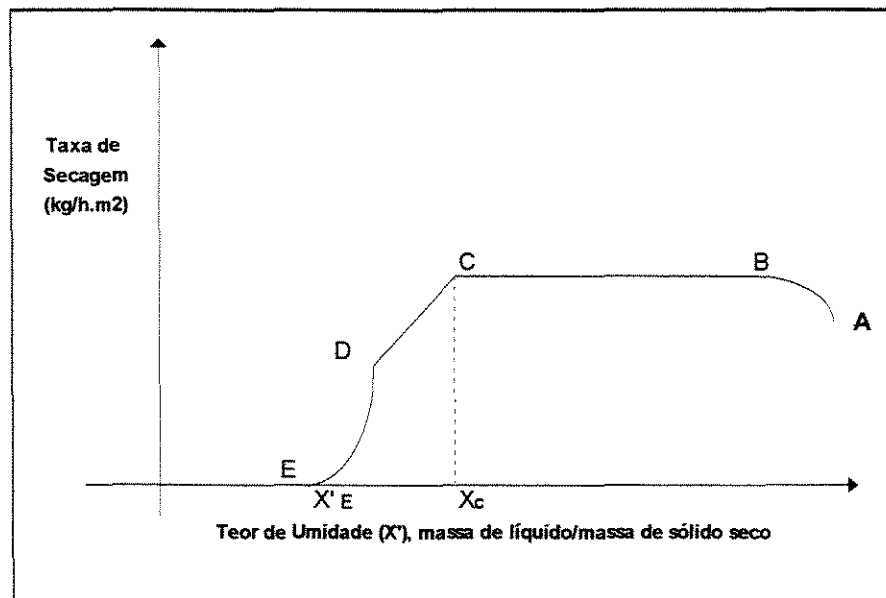


Figura 3.1. Curva de Taxa de Secagem em Condições Constantes de Secagem

O período de secagem representado pelo segmento **AB** é o período em regime não permanente, durante o qual a temperatura do sólido atinge o seu valor de regime permanente. Embora esta seja uma curva típica, **AB** pode ocorrer com uma velocidade crescente, conforme se mostra, ou com velocidade decrescente.

A difusão do vapor de água da superfície do sólido completamente saturado com um filme líquido (umidade não ligada) para o seio do gás, é assumida como responsável pelo período de *taxa de secagem constante* e representada pelo segmento **BC**.

A secagem ocorre como se fosse a evaporação de uma massa de líquido, sem haver a influência direta do sólido na taxa de secagem. A temperatura da superfície do sólido atinge, como se pode esperar, a temperatura de bulbo úmido. Neste período, uma vez que a vaporização térmica ocorra puramente devido a convecção, a taxa de secagem, como já mencionado, dependerá exclusivamente das condições externas de secagem impostas ao

sistema, ou seja, da velocidade, temperatura e umidade do ar de secagem, sendo o coeficiente de difusão do líquido através do seio do gás o fator controlador do período.

Segundo SILVA(1995), a taxa de secagem durante esta etapa pode ser escrita em termos de um coeficiente de transferência de massa do gás (k_y) e uma diferença de umidade, neste caso, do gás na superfície líquida (Y_{sat}) e no seio do gás (Y_{ar}), conforme a equação:

$$N = K_y [Y_{sat} (T_s) - Y_{ar}]$$

onde o termo Y_{sat} é a umidade de saturação da superfície líquida na temperatura do sólido (T_s).

A partir do ponto C, conhecido como *conteúdo de umidade crítica* (X_c), a superfície do sólido não é mais capaz de fornecer umidade superficial livre para saturação do ar em contato com o sólido, ou seja, regiões secas surgiram na superfície do sólido, gerando assim o segmento CD. Este segmento é denominado de *primeiro período de taxa de secagem decrescente*, onde o fator controlador do período será dado, então, pelo mecanismo através do qual a umidade interna do material será transferida para sua superfície, variando este mecanismo acentuadamente com a própria estrutura do sólido.

Nos sólidos que têm espaços vazios e abertos relativamente grandes, por exemplo, o movimento será, possivelmente, controlado pelas forças de tensão superficial (capilaridade) e forças de gravidade no interior do sólido. Nos sólidos com estruturas fibrosas, ou amorfas, o movimento do líquido ocorre por difusão através do sólido.

Durante este período de taxa decrescente de secagem, a velocidade do movimento do líquido para a superfície é menor que a velocidade com que a massa é transferida da superfície. No ponto D não há, na superfície, qualquer área significativamente saturada com líquido.

Nos teores de umidade mais baixos que os do ponto **D**, toda a evaporação ocorre a partir do interior do sólido. À medida que o teor de umidade continua a cair, a distância a ser coberta na difusão do calor e massa aumenta até que, em X'E, o teor de umidade de equilíbrio cessa a secagem. O teor de umidade de equilíbrio é atingido quando a pressão de vapor sobre o sólido é igual à pressão parcial do vapor no gás secante afluyente. Este período é denominado de “*segundo período de taxa decrescente*”.

Em geral, sólidos orgânicos fibrosos ou gelatinosos apresentam a umidade como parte integrante da estrutura do sólido ou então retida no interior de fibras ou de poros delgados internos.

A curva de secagem destas substâncias mostram períodos de taxa constante muito curtos, que terminam em valores elevados do teor crítico de umidade. Pelas mesmas razões, o primeiro período de taxa de secagem decrescente é muito reduzido, e a maior parte do processo de secagem é controlada pela difusão do líquido, isto é, a velocidade de secagem é controlada pela velocidade de difusão do líquido através do sólido. A maior parte da secagem ocorre no segundo período de taxa decrescente. Os teores de umidade no equilíbrio são em geral elevados, o que indica ser significativa a quantidade de água retida intimamente na estrutura do sólido.

Em virtude da água presente fazer parte da estrutura do sólido, os sólidos são afetados pela remoção da umidade. As camadas superficiais tendem a secar mais rapidamente que o interior quando a taxa de secagem for muito elevada. Assim sendo, é possível que se estabeleçam diferenças tão grandes no teor de umidade no interior da amostra, provocando rachadura ou empenamento. Em outros casos, é possível que se forme um revestimento relativamente impermeável de material parcialmente seco, que inibe o prosseguimento da secagem no interior e pode acentuar a desigualdade de teores de umidade na amostra, com o conseqüente realce da tendência do sólido deteriorar-se. Dessa maneira, as condições de realização da secagem são críticas, devendo os efeitos sobre a

qualidade do produto serem primordialmente enfocados, abordando-se, em segundo plano, a economia do processo ou a comodidade da operação (FOUST & OUTROS, 1982).

Finalmente, como mencionado por SILVA (1995), freqüentemente supõe-se uma variação linear nas etapas de taxa de secagem decrescente, podendo-se então interligar os pontos C e E da figura 3.1., através de um segmento de reta, passando por estes dois pontos e expressando-se então a taxa de secagem durante este período pela seguinte equação:

$$N = K_y [Y_{sat} (T_s) - Y_{ar}] \frac{ (X - X_E) }{ (X_C - X_E) }$$

onde,

N taxa de secagem (kg água/h.m²)

k_y coeficiente de transferência de massa (kg água / Δ $\bar{Y}$ m² h)

Y_{ar} umidade do ar (kg água/kg ar úmido)

$\bar{Y}_{sat}$ umidade de saturação do ar (kg água/kg ar seco)

T_s temperatura do sólido (K)

X umidade da partícula (kg água/ kg sólido seco)

X_c umidade crítica (kg água / kg sólido seco)

X_e umidade de equilíbrio (kg água / kg sólido seco)

3.2.3. SECAGEM DE GELATINA

A SECAGEM, como já mencionado, constitui-se praticamente na última etapa do processo de manufatura de gelatina, seguindo-se somente as etapas de moagem e empacotamento. Como nas demais operações realizadas durante o processo produtivo, aspectos relevantes são também controlados durante esta etapa, tanto em nível econômico, como por exemplo o controle do consumo de energia (vapor de água) durante a etapa, como também em nível de qualidade do produto final. Conforme destacado por (BRUIN &

LUYBEN, 1980) *apud* (SOUSA, 1996), “o processo de desidratação influencia na qualidade dos alimentos sob vários aspectos, dentre os quais a ocorrência de conversões químicas e mudanças físicas durante a secagem”, fato este que faz merecer especial atenção o controle sobre as temperaturas empregadas durante o processo de secagem da gelatina, por tratar-se esta de um produto termosensível.

A eliminação de água de soluções líquidas de gelatina apenas é possível industrialmente, mediante o uso de secadores pulverizadores (*spray dryers*) ou secadores de rolos aquecidos, conforme destacam WARD & COURTS (1977). Apesar dos secadores pulverizadores serem mais viáveis economicamente, a gelatina produzida por este processo de secagem apresenta algumas características indesejáveis como:

- significativa degradação das propriedades;
- produção de um pó com densidade aparente muito baixa sendo, conseqüentemente, necessários grandes volumes para o transporte;
- produção de uma gelatina com uma área específica muito grande, o que contribui para uma adsorção irregular da água durante a rehidratação do pó (normalmente utilizada para aplicações), resultando assim em uma solução com muitos grânulos insolúveis (mesmo a quente).

Quanto à utilização de secadores de rolos aquecidos, estes trazem também algumas desvantagens de utilização como o aquecimento excessivo da gelatina (provocando degradação do produto), e uma forte formação de espumas sobre as superfícies dos rolos, o que não tornou sua utilização popular.

Desse modo, a secagem da gelatina normalmente não se processa através do uso de soluções líquidas, mas apenas após ter sido realizada a etapa de gelificação, na qual a

solução líquida concentrada é resfriada e extrudada, havendo, então, a formação de “noodles” que são enviados à etapa de secagem.

NEITZEL & MASSARANI (1987) destacam que a secagem de gelatina, de igual modo a outras substâncias como a borracha sintética, guta-percha, pectina, albumina, poliuretano, etc, apresenta um comportamento característico. Em todas estas substâncias, a secagem é normalmente acompanhada por uma contração de volume que é aproximadamente equivalente ao volume do solvente evaporado durante a etapa.

Substâncias que apresentam um comportamento de contração de volume ideal caracterizam-se pela movimentação da umidade interiormente ao sólido, exclusivamente pelo mecanismo da difusão, obedecendo assim à lei de Fick. Nestes materiais, conforme destacado acima, está completamente excluída a possibilidade da existência de poros gasosos.

Isto foi evidenciado por (KRISHER & KAST, 1978) apud (SOUSA, 1996), que constatarem através de medidas experimentais, o comportamento ideal da contração de volume para o caso específico da gelatina, até umidades da ordem de 10%, já que abaixo deste valor, poros internos surgiram na estrutura.

Dessa maneira, fica evidente para o caso específico da gelatina, que durante o período de *taxa de secagem decrescente*, quando o fator controlador da etapa é determinado pelo mecanismo de movimentação da umidade no interior do sólido, tem-se como mecanismo controlador a difusão da umidade do interior do sólido para sua superfície.

Com relação ainda à secagem propriamente dita, WARD & COURTS (1977) destacam a importância do uso controlado da temperatura durante o processo, uma vez que o uso de altas temperaturas nos estágios iniciais da secagem, podem causar a liquefação do gel. No entanto, em estágios posteriores à remoção da “umidade livre” (após finalizado o período de taxa de secagem constante) quando a lenta difusão da umidade no interior do

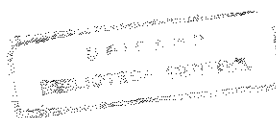
sólido controla a taxa de secagem, tem-se o aparecimento de uma capa de gelatina parcialmente seca em torno dos “noodles”, o que dificulta ainda mais a migração da umidade para a superfície. Nesta situação, explora-se o aumento da temperatura do ar de secagem, uma vez que nestas condições a capa que envolve os “noodles” acaba por proteger a gelatina contra a liquefação.

3.2.3.1. MODELAGEM MATEMÁTICA NA SECAGEM DE GELATINA

Diversos trabalhos foram anteriormente realizados especificamente tomando-se como base a etapa do processo de secagem de gelatina, tendo no entanto, objetivos ou formas de tratamento significativamente diferentes das propostas neste trabalho. Destacam-se aqui os trabalhos realizados por NEITZEL & MASSARANI(1987), SILVA (1995) e SOUSA (1996), todos enfocando de alguma forma a secagem de gelatina produzida industrialmente pela *LEINER DAVIS GELATIN*, empresa voltada à produção de gelatina alimentícia/farmacêutica.

Dos trabalhos elaborados em nível de simulação da etapa de secagem de gelatina, todos foram abordados de maneira fenomenológica. NEITZEL & MASSARANI(1987) estudaram inicialmente a modelagem matemática dos secadores industriais de gelatina e através de medidas de secagem de um secador batch (leito fixo) “verificaram que as equações utilizadas para modelar a cinética da secagem deveriam ser aprimoradas para descrever com mais fidelidade a fase com velocidade decrescente de secagem”.

NEITZEL (1987) abordou ainda aspectos como a influência da umidade absoluta do ar, concentração inicial da gelatina submetida ao processo de secagem e vazão de ar para a secagem industrial de gelatina, procurando assim, determinar as melhores condições de secagem, e ainda, as condições que propiciassem uma maior produção nos secadores industriais.



SILVA (1995) utilizou também um secador batch de leito fixo para a elaboração de um modelo matemático e simulação numérica do processo de secagem de gelatina. Em seu trabalho, foram abordados temas como a secagem da partícula e do leito de gelatina, tendo sido utilizado na resolução do modelo da secagem da partícula, a técnica de elementos de contorno, enquanto para a resolução do modelo de secagem do leito, foi discretizada a “altura do leito”, obtendo-se, dessa forma, um sistema de equações diferenciais ordinárias, as quais foram resolvidas pelo método de Gear.

NEITZEL(1987) e SILVA(1995) abordaram em seus trabalhos aspectos importantes em relação às hipóteses empregadas durante a elaboração dos modelos matemáticos. Algumas recomendações foram feitas ainda por SILVA(1995) em seu trabalho, para que a elaboração de trabalhos futuros compreendesse estes aspectos e complementasse, dessa maneira, a modelagem matemática levantada para a secagem de gelatina. Entre as sugestões levantadas por SILVA(1995) estão:

- **a verificação da influência da “contração” da gelatina durante o processo de secagem**, indicando que testes experimentais seriam necessários para a “determinação da porosidade do leito e da área de transferência em função da umidade média do leito”, logicamente para este tipo específico de gelatina em estudo;
- **a caracterização através de medidas experimentais das propriedades físicas da gelatina**, como: coeficiente de difusão, calor de desorção do sistema água-gelatina e curvas de equilíbrio;
- e, finalmente, **um estudo da condutividade térmica da gelatina em função da umidade do gel**, considerando-se ainda a formação de gradientes de temperatura no interior do gel;

Conforme já mencionado, o modelo matemático levantado por SILVA (1995), tomou como base um secador batch de leito fixo, não tendo sido realizados testes a

nível de simulação numérica para os secadores industriais, fato este destacado por SILVA(1995) ainda em suas recomendações, e que requeririam ainda alterações em seu modelo proposto, uma vez que o fluxo de ar para este caso não se apresenta somente perpendicularmente ao leito, mas também paralelo a este.

SOUSA(1996) em trabalho posterior, determinou experimentalmente o valor da condutividade térmica da gelatina com a variação de umidade, através dos métodos de placas paralelas em regime permanente e de sonda linear em regime transiente. Os resultados destes experimentos indicaram que “existe uma forte dependência linear da condutividade térmica da gelatina com o teor de umidade, variando esta entre 0,128 e 0,467 kcal/h.m.°C, para umidades de 10% a 75%, respectivamente”. Destacou-se ainda neste trabalho que esta dependência, poderia no modelo fenomenológico elaborado por SILVA(1995), acarretar “sérias alterações, pois as equações de transferência de massa e energia deveriam ser analisadas simultaneamente” (SOUSA, 1996).

O modelo matemático elaborado por SILVA (1995) é apresentado no capítulo 8 (Anexos).

De acordo portanto com os modelos matemáticos já elaborados para esta aplicação, verifica-se realmente a complexidade associada aos fenômenos que ocorrem neste processo, além da necessidade que existe ainda de se levantar propriedades físico-químicas para a gelatina, de modo a melhorar a performance destes modelos, conforme recomendado por SILVA(1995).

Isto serve portanto como estímulo para a abordagem deste assunto através de uma nova ferramenta, o uso das Redes Neurais Artificiais para a modelagem do sistema de secagem. O item a seguir, destina portanto, a apresentar a teoria básica envolvida nos estudos de RNA's, cuja aplicação tem sido crescente no ramo da engenharia.

3.3. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Como parte introdutória deste item que procura abordar a teoria de Redes Neurais Artificiais, nada mais conveniente que a apresentação deste assunto, dada pelo professor Z.L. Kovacs da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, no prefácio de seu livro “Redes Neurais Artificiais: Fundamentos e Aplicações”.

Segundo o Professor KOVACS (1996), “Rede Neural Artificial - um termo raro há cerca de uma década atrás nas literaturas científicas, representa hoje uma vigorosa área de pesquisa multidisciplinar. É freqüentemente identificada como uma subespecialidade de Inteligência Artificial, outras vezes como uma classe de modelos matemáticos para problemas de classificação e conhecimento de padrões, outras ainda, como uma parte da teoria conexionista dos processos mentais, e finalmente, como uma categoria de modelos em ciência da cognição. Embora todas estas categorias sejam aplicáveis às redes neurais, tratá-las apenas em algum destes contextos seria severamente limitante. Hoje, redes neurais artificiais constituem genuinamente uma teoria para o estudo de fenômenos complexos”.

Descreve-se assim neste item, a teoria associada a Redes Neurais Artificiais, ou seja, o neurônio biológico que é a base da computação neural, sua utilização como ferramenta computacional, arquiteturas utilizadas e finalmente, os algoritmos de treinamento envolvidos nestes estudos.

3.3.1. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS E O NEURÔNIO BIOLÓGICO

Redes Neurais Artificiais -RNA's, conhecidas também por neurocomputação, processamento paralelo distribuído, sistemas neuromórficos, computadores biológicos e neuro-computadores, são sistemas que procuram imitar as habilidades computacionais do sistema nervoso humano, ou melhor, a capacidade dos neurônios biológicos de “aprender”,

graças a interações complexas que ocorrem entre os cerca de 10 bilhões de neurônios existentes no cérebro, e que são identificados como sendo responsáveis pelo comportamento inteligente do ser humano.

As interações (manifestações elétricas) que ocorrem nos neurônios biológicos, foram melhor entendidas a partir da década de 40, quando passou-se a compreender o neurônio biológico como sendo basicamente o dispositivo computacional elementar do sistema nervoso.

Ao visualizar esquematicamente o neurônio biológico, conforme a figura 3.2, verifica-se que o mesmo é composto basicamente por um corpo celular, que é o centro dos processos metabólicos da célula nervosa, e extensões filamentosas denominadas de dendrites e axônio. Os dendrites têm a função neuronal de conduzir os sinais das extremidades (que chegam de outros neurônios) para o corpo da célula, enquanto o axônio, que surge de um ponto do corpo celular chamado *axon hillock*, tem a função de transmitir o sinal do corpo da célula à outra extremidade da mesma (saída). Este chega quase a tocar nos dendrites de outros neurônios.

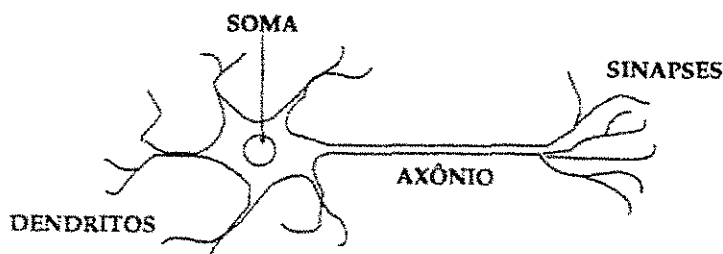


Figura 3.2 - Neurônio Biológico

Quando os sinais de entrada chegam ao corpo da célula neuronal, através de pulsos elétricos conhecidos como impulsos nervosos, ocorre um processo de integração (soma) dos estímulos de entrada, e como resultado, pode ser gerado um impulso elétrico de

saída no neurônio. O processo de controle da produção do impulso elétrico de saída, é normalmente aceito como uma função de limiar, ou seja, uma saída é produzida, caso a soma das entradas seja maior ou igual a um dado limiar, mecanismo este que define a característica tudo-ou-nada dos neurônios biológicos (a qualquer momento, os neurônios estão “disparando” ou não impulsos elétricos).

Outro ponto importante no entendimento do funcionamento neuronal, diz respeito ao pequeno espaço existente entre axônio de um neurônio e dendrites de outros neurônios. Este espaço é chamado de sinapse ou região sináptica. Estas regiões ocorrem também de dendrites para dendrites ou até mesmo de axônio para dendrite de um mesmo neurônio.

Esta região pode ser subdividida em duas membranas (dois lados). A primeira é chamada de membrana pré-sináptica e se refere ao lado do neurônio que envia o sinal. A segunda, recebe o nome de pós-sináptica, e se refere ao lado do neurônio que recebe o sinal.

As transferências de “informações” entre os neurônios na região sináptica, só são possíveis graças a substâncias eletroquímicas existentes entre estas membranas (pré e pós-sinápticas). Estas substâncias são chamadas de neurotransmissoras, sendo, conforme destacado por MEHROTRA (1997) de dois tipos:

Tipo I - substâncias de caráter excitatório, como por exemplo, o *glutamato*;

Tipo II - substâncias de caráter inibitório, como por exemplo, o Gama-Amino Ácido Butírico;

As substâncias de caráter excitatório atuam nas interconexões neuronais, permitindo a passagem da informação de neurônio para neurônio, enquanto que as

substâncias de caráter inibitório, bloqueiam a atividade de uma célula a outra, impedindo ou dificultando a passagem da informação entre os neurônios.

De um modo geral, conforme destaca LOESCH (1996) embora existam muitas substâncias químicas neurotransmissoras diferentes, apenas uma delas é liberada em todos os terminais do neurônio durante uma dada ativação, sendo esta sempre de caráter toda excitatória ou toda inibitória.

Basicamente, portanto, esta visão demonstra o contexto do funcionamento dos neurônios biológicos, sendo estes a base fundamental dos estudos em Redes Neurais Artificiais, como será visto no item a seguir.

3.3.2. REDES NEURAIS ARTIFICIAIS COMO FERRAMENTA COMPUTACIONAL

Baseado nas observações dos neurônios biológicos, pesquisas no campo da Inteligência Artificial (IA) procuraram modelar o comportamento do cérebro humano através das Redes Neurais Artificiais.

Estas foram criadas, analogamente à estrutura cerebral, ou seja, criando-se neurônios (ou nódulos) altamente interconectados.

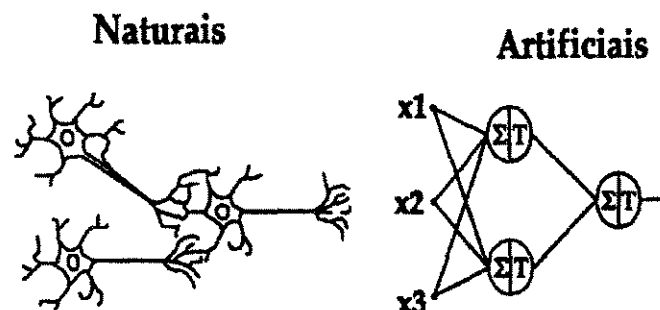


Fig. 3.3 - Analogia entre os neurônios naturais (biológicos) e os neurônios artificiais

Segundo TEUVO KOHONEN, um importante pesquisador finlandês, uma rede neural é “uma rede massivamente paralela, interconectada de elementos e suas organizações hierárquicas, que estão intencionadas para interar com objetos do mundo real, do mesmo modo que um sistema nervoso biológico faz” (TAFNER, 1996).

Assim, como o próprio nome sugere, as redes neurais são uma coleção de “neurônios” dispostos de forma a configurarem um aspecto específico, conforme o apresentado na figura 3.4.

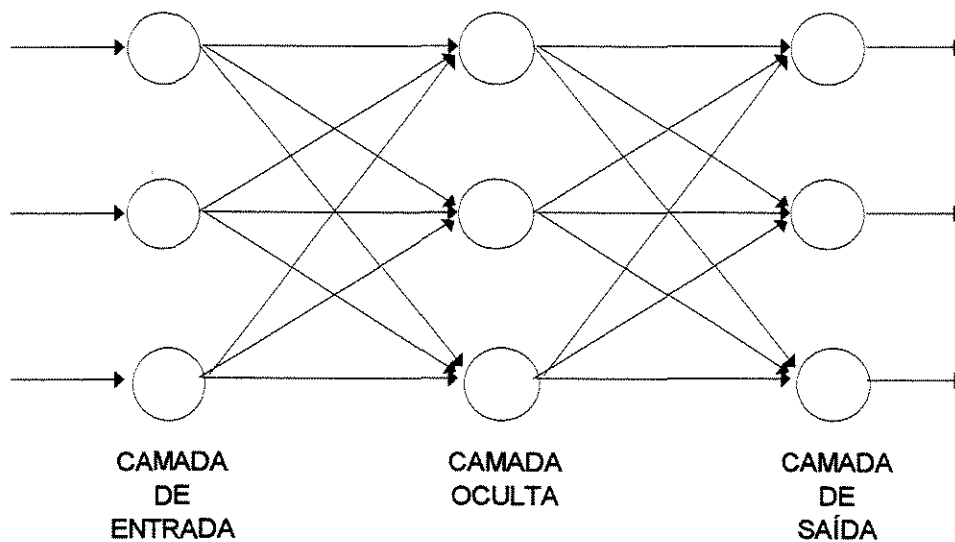


Figura 3.4 - Configuração Básica de RNA's

Nesta estrutura, cada neurônio artificial (similarmente ao neurônio biológico) realiza algum tipo de computação simples e cada conexão transfere um sinal de um neurônio a outro, através de uma “potência de conexão” ou “peso”, que pode ser “amplificado” ou “diminuído” pela conexão, similarmente à região sináptica no neurônio biológico, que transmite sinais sejam eles excitatórios ou inibitórios.

Os neurônios que recebem diretamente as entradas da rede, constituem o que se chama de “camada de entrada”. Os neurônios que recebem como entrada as saídas da primeira camada, constituem a segunda camada e, assim, sucessivamente até a camada final,

que é a camada de saída. As camadas internas (localizadas entre as camadas de entrada e saída) são geralmente denominadas de “camadas ocultas”.

Abordando-se individualmente os neurônios artificiais, conforme ilustrado na figura 3.5, verifica-se que estes são constituídos por uma ou mais entradas e uma saída, similarmente ao neurônio biológico.

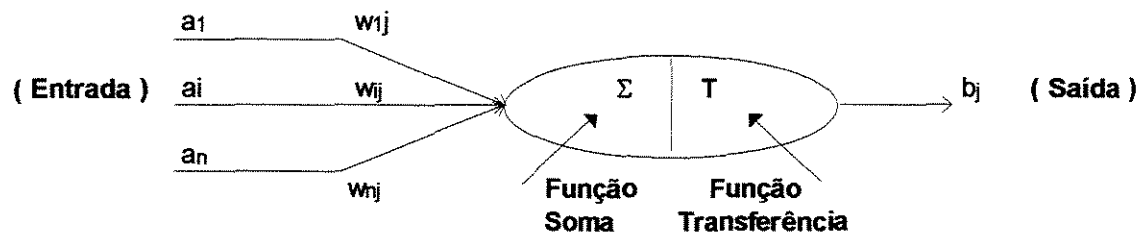


Figura 3.5 - Neurônio Artificial

Os “pesos” (w_{ij}) entre as conexões dos neurônios, como já mencionado, procuram simular o comportamento das conexões sinápticas (neurônios biológicos), representando assim o grau de importância que determinada entrada possui em relação àquele determinado neurônio.

Uma função soma (ativação) é utilizada no neurônio para acumular os dados recebidos (estímulos) de outras células, e uma função de transferência é utilizada para processar a função soma, transformando-a, e através da comparação com um determinado valor de limiar (um valor estipulado) passar esta informação adiante, através da saída.

Além das entradas normais de uma rede, uma outra entrada adicional (viés) pode ser acrescentada ao neurônio artificial, não proveniente de nenhum outro neurônio, e de valor de entrada fixado em +1. Embora inexista biologicamente, seu uso nos modelos artificiais provê meios de transladar o valor de limiar da função transferência.

O viés é adicionado à soma ponderada das entradas, e atua como outra entrada, transladando sempre o valor de limiar.

A figura 3.6 mostra a representação do neurônio artificial com a entrada de viés.

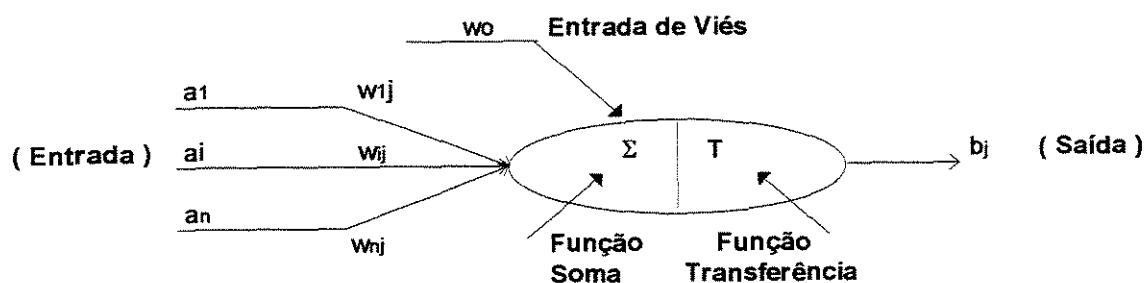


Figura 3.6 - Neurônio Artificial

Com relação ainda à função de transferência, TAFNER (1996) destaca que estas podem ter muitas formas e métodos, podendo ser simples ou complexas. A figura 3.7 apresenta algumas funções de transferência tipicamente utilizadas em redes neurais:

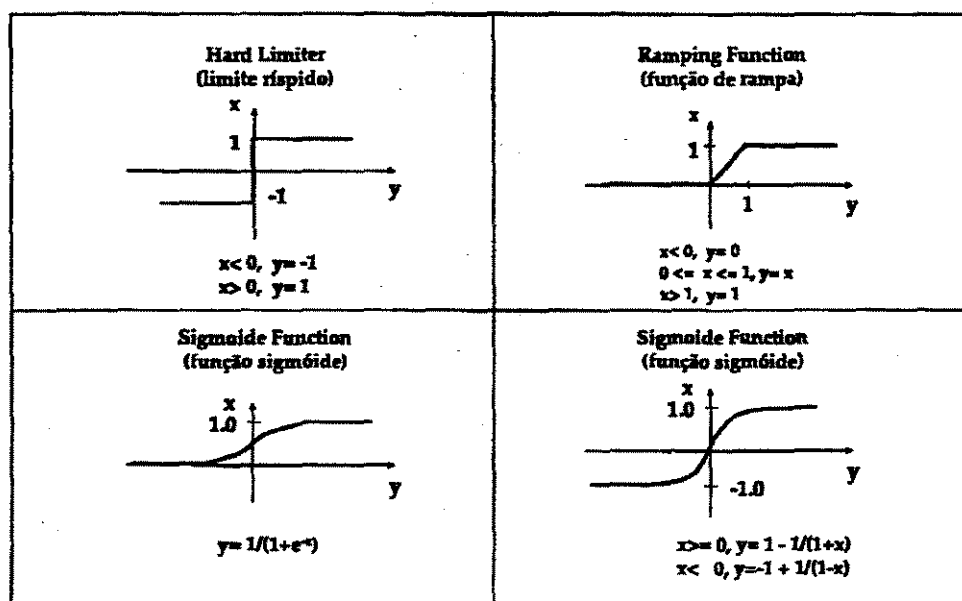


Figura 3.7 - Funções de Transferência mais conhecidas

Dentre estas funções, pode-se destacar as funções sigmoidais, que caracterizam-se pelo seu formato em letra “S” alongada, sendo contínuas, monotonicamente crescentes e limitadas por duas assíntotas horizontais. São utilizadas normalmente para decisões, onde as saídas limites são disparadas quando existe uma saturação muito alta do valor de ativação. Em outras palavras, significa que esta função $[f(x) = 1/(1+e^{-x})]$ produziria um 0 (zero) de saída somente quando o valor passado da função de ativação tivesse um grande valor negativo, e produziria o valor de saída 1(um) quando a ativação tivesse um grande valor positivo. Suas características tornam seu uso vantajoso para este tipo de aplicação, pois possibilitam um treinamento mais rápido e eficiente, resultando ainda em RNA's bem comportadas.

Isto posto, tem-se que mediante a aplicação de algoritmos de “treinamento” ou “aprendizagem” às redes, tem-se o ajustamento dos pesos existentes entre as conexões dos neurônios, podendo assim se estabelecer as correlações existentes entre variáveis de entrada e variáveis de saída, associadas a processos ou funções em estudo.

Em outras palavras, é possível se determinar através das RNA's as relações de causa/efeito existentes em um determinado processo, através da história deste, ou seja, de dados de entrada e saída já conhecidos deste processo.

Conforme destacado por YAMAMOTO (1993), tendo as RNA's a capacidade de “aprender” o que ocorre num processo, sua potencialidade em processos químicos é grande, pois a maioria deles apresentam fortes não-linearidades, contornando-se, assim, as dificuldades inerentes à obtenção de um modelo fenomenológico representativo do processo. No entanto, o sucesso da modelagem, via RNA's, depende fortemente do conhecimento das principais variáveis do processo, além de ser necessário ter uma base de dados de boa qualidade, ou seja, que contenha todas as informações importantes do processo e o domínio desejado.

Estes fatores contribuíram para explosão nos últimos anos, da utilização de redes neurais artificiais em diversas áreas de interesse, como a financeira, médica, geológica, física, química e de engenharia.

Na área de engenharia, por exemplo, o elevado número de artigos publicados, refletem o interesse no assunto, abrangendo as mais diversificadas aplicações industriais.

Como exemplo, pode-se citar trabalhos variando desde estudos na área de bioprocessos como os realizados por LATRILLE (1994) no controle de tempos de fermentação de leite, como também aplicações a processos de destilação, como por exemplo os realizados por FILETI (1997) ou ainda na área de secagem, como os estudos realizados por DUCHESNE & OUTROS (1997) na modelagem e controle de secadores rotatórios de minerais e químicos em larga escala, BALASUBRAMANIAN & OUTROS (1996) que modelaram através de RNA's um secador de leite fluidizado e CUBILLOS & OUTROS (1996) que abordaram a modelagem neural na secagem de sólidos particulados.

Redes Neurais Artificiais surgem, portanto, como uma alternativa atrativa nos estudos de processos complexos, qualificando-se assim para o estudo da secagem de gelatina.

3.3.3. ARQUITETURA DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Conforme FILETI (1995), existem três opções de interconexão entre os neurônios, ou seja, maneiras pelas quais os neurônios podem estar organizados em camadas, conforme figura 3.8:

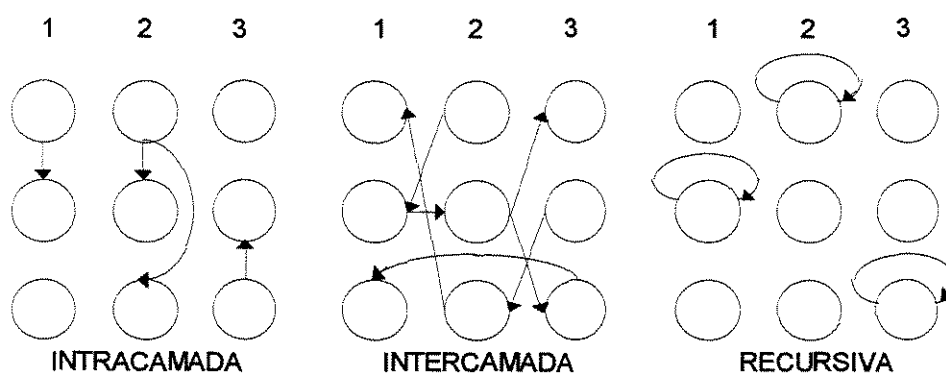


Figura 3.8 - Opções de Conexões entre neurônios em uma RNA

Na topologia de rede intracamadas, um neurônio alimenta outros neurônios de uma mesma camada. Nas conexões intercamadas, as saídas de um neurônio alimentam neurônios de outras camadas, podendo ainda ser designadas de RNA amplamente conectadas quando todas as saídas dos neurônios de uma camada estão conectadas com todos os neurônios da próxima camada. Por último, nas conexões recursivas, a saída de um nódulo alimenta ele próprio.

Segundo ainda QUANTRILLE e LIU (1991) (apud FILETI, 1995), a conexão intercamadas é particularmente importante para as aplicações de engenharia, havendo duas opções de interconexão, quais sejam, *direta* ou por *retro-alimentação*, conforme destacado na figura 3.9 abaixo:

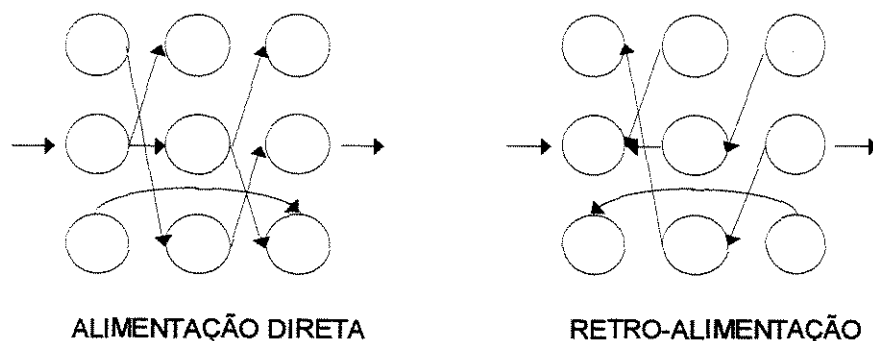


Figura 3.9 - Opções de conexões intercamadas

Segundo ainda os autores acima, para modelagens dinâmicas de equipamentos, o que se quer é mapear uma resposta baseada em informações de entrada, e para tanto, deve ser utilizada a conexão intercamadas com alimentação direta, podendo esta topologia de rede ser chamada de “Perceptron” .

3.3.4. TREINAMENTO DAS RNA'S

Basicamente pode se dizer que o treinamento das RNA's consiste no ajustamento dos pesos (w_{ij}), existentes entre as conexões dos neurônios, de maneira a se produzir a resposta de saída desejada, baseando-se para isso nas informações de entrada da rede. Através da apresentação de “exemplos de comportamento” à rede, torna-se então possível a determinação das relações de causa-efeito existentes entre as variáveis envolvidas no modelo em estudo.

Assim, após a etapa de “treinamento”, a rede deve ser eficientemente capaz de garantir um mapeamento para qualquer par de entrada/saída que seja introduzido na rede e que faça parte de seu domínio.

O processo de treinamento ou “aprendizagem”, por parte da rede, pode acontecer basicamente de duas formas ou caminhos, quais sejam:

- *Aprendizado Supervisionado* - a rede deve apresentar necessariamente pares de entrada e saída. Os valores de saída “calculados” pela rede deverão ser comparados aos valores de saída “desejados”, e quando diferentes, a rede deverá ajustar os pesos de maneira que armazene o conhecimento desejado. Todo o conjunto de dados de treinamento (pares de entrada/saída) deverão passar por este processo até que a taxa de acerto esteja dentro de uma faixa considerada satisfatória, ou seja, os pesos entre as conexões estejam ajustados de tal maneira que satisfaça a condição de “erro” desejada;

- *Aprendizado Não-Supervisionado*: nesta forma de aprendizagem não se requer saídas desejadas. Para o treinamento da rede são usados apenas os valores de entrada. A rede trabalha essas entradas e se organiza de modo que acabe classificando-as, usando, para isso, os seus próprios critérios. Esse tipo de rede utiliza os neurônios como classificadores, e os dados de entrada como os elementos para classificação. O processo de classificação fica a encargo da rede neural e o seu algoritmo de aprendizado.

Dentre os mecanismos de treinamento *supervisionado* mais difundidos em RNA's, encontra-se a técnica chamada de Retropropagação "Backpropagation", que é aplicada exclusivamente para a topologia de RNA's com conexões intercadas e alimentação direta, denominadas como "Redes Feedforward" ou Perceptrons multicamadas, topologia esta representada através da figura 3.10.

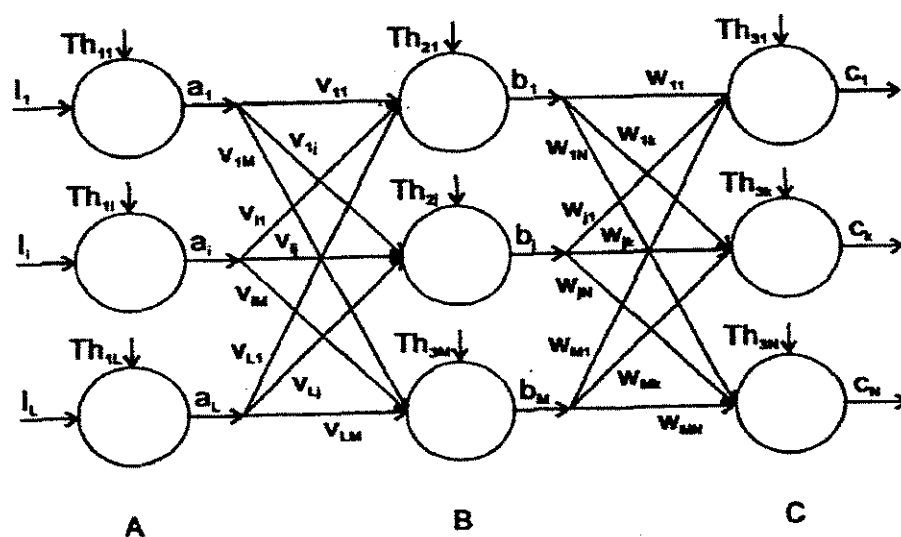


Figura 3.10 - "Perceptron" RNA com 3 níveis

Tomando-se como exemplo o "perceptron" composto de três camadas da figura 3.10, verifica-se que a camada de entrada A tem L neurônios artificiais, ou seja, $a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_L$. Alimentando esta camada tem-se o vetor-entrada I . A camada escondida (oculta) B tem M nódulos ($b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_M$) e a camada de saída C, N nódulos ($c_1, c_2, \dots, c_k, \dots, c_N$). Apesar da figura 3.10 apresentar L, M e N iguais, na prática isto não é

necessário, ou seja, $L \neq M \neq N$ é totalmente aceitável. O fator ponderal da interconexão entre o i -ésimo nódulo da camada A e o j -ésimo da camada B é chamado de v_{ij} , e entre o j -ésimo nódulo da camada B e o k -ésimo da camada C, de w_{jk} . Cada nódulo possui um residual de atividade (ou viés) θ (FILETI, 1995).

Este é o modelo de topologia de rede utilizado na modelagem do sistema de secagem.

3.3.4.1. ALGORITMOS DE TREINAMENTO DAS RNA'S

3.3.4.1.1. ALGORITMO DE TREINAMENTO REGRA DELTA GENERALIZADA (GDR)

Dentre os algoritmos de Retropropagação “Backpropagation” normalmente utilizados, destaca-se aqui o método conhecido por Regra de Delta Generalizada (Generalized Delta Rule ou GDR).

Conforme FILETI (1995) este é um método de treinamento iterativo por gradiente descendente, que minimiza o quadrado do erro e se utiliza de uma técnica conhecida por “momentum” para agilizar o processo de treinamento. “Momentum” é um peso extra, adicionado aos fatores ponderais, enquanto estes são ajustados. Acelerando a variação destes fatores ponderais, a velocidade de treinamento é aumentada.

Uma das exigências deste algoritmo, no entanto, diz respeito às funções de transferência a serem utilizadas. Estas devem ser diferenciáveis em qualquer valor do domínio, motivo este que leva normalmente à utilização das funções sigmoidais tangente hiperbólica e logística, que satisfazem esta condição.

Segundo LOESCH (1996), o algoritmo de aprendizagem possui dois momentos perfeitamente distintos: em primeiro lugar, quando um padrão de entrada é apresentado à rede, o fluxo é alimentado para a frente, isto é, propagado adiante até a camada de saída. Após, a saída obtida é comparada com a saída desejada e, em caso de erro,

isto é, se a saída desejada não corresponder à obtida dentro de uma determinada precisão desejada, é feita uma correção nos pesos das conexões sinápticas, ajustando-se os pesos na direção oposta do gradiente do erro instantâneo: este é o momento de aprendizagem propriamente dito. O ajuste é proporcional ao gradiente, segundo um fator de proporcionalidade denominado de *taxa de aprendizagem*. O ajuste dos pesos é feito da última camada em direção à camada de entrada. É possível que se tenha de repetir esse procedimento muitas e muitas vezes, até que a convergência conduza a um valor satisfatório. Neste caso, diz-se então que a rede “aprendeu”.

Uma vez então determinado o conjunto de pesos (w) que minimizam o resíduo (E), para simular o processo basta multiplicar-se um conjunto de dados de entrada qualquer, pelos respectivos pesos, respeitando a estrutura da rede (encontrada também durante a etapa de treinamento), e obter o conjunto de resultados após a camada de saída da rede (YAMAMOTO, 1993).

Conforme apresentado por FILETI (1995), abaixo tem-se, detalhadamente, o algoritmo de treinamento Regra de Delta Generalizada (GDR), aplicado ao Perceptron mostrado na figura 3.10:

-
- Passo 01 - Assumir randomicamente valores entre 0 e 1 para os pesos v_{ij} e w_{jk} . Para o GDR, os valores residuais internos devem seguir as seguintes regras: todo residual dos nódulos da camada de entrada devem ser iguais a zero, isto é, $Th_{1i} = 0$; todo residual dos nódulos das camadas escondidas e da camada de saída devem ser iguais à unidade, isto é, $Th_{2j} = Th_{3k} = 1$.
 - Passo 02 - Introduzir o vetor-entrada I_i na RNA, e calcular a saída da 1ª camada, a_i , de acordo com as equações:

$$x_{1i} = I_i - Th_{1i} = I_i - 0 = I_i \quad (3.1)$$

$$a_i = \frac{1}{1 + e^{-x_{1i}}} \quad (3.2)$$

- Passo 03 - Conhecida a saída da 1ª camada, calcular a saída da segunda camada, b_j , usando a equação:

$$b_j = f \left(\sum_{i=1}^I (v_{ij} a_i) + Th_{2j} \right) \quad (3.3)$$

onde $f()$ é a função sigmoidal e $Th_{2j} = 1$ está sendo adicionado ao somatório (ao invés de subtraído), agindo assim como função “viés”.

- Passo 04 - Conhecida a saída da 2ª camada, calcular o resultado da camada de saída, c_k , de acordo com a equação:

$$c_k = f \left(\sum_{j=1}^M (w_{jk} b_j) + Th_{3k} \right) \quad (3.4)$$

sendo $f()$ a função sigmoidal e $Th_{3k} = 1$.

- Passo 5 - Continuar etapas de 1 a 4 para P número de pares de vetores de entrada/saída. Calcular o erro quadrático total, ε , de acordo com a seguinte equação:

$$\varepsilon = \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^N (d_k^p - c_k^p)^2 \quad (3.5)$$

onde N é o número de nódulos da camada de saída, d_k^p é o valor desejado (conhecido) da saída do k-ésimo nódulo do p-ésimo par entrada/saída para treinamento e c_k^p é o valor obtido de saída do k-ésimo nódulo do p-ésimo treinamento da RNA.

- Passo 6 - Calcular o termo de declínio do gradiente, δ_{3k}^p , do k-ésimo neurônio da camada de saída para o p-ésimo par de treinamento da rede. Usar a seguinte equação:

$$\delta_{3k}^p = (d_k^p - c_k^p) \frac{\partial f}{\partial x_{3k}} \quad (3.6)$$

onde f é a função sigmoideal representada pela equação:

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3.7)$$

e sua derivada parcial em relação a x_{3k} é dada por:

$$\frac{\partial f}{\partial x_{3k}} = \frac{e^{-3kx}}{(1 + e^{-x_{3k}})^2} \quad (3.8)$$

Deve-se notar que x_{3k} é a soma das entradas ponderadas do k-ésimo neurônio da camada de saída, ou seja, para a p-ésima sessão de treinamento tem-se:

$$x_{3k}^p = \sum_j w_{jk}^p + Th_{3k}^p \quad (3.9)$$

- Passo 7 - Calcular o termo de declínio do gradiente, δ_{2j}^p , do j-ésimo neurônio da camada escondida. Usar a seguinte equação:

$$\delta_{2j}^p = \left(\sum_k \delta_{3k}^p w_{jk}^p \right) \frac{\partial f}{\partial x_{2j}} \quad (3.10)$$

onde o subscrito k indica o nódulo da camada de saída; x_{2j} é definido por:

$$x_{2j}^p = \sum_i v_{ij}^p a_i^p + Th_{2j}^p \quad (3.11)$$

e a derivada parcial da função sigmoïdal em relação a x_{2j} é dada por:

$$\frac{\partial f}{\partial x_{2j}} = \frac{e^{-x_{2j}}}{(1 + e^{-x_{2j}})^2} \quad (3.12)$$

- Passo 8 - Conhecendo δ_{2j}^p , para a camada escondida e δ_{3k}^p para a camada de saída, calcular as variações dos fatores ponderais usando as equações abaixo:

$$\Delta v_{ij}^p = \eta \delta_{2j}^p a_i^p + \alpha \Delta v_{ij}^{p-1} \quad (3.13)$$

$$\Delta w_{jk}^p = \eta \delta_{3k}^p b_j^p + \alpha \Delta w_{jk}^{p-1} \quad (3.14)$$

onde η é a *taxa de aprendizado* e α é o coeficiente de “*momentum*”. Como mencionado anteriormente, “*momentum*” é simplesmente um peso-extra usado para agilizar a etapa de treinamento e tem seu valor normalmente restrito entre 0 e 1. Assim sendo, os termos de “*momentum*”, $\alpha \Delta w_{jk}^{p-1}$ e $\alpha \Delta v_{ij}^{p-1}$, são frações da variação do fator ponderal sofrida na iteração anterior.

- Passo 9 - Atualizar os pesos de acordo com as equações:

$$w_{jk}^p = w_{jk}^{p-1} + \Delta w_{jk}^p \quad (3.15)$$

$$v_{ij}^p = v_{ij}^{p-1} + \Delta v_{ij}^p \quad (3.16)$$

onde v_{ij}^{p-1} é o fator ponderal da conexão entre o i -ésimo elemento da camada de entrada e o j -ésimo elemento da camada escondida e w_{ij}^{p-1} é o peso da conexão entre o j -ésimo

elemento da camada escondida e o k-ésimo elemento da camada de saída, ambos na iteração p.

- **Passo 10** - Repetir os passos 2 a 9 para todos os pares de entrada/saída para treinamento, até que o erro quadrático seja zero ou suficientemente baixo.

3.3.4.1.2. ALGORITMO DE TREINAMENTO DE LEVENBERG-MARQUARDT

Um outro método de treinamento que em princípio mostra-se mais rápido e mais robusto que aqueles baseados no gradiente descendente, são os métodos denominados Quasi-Newton. Com base nisso, Hagan e Menhaj (1994) utilizaram o algoritmo de Levenberg-Marquardt (Marquardt, 1963) para o treinamento de RNA's do tipo "Feedforward" e verificaram seu melhor desempenho para os casos onde existiam apenas algumas centenas de fatores ponderais. Este método consiste numa aproximação do método de Newton e propõe que a atualização dos pesos seja dada pela seguinte equação:

$$\Delta \bar{y} = [J^T(\bar{y}) \cdot J(\bar{y}) + \mu \cdot I]^{-1} \cdot J^T(\bar{y}) \cdot e(\bar{y}) \quad (3.17)$$

sendo:

$$\bar{y} = [w_{1,1}^1, w_{1,2}^1, \Lambda, w_{s1,R}^1, b_1^1, \Lambda, b_{s1}^1, w_{1,1}^2, \Lambda, w_{i,j}^k, \Lambda, b_{sk}^k, \Lambda, b_{SM}^M]^T, \text{ vetor peso};$$

$$J(\bar{y}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_1(\bar{y})}{\partial y_1} & \frac{\partial e_1(\bar{y})}{\partial y_2} & \Lambda & \frac{\partial e_1(\bar{y})}{\partial y_n} \\ \frac{\partial e_2(\bar{y})}{\partial y_1} & \frac{\partial e_2(\bar{y})}{\partial y_2} & \Lambda & \frac{\partial e_2(\bar{y})}{\partial y_n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial e_{Np}(\bar{y})}{\partial y_1} & \frac{\partial e_{Np}(\bar{y})}{\partial y_2} & \Lambda & \frac{\partial e_{Np}(\bar{y})}{\partial y_n} \end{bmatrix}, \text{ matriz jacobiana dos erros};$$

$$\frac{\partial e_q(\bar{y})}{\partial w_{i,j}^k} = \delta_i^k \cdot \alpha_j^{k-1} \quad \text{e} \quad \frac{\partial e_q(\bar{y})}{\partial b_i^k} = \delta_i^k;$$

$$q = 1, 2, \dots, Np; \quad k = 0, 1, 2, \dots, M-1; \quad i = 1, 2, \dots, Sk+1; \quad j = 1, 2, \dots, Sk.$$

Como pode-se notar o cálculo da matriz jacobiana dos erros entre os valores reais e os preditos pela RNA é a etapa que mais exige esforço computacional. Para problemas com grandes quantidades de dados, a memória requerida para tal processamento torna-se um fator limitante na utilização deste algoritmo.

Finalmente, embora tenha sido já comentado, o uso de Redes Neurais Artificiais surge então como uma nova alternativa de enfoque para aplicações que apresentam grau considerável de complexidade no levantamento de modelos matemáticos fenomenológicos. Esta é, portanto, a motivação de se modelar o sistema de secagem de gelatina por RNA's, uma vez que este modelo pode ser utilizado como ferramenta para se conseguir a uniformização do conteúdo de umidade da gelatina à saída dos secadores industriais, por exemplo numa faixa de 11,0% de umidade, baseando-se para isso somente nas condições de secagem que são normalmente empregadas nesta fase do processo. Desse modo, ganhos consideráveis de rendimento (quantidade de água incorporada ao produto) e economia de energia poderiam ser esperados.

No capítulo seguinte, serão enfocadas as variáveis utilizadas na modelagem do secador via RNA's, os procedimentos adotados e as ferramentas utilizadas para modelagem do sistema de secagem.

4. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

4.1. INTRODUÇÃO

Conforme já destacado na revisão bibliográfica do trabalho, é de primordial importância a etapa de levantamento das variáveis influenciadoras de um determinado processo, quando a modelagem deste é enfocada através do uso de Redes Neurais Artificiais.

Isto é verdade em decorrência desta modelagem ser caracterizada basicamente pela “história” do processo, ou seja, a modelagem de um determinado processo, através de RNA, só é possível mediante o conhecimento das condições a que este processo esteve submetido, como também dos resultados obtidos após a aplicação destas determinadas condições.

Neste capítulo, portanto, procura-se expor as variáveis envolvidas na modelagem do sistema de secagem, os procedimentos adotados no tratamento destas variáveis, e as ferramentas utilizadas para o levantamento de um sistema neural que representasse com fidelidade o secador industrial de gelatina.

4.2. PROCEDIMENTO APLICADO PARA TOMADA DE AMOSTRAS DE GELATINA

Nos capítulos anteriores, foram mencionadas algumas das variáveis normalmente envolvidas num sistema de secagem, variáveis estas associadas tanto a fatores externos como internos ao sólido.

Na etapa de levantamento dos dados necessários à modelagem do secador industrial, tentou-se inicialmente tomar estas variáveis (relacionadas abaixo) de lotes de gelatina já produzidos, ou seja, se levantar as variáveis necessárias através dos arquivos das variáveis de processo já existentes. No entanto, para isso seria necessário trabalhar com

médias de todas as variáveis envolvidas que representariam então não um comportamento específico de um secador, mas sim uma média de dois secadores, uma vez que os lotes de gelatina formados, são obtidos da junção de produção de dois secadores contínuos. Outra dificuldade associada a este procedimento seria a falta de alguns dados vistos como necessários à modelagem do secador, que não estavam disponíveis na forma de variáveis arquivadas, o que, já de princípio, contribuiria para o comprometimento das simulações a serem realizadas, como também dos resultados obtidos dessas simulações.

Procurando-se então eliminar estes interferentes, optou-se por uma coleta nova de dados, enfocando então, apenas o estudo de um único secador. Para tanto, foram tomadas amostras pontualmente de gelatina ao final da etapa de secagem, acompanhando-se esta desde o início do processo, ou seja, desde a etapa de gelificação até o início da moagem (final da secagem). Dessa maneira, foi possível se monitorar todas as variáveis envolvidas no processo de secagem, sem outros interferentes ou dúvidas quanto a este monitoramento.

O acompanhamento das condições a que as amostras de gelatina foram submetidas foi possível através de marcas realizadas na esteira do secador, logo após a gelatina ter sido alimentada na esteira do mesmo.

Após obtidas as amostras de gelatina (ao final do secador), estas foram conduzidas ao laboratório de controle de qualidade, sendo submetidas à análise (em duplicata) de umidade de acordo com o método específico para este fim, descrito no item 4.7. Procurando ainda diminuir os erros associados à medida de umidade, as amostras de gelatina foram tomadas em pelo menos dois pontos diferentes ao final do secador, sendo então trituradas, homogeneizadas e submetidas à referida análise.

4.3. VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO SECADOR INDUSTRIAL

Durante a etapa de coleta de dados, amostras de gelatina foram tomadas diretamente de um dos secadores existentes, sempre num mesmo secador, eliminando-se

assim interferentes como diferenças de capacidade de secagem dos dois secadores, diferenças de vazões de ar, áreas de troca térmica (radiadores), etc.

As variáveis associadas ao sistema de secagem que foram de alguma maneira utilizadas no estudo do secador industrial, via Redes Neurais Artificiais, estão abaixo relacionadas, sendo explicitado também o modo de influência de cada uma destas variáveis:

a. Concentração Final da Gelatina:

Imediatamente anterior à secagem, realiza-se uma etapa de preparação final da gelatina, onde são feitos os “ajustes” finais de qualidade do produto. Nesta etapa é feita uma medida da concentração final da gelatina (em base úmida), para servir principalmente como base na adição das substâncias químicas que compõem a preparação final do produto. Esta medida de concentração serve também como um parâmetro indicativo para a etapa de secagem, uma vez que altas concentrações podem interferir na fluidez do produto (possibilidade de bombeamento aos gelificadores) e baixos valores podem conduzir a uma sobresecagem da gelatina. Para efeito de modelagem do sistema de secagem, esta foi tomada diretamente dos tanques pulmões que alimentam os secadores no momento de marcação das amostras na esteira, sendo esta expressa em termos de porcentagem (%).

b. Tempo Total de Secagem:

Esta medida é expressa em minutos (min), correspondendo ao tempo total de secagem a que a amostra sob monitoramento, esteve submetida. Este tempo total reflete diretamente a velocidade média da esteira durante o processo de secagem das amostras em estudo. Vale salientar aqui que embora seja indesejável para efeito deste estudo, foram realizadas alterações de velocidade da esteira do secador enquanto algumas amostras eram monitoradas, em razão de alterações do fluxo de gelatina alimentado ao secador. Portanto, o tempo total de secagem serve como uma medida indireta da velocidade média da esteira

do secador, como também do tempo médio de permanência da amostra sob efeito de cada câmara de secagem.

c. Altura da Camada de Gelatina na Esteira do Secador:

De acordo com a variação da taxa de produção do secador, tem-se também uma variação na altura da camada de gelatina formada na esteira deste. Esta altura de camada é, portanto, dependente praticamente de dois fatores, a vazão mássica de gelatina alimentada ao secador e a velocidade da esteira transportadora do secador. Esta é uma das variáveis mais importantes durante a etapa de secagem, uma vez que uma camada de gelatina muito espessa, pode dificultar a passagem do ar através desta, podendo haver então a geração de gelatina “fundida”, enquanto uma camada muito fina, pode contribuir também para a sobresecagem da gelatina. No entanto, o monitoramento da altura da camada de gelatina no secador não foi realizado diretamente tomando-se esta medida, mas sim através dos valores da velocidade da esteira transportadora do secador e da vazão de gelatina que alimentava o mesmo, conforme exposto a seguir:

Velocidade da Esteira do Secador / Vazão de Gelatina:

Estas variáveis se constituem praticamente nas mais importantes da etapa de secagem. O controle da altura da camada de gelatina é o parâmetro base para o controle da etapa de secagem pelos operadores deste setor. De acordo com a vazão de gelatina que é alimentada ao secador, o operador atua regulando manualmente a velocidade da esteira de maneira a produzir uma altura de camada de gelatina que seja “compatível” com a capacidade de secagem. Dependendo dos ajustes realizados, obtêm-se gelatinas ao final do secador com umidades, variando de 8 a 12%, ou teores indesejáveis abaixo ou acima desta faixa.

Quanto à tomada de dados destas variáveis, seguiu-se o seguinte procedimento:

- **velocidade da esteira do secador** - esta foi tomada de três diferentes formas durante o período de coleta dos dados: medidas diretas no secador (m/s), frequência (Hz) apresentada no inversor de frequência da esteira do secador e também pela leitura dada em rpm no tacômetro do quadro sinótico de acesso aos operadores. Para efeito de modelagem, utilizou-se a velocidade do secador em Hertz (Hz).
- **Vazão de Gelatina** - esta foi tomada diretamente das bombas de deslocamento positivo (tipo “pistão”) que alimentam os extrusores, no momento da marcação da amostra no secador. Na verdade, a vazão é apresentada aqui indiretamente por medidas de rotações/minuto destas bombas. Embora fosse possível utilizar no estudo a vazão mássica propriamente dita, já que se conhece os volumes das câmaras dos pistões, optou-se pela utilização da medida indireta de vazão por ser esta a forma utilizada no controle da alimentação do secador atualmente pelos operadores. Uma ressalva, no entanto, deve ser feita, que os valores aqui apresentados de rotações/minuto foram tomados diretamente das bombas e não através dos tacômetros de uso dos operadores, pois estes poderiam sofrer algum tipo de calibração (e/ou alterações), o que comprometeria o banco de dados formado para a modelagem do sistema. Não obstante a isto, é perfeitamente possível se correlacionar o número real de rotações/minuto que apresentam as bombas com a indicação apresentada no painel sinótico de uso dos operadores da área.

d. Umidade do Ar (Desumidificado) que Alimenta o Secador:

Por estar numa condição de saturação, a umidade do ar de secagem é relacionada somente à temperatura de bulbo seco do ar na entrada da primeira câmara de secagem, sendo esta expressa em (g água/kg ar).

e. Temperatura das Câmaras de Secagem

Estas estão expressas em graus Centígrados ($^{\circ}\text{C}$), sendo uma representação da temperatura média a que as amostras foram submetidas em cada câmara no decorrer da

secagem. Durante o período de coleta das amostras, medidas das temperaturas das câmaras foram tomadas (em períodos de aproximadamente 30 minutos), sendo utilizado no modelo neural a média da temperatura de cada câmara de secagem. Um ponto importante que deve ser destacado neste item, diz respeito à qualidade destes dados. Seria conveniente se ter uma coleta automática destes dados, de maneira a se ter uma maior confiabilidade para os valores médios de temperatura, tendo em vista as flutuações de temperatura que são normalmente verificadas nestas câmaras, embora existam controladores automáticos de temperatura em cada câmara. Da maneira em que estes dados foram coletados (manualmente), a média da temperatura de cada câmara pode, na verdade, não ser uma representação totalmente fiel da condição a que as amostras de gelatina estiveram submetidas, o que pode influenciar negativamente no modelo neural proposto.

f. Vazão Mássica de Ar Desumidificado

Embora esta seja uma variável diretamente influenciadora do processo de secagem juntamente com as vazões de retirada de ar úmido dos exaustores, estas variáveis não foram consideradas no modelo neural proposto. Para tanto, garantiu-se, durante a coleta das amostras no secador 02, o funcionamento de todos os ventiladores de alimentação de ar desumidificado ao secador, bem como a posição de abertura dos exaustores localizados no secador. Dessa maneira, considerou-se que em todas as ocasiões as amostras foram submetidas a uma mesma vazão mássica de ar, motivo este que justifica a não utilização destas variáveis no modelo aqui elaborado.

g. Velocidade da Esteira Oscilante que Alimenta o Secador

Medidas foram também tomadas da velocidade da esteira oscilante que alimenta o secador, não verificando no entanto, alterações no tempo total de ciclo desta esteira, não sendo, portanto, utilizada esta variável no modelo elaborado.

h. Propriedades Intrínsecas

A qualidade intrínseca da gelatina, é um outro fator determinante durante a secagem. Gelatinas com baixos valores de Bloom (abaixo de 120 gramas) praticamente não são passíveis de serem secas nos secadores convencionais, sendo recomendado para secagem deste tipo de gelatina *spray driers*. Procurando-se evitar, portanto, esta influência, durante a coleta de dados, buscou-se não amostrar gelatinas provenientes de produções especiais (com baixos valores de bloom/viscosidade).

4.4. MODELAGEM DO SISTEMA DE SECAGEM VIA RNA'S

Para a modelagem do secador industrial, foi utilizada uma rede neural formada por uma camada de entrada, constituída por 14 neurônios, uma câmada oculta (hidden), a qual variou o número de neurônios de 4 a 60 neurônios, e uma camada de saída constituída por 01 neurônio, conforme a representação esquemática da figura 4.1.

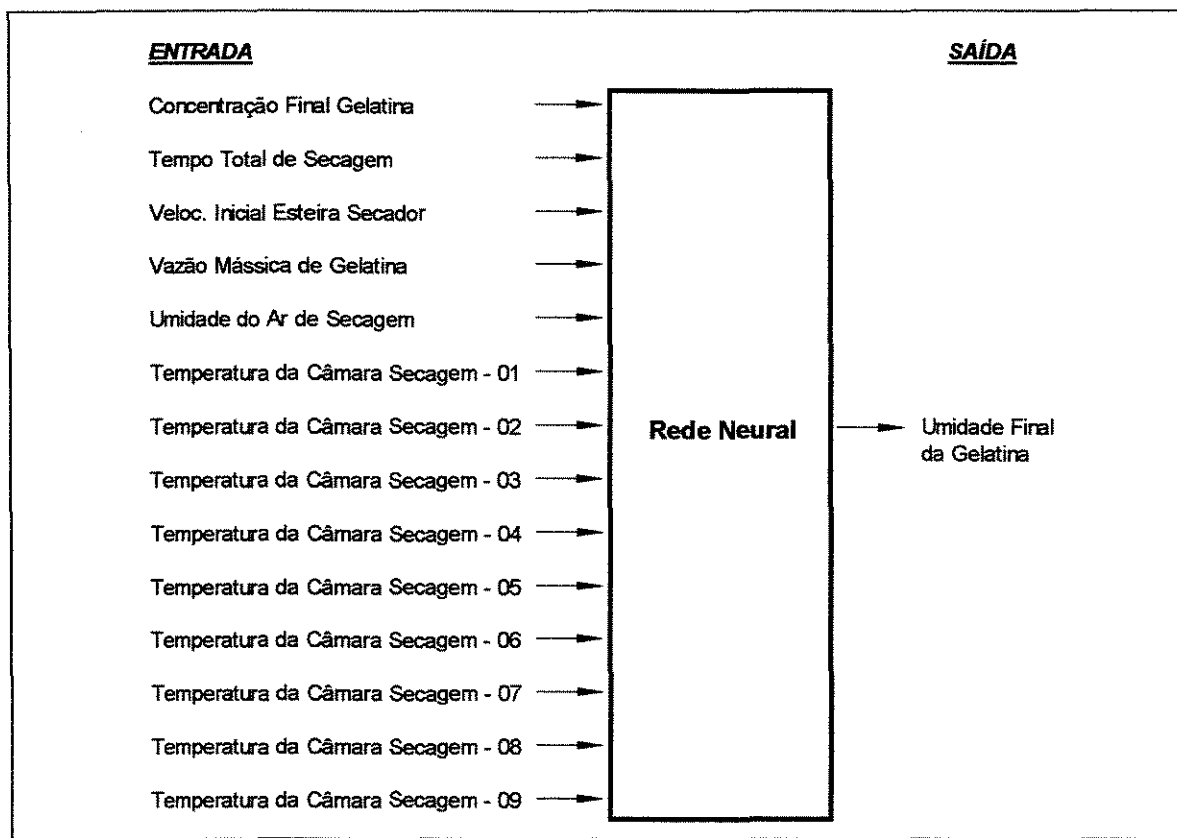


Figura 4.1 - Modelo conexionista proposto para o processo

Como mencionado nos capítulos anteriores, o objetivo para a modelagem matemática do secador industrial está na determinação da umidade final da gelatina, justificando-se assim a única saída apresentada pelo modelo.

A modelagem via RNA's, compreende basicamente as etapas de treinamento e verificação da rede, tendo sido estas realizadas neste trabalho através do uso do Software MATLAB. A seguir, apresenta-se os procedimentos utilizados na etapa de treinamento e verificação das Redes Neurais Artificiais.

4.5. ETAPA DE TREINAMENTO E VERIFICAÇÃO DAS REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

A etapa de treinamento da rede consiste em se ajustar os pesos de conexões dos neurônios, de maneira a se ter a melhor representação das relações existentes entre os pares de dados de **entrada** da rede (vazão mássica de gel, velocidade da esteira do secador, concentração de gel, tempo total de secagem, temperatura dos túneis de secagem e umidade do ar desumidificado) e sua **saída** (umidade final da gelatina). Para isso, um conjunto de amostras (pares de dados de entrada/saída) é utilizado para realização da etapa de treinamento da rede neural, ocorrendo assim, o aprendizado da rede das relações existentes entre as variáveis de entrada e saída deste processo.

Nesta fase da modelagem é determinada, portanto, a melhor arquitetura da rede neural representativa do processo. Basicamente, neste trabalho, as simulações foram feitas variando-se o número de neurônios na camada oculta (4 a 60 neurônios), mantendo fixos a quantidade de neurônios presentes na camada de entrada e saída da rede neural.

Uma vez treinada a rede, um novo conjunto de amostras, que se constituem de novos pares de dados de **entrada** (que não foram utilizados durante o processo de treinamento, designados aqui de pares de verificação da rede) são apresentados à rede, obtendo-se assim, por simulação com os pesos obtidos na fase de treinamento, o dado de saída desejado, neste caso, a umidade final da gelatina. A umidade “calculada” através do

modelo é então comparada ao valor “real” (obtido em laboratório) para aquela amostra, verificando-se assim, a qualidade da modelagem realizada para o sistema.

Neste caso específico, como mencionado anteriormente, utilizou-se inicialmente o algoritmo de retropropagação para o treinamento da rede. No entanto, em razão do número elevado de interações necessárias para convergência da rede (chegando a valores superiores a 30.000 iterações, dependendo do número de neurônios na camada oculta), passou-se a se utilizar o algoritmo de Levenberg-Marquardt. A robustez deste método reduziu o número de interações para valores abaixo de 10 iterações, inclusive para simulações com número elevado de neurônios na camada “oculta” da rede neural.

O equipamento utilizado durante as simulações foi um PC com processador AMD K6II de 350MH, com memória RAM de 64MB.

Estabeleceu-se como critério de convergência, um erro quadrático médio para o treinamento da rede de $1,0 \times 10^{-5}$.

4.6. FUNÇÕES DE TRANSFERÊNCIA UTILIZADAS NA REDE NEURAL

As funções de transferência utilizadas foram :

♦ Nos neurônios da camada oculta:

- FUNÇÃO SIGMOIDAL (TANSIG no Software Matlab)

♦ Nos neurônios da camada de saída:

Neste caso, testou-se inicialmente o desempenho das funções SIGMOIDAL (TANSIG) e também LINEAR (PURELIN no software Matlab).

Uma vez que a função LINEAR apresentou um melhor desempenho em termos de velocidade de convergência e qualidade dos valores de saída da rede na Modelagem 01,

utilizou-se nas Modelagens 02 e 03 somente a função LINEAR para a camada de saída da rede.

4.7. MÉTODO DE ANÁLISE DE UMIDADE

A determinação da umidade das amostras de gelatina utilizadas como base de comparação aos valores previstos pela rede neural seguiu os seguintes procedimentos de análise em laboratório:

1. Pesagem de $\pm 1,0000$ grama de gelatina (balança analítica) em cadinhos de aço-inox previamente aferidos e secos durante pelo menos 3 horas em temperatura de 105 ± 4 °C;
2. adição à amostra de gelatina de 10(dez) ml de água destilada para que ocorresse o intumescimento da mesma, durante um período de pelo menos 1(uma) hora;
3. inserção do cadinho contendo a amostra de gelatina intumescida em uma estufa, onde permaneceu por um período de pelo menos 48 horas, embora o procedimento padrão exigisse 18 ± 1 horas. A temperatura de secagem foi de 105°C .
4. finalmente, após o tempo de secagem estipulado, as amostras foram retiradas da estufa, resfriadas em dessecadores (durante aproximadamente uma hora), seguindo-se então à pesagem final dos cadinhos. A expressão dos resultados de umidade é dada diretamente pela seguinte equação:

$$\% \text{ Umidade (base úmida)} = 1 - \frac{(P2 - P1)}{M_A} \times 100$$

onde:

P1 - peso do cadinho

P2 - peso (cadinho + massa de gel), após a etapa de secagem

M_A - massa da amostra de gelatina submetida à secagem

5. RESULTADOS

5.1. INTRODUÇÃO

Uma vez que o conjunto de dados disponíveis para a modelagem do sistema de secagem pode ser considerado ainda como restrito (Tabela 1 - Anexo 8.2), foram realizadas 03 modelagens do sistema de secagem, alterando-se em cada modelagem o conjunto de amostras utilizadas para o treinamento da rede e o conjunto de amostras utilizadas para avaliação (verificação) do treinamento efetuado.

Nas duas primeiras modelagens realizadas, foram utilizadas 58 amostras (pares de entrada/saída) na etapa de treinamento da rede, e 17 amostras para a etapa de verificação. Numa terceira modelagem realizada, tomou-se 10 amostras para o conjunto de dados de verificação e o restante (65 pares de entrada/saída) foi utilizado no treinamento da rede.

A formação dos conjuntos de verificação utilizados nas duas primeiras modelagens foi realizada tomando-se amostras aleatórias do banco de dados disponível, tomando-se o cuidado somente de se ter a representação da umidade final da gelatina em toda a faixa dos dados coletados (8,0 a 12,0%). Para a terceira modelagem, a ordem cronológica de coleta das amostras foi utilizada como critério para seleção do conjunto de dados de verificação, procurando-se assim a melhor aleatoriedade possível na avaliação da modelagem do sistema de secagem através das redes neurais artificiais.

A seguir apresenta-se os dados utilizados nas modelagens realizadas, bem como os resultados obtidos nestas modelagens.

5.2. DADOS GERAIS DE SECAGEM

A Tabela 01 (Anexo 8.2) apresenta o banco geral de dados coletados para efeito de modelagem do secador industrial de gelatina via Redes Neurais Artificiais. Nela são apresentados os valores dos vetores de entrada da rede neural e o vetor saída

correspondente (umidade final da gelatina obtida em laboratório), para cada amostra coletada no secador.

De acordo com esta tabela, foram registrados valores de umidade final da gelatina variando entre 7,5 e 12,5%, englobando assim, a faixa de umidade recomendada para gelatina, que é de 8 a 12,0%. Os valores apresentados fora desta faixa são considerados indesejáveis, pois apresentam potencialidade de problemas de qualidade além de significar perdas de rendimento (quando se tem uma menor quantidade de água incorporada). Estes são, portanto, os fatores que justificam a modelagem deste sistema, uma vez que obtido um modelo que represente com sucesso o secador industrial (modelo este que identifique as relações existentes entre as variáveis que interferem no processo de secagem), seja possível numa segunda fase, se controlar a etapa de secagem de modo a se ter uma padronização da umidade final de saída da gelatina do secador, por exemplo num teor mínimo de 11,0% de umidade.

5.3. NORMALIZAÇÃO DE DADOS

Para efeito de modelagem do sistema no software MATLAB, os dados apresentados na Tabela 01 (Anexo 8.2), foram normalizados, procurando-se dessa maneira, eliminar eventuais problemas relacionados às diferentes magnitudes dos dados.

Para cada vetor (variável), foram assumidos os valores 1,0 (um) para o maior valor do vetor e 0 (zero) para o menor valor deste vetor.

O banco geral de dados apresentado toma então a forma da Tabela 02 (Anexo 8.2), que traz os dados já normalizados. Esta forma dos dados é que foi submetida ao processo de treinamento e verificação na rede neural.

5.4. RESULTADOS DA MODELAGEM 01

A melhor configuração de rede obtida das simulações realizadas na modelagem 01, foi a formada por 27 neurônios na camada oculta e utilização das funções de

transferência Tansig e Purelin nos neurônios da camada oculta e de saída, respectivamente. A Tabela 5.1 apresenta os resultados das amostras do conjunto de verificação para esta configuração. Nesta tabela constam as amostras utilizadas no conjunto de dados de verificação, os valores “reais” de umidade destas amostras (obtidos através das análises laboratoriais), os valores de umidade “calculados” pela rede neural e a diferença do teor de umidade, em pontos percentuais, entre estes valores.

As amostras que não fizeram parte do banco de dados de verificação da rede, foram em sua totalidade utilizadas na etapa de treinamento (aprendizagem) da rede neural. Os valores de umidade das amostras são apresentados tanto na forma “normalizada” (obtida das simulações realizadas no software MATLAB) como também na forma “percentual”, para uma melhor avaliação dos resultados obtidos.

Tabela 5.1 - Melhor Resultado Obtido Para Modelagem 01

Conjunto de Verificação (AMOSTRAS)	Umidade “Real” (Laboratório)		Umidade “Calculada” RNA		Diferença do Teor de Umidade) ABS[(1) - (2)]
	(%)	Valor Normalizado	(%)	Valor Normalizado	
	(1)		(2)		
5	8,5	0.20316	9,3	0,3528	0,8
6	9,8	0.45957	10,0	0,5040	0,2
8	10,9	0.67653	11,0	0,7040	0,1
14	10,0	0.49901	9,9	0,4854	0,1
16	9,7	0.43590	10,0	0,5033	0,3
22	9,7	0.44576	8,5	0,2062	1,2
29	9,5	0.40237	9,3	0,3621	0,2
32	12,3	0.95661	12,1	0,9108	0,2
39	10,2	0.53254	10,0	0,4914	0,2
46	11,8	0.85404	13,1	1,1038	1,3
48	11,5	0.79487	12,0	0,8974	0,5
50	9,6	0.42012	9,5	0,4027	0,1
51	10,3	0.55819	10,2	0,5464	0,1
52	9,1	0.32150	8,8	0,2710	0,3
61	10,7	0.63708	10,3	0,5593	0,4
67	9,4	0.38264	9,1	0,3302	0,3
70	11,1	0.71598	13,0	1,0907	1,9

O melhor resultado alcançado nesta modelagem foi obtido rapidamente utilizando-se o algoritmo de Levenberg-Marquardt no software Matlab. O gráfico 5.1 abaixo apresenta o número de iterações necessárias para se atingir o erro quadrático médio estipulado para o cálculo da saída da rede (umidade final da gelatina).

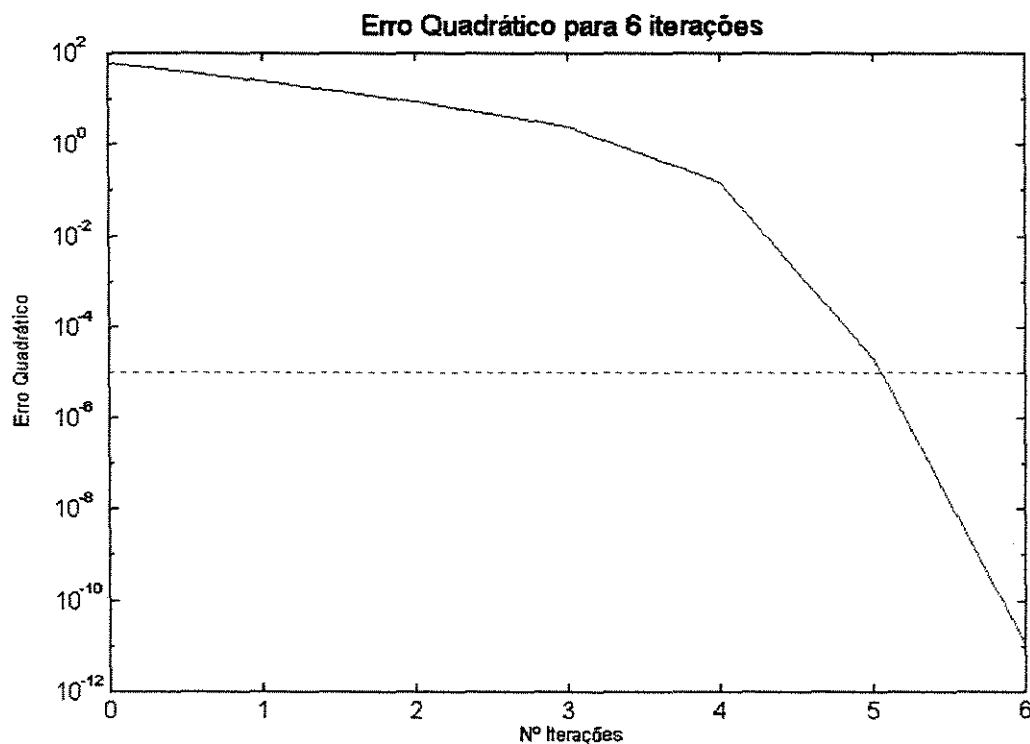


Gráfico 5.1. Erro Quadrático Médio em Função do Nº de Iterações

A Tabela 3 (Anexo 8.2) apresenta os demais resultados obtidos das simulações realizadas nesta primeira modelagem, em função do número de neurônios na camada oculta. Nela encontram-se também determinadas as diferenças em termos percentuais de umidade entre os valores “reais” e os valores previstos pela rede neural, além do erro médio quadrático obtido durante a etapa de treinamento da rede.

5.5. RESULTADOS DA MODELAGEM 02

De igual modo a modelagem 01, a Tabela 5.2 apresenta o melhor resultado alcançado para a modelagem 02. A melhor configuração da rede foi obtida utilizando-se também as funções Tansig e Purelin nas camadas oculta e de saída, respectivamente, com 25 neurônios na camada oculta. A Tabela 4 (Anexo 8.2) apresenta os resultados completos das simulações realizadas nesta segunda modelagem.

Tabela 5.2 - Melhor Resultado Obtido Para Modelagem 02

Conjunto de Verificação (AMOSTRAS)	Umidade "Real" (Laboratório)		Umidade "Calculada" RNA		Diferença do Teor de Umidade) ABS[(1) - (2)]
	(%)	Valor Normalizado	(%)	Valor Normalizado	
	(1)		(2)		
2	10,3	0,55819	10,1	0,5132	0,2
7	9,0	0,30178	8,7	0,2403	0,3
10	9,3	0,36095	10,4	0,5713	1,1
12	9,8	0,45957	10,5	0,5917	0,7
18	8,5	0,20118	8,8	0,2662	0,3
25	10,2	0,52860	10,7	0,6432	0,5
27	10,1	0,50888	7,0	-0,0968	3,1
34	11,9	0,88166	10,0	0,4985	1,9
36	11,5	0,80473	10,9	0,6831	0,6
43	12,3	0,95266	10,5	0,5881	1,8
54	11,0	0,69625	5,8	-0,3303	5,2
57	10,5	0,59763	10,4	0,5708	0,1
60	9,6	0,42012	10,1	0,5182	0,5
63	10,2	0,52860	10,5	0,5937	0,3
68	9,4	0,38462	9,7	0,4399	0,3
72	9,1	0,32544	9,6	0,4106	0,5
74	10,2	0,54832	9,9	0,4742	0,3

O gráfico 5.2 apresenta também o erro quadrático médio em função do número de iterações realizadas para a convergência da rede.

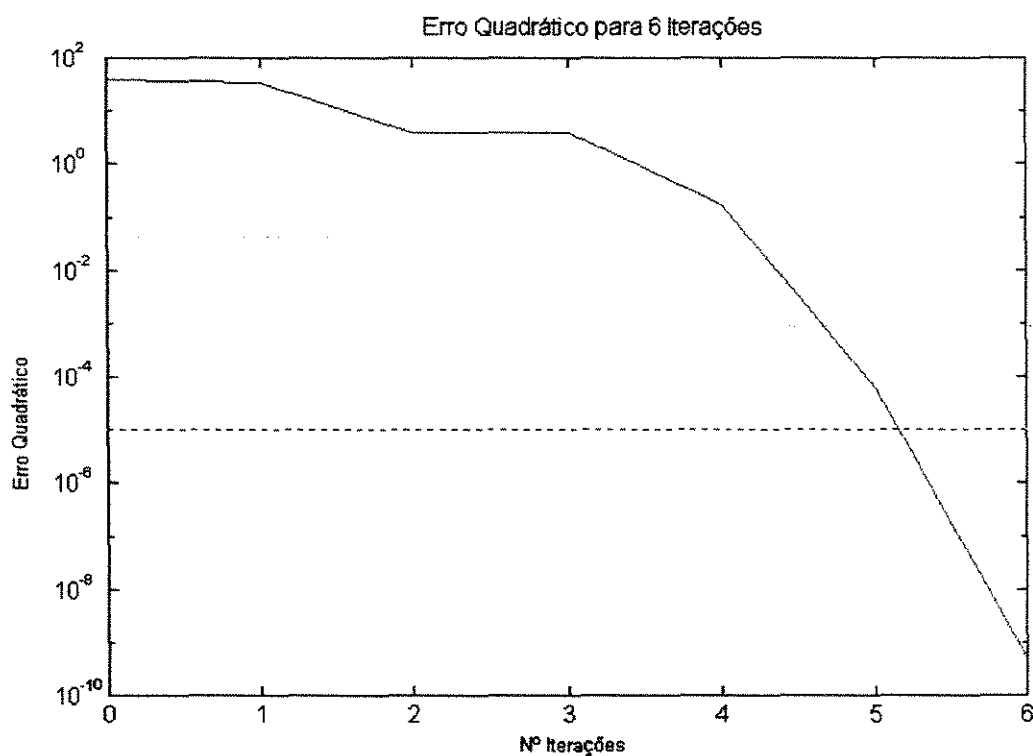


Gráfico 5.2. Erro Quadrático Médio em Função do Nº de Iterações

5.6. RESULTADOS DA MODELAGEM 03

A Tabela 5.3 resume o melhor resultado alcançado para a modelagem 03, quando foram utilizados 36 neurônios na camada oculta e as funções de transferência Tansig e Purelin nos neurônios da camada oculta e de saída, respectivamente. Os demais dados das simulações realizadas são apresentados na Tabela 5 (Anexo 8.2).

Tabela 5.3 - Melhor Resultado Obtido Para Modelagem 03

Conjunto de Verificação (AMOSTRAS)	Umidade "Real" (Laboratório)		Umidade "Calculada" RNA		Diferença do Teor de Umidade) ABS[(1) - (2)]
	(%)	Valor Normalizado	(%)	Valor Normalizado	
	(1)		(2)		
1	9,4	0,38067	10,0	0,5018	0,6
2	10,3	0,55819	10,0	0,5081	0,3
3	8,0	0,10454	9,6	0,4199	1,6
4	11,6	0,81460	10,6	0,6111	1,0
5	8,5	0,20316	8,6	0,2297	0,1
6	9,8	0,45957	9,8	0,4635	0,0
7	9,0	0,30178	9,1	0,3138	0,1
8	10,9	0,67653	10,8	0,6504	0,1
9	10,0	0,49901	10,2	0,5483	0,2
10	9,3	0,36095	9,4	0,3840	0,1

O gráfico 5.3 representa para esta modelagem , o erro quadrático médio de convergência da rede em função do número de iterações realizadas.

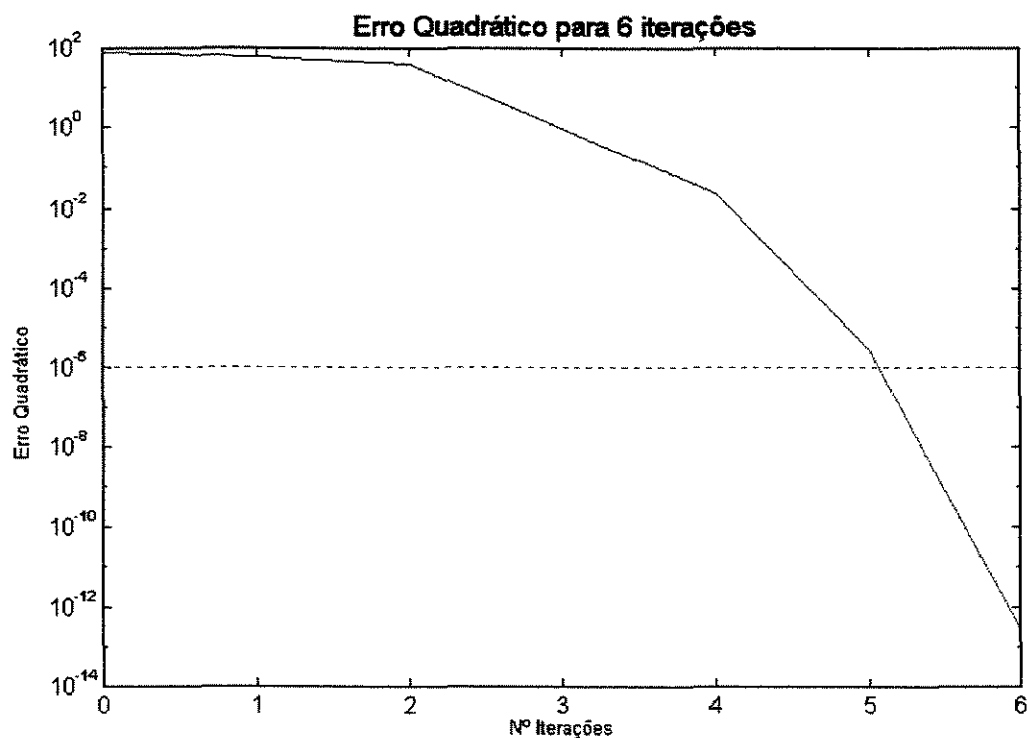


Gráfico 5.3. Erro Quadrático Médio em Função do Nº de Iterações

No capítulo 06, de análise de resultados, as Tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 que apresentam os melhores resultados obtidos em cada modelagem, são apresentadas em forma gráfica, possibilitando-se assim uma melhor visualização da qualidade das modelagens realizadas.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a avaliação dos resultados das simulações realizadas nas três modelagens, utilizou-se como critério de identificação da melhor arquitetura de rede, a configuração que apresentou o maior percentual de acerto na predição dos valores de umidade das amostras pertencentes aos conjuntos de verificação, conforme apresentado pelas tabelas 5.1 a 5.3.

Em razão dos erros decorrentes das análises laboratoriais de umidade e os associados às próprias medidas das variáveis que compõem os vetores de entrada da rede, estabeleceu-se como tolerância aceitável de previsão por parte da rede neural, diferenças de umidade inferiores a $\pm 0,5$ pontos percentuais, quando comparada aos valores “reais” de umidade obtidos através das análises laboratoriais. Esta tolerância é a mesma utilizada em outros trabalhos em nível de secagem que estão também em desenvolvimento na companhia Leiner Davis Gelatin.

De acordo, portanto, com este critério, para a modelagem 01, a melhor configuração de rede foi obtida utilizando-se 27 neurônios na camada “oculta”, conforme representação gráfica da Tabela 5.1 abaixo.

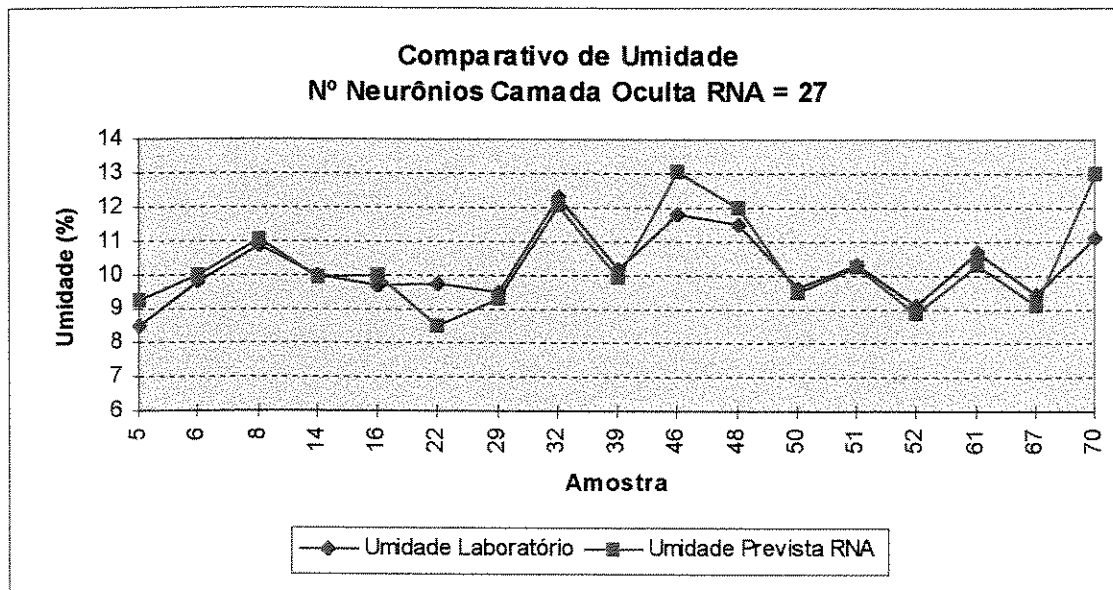


Gráfico 6.1 - Modelagem 01 - Comparativo de Umidade

No caso da modelagem 02, utilizando-se este mesmo critério, a melhor performance da rede foi obtida quando 25 neurônios foram utilizados na camada “oculta”, conforme representação gráfica da Tabela 5.2 abaixo.

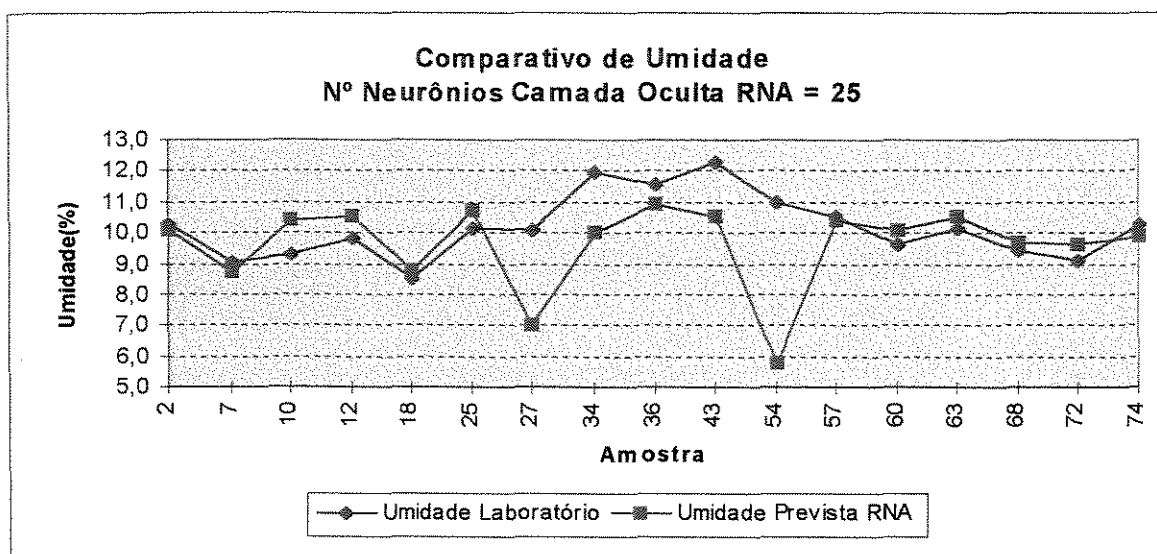


Gráfico 6.2 - Modelagem 02 - Comparativo de Umidade

Para a modelagem 03, 36 neurônios na camada oculta apresentaram uma melhor performance de previsão da umidade de saída da gelatina do secador, conforme pode ser visto através da representação gráfica da Tabela 5.3:

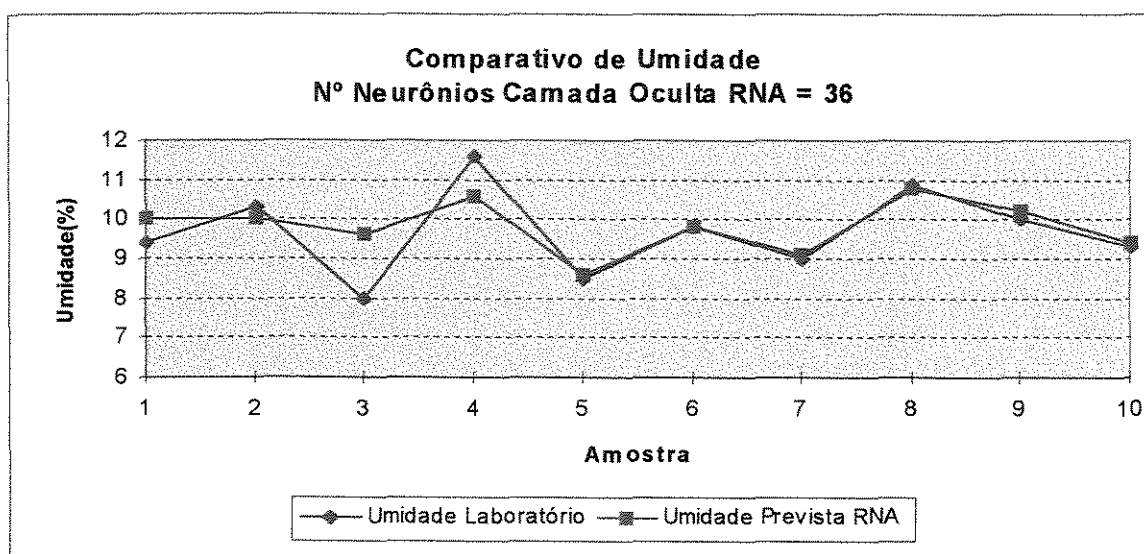


Gráfico 6.3 - Modelagem 03 - Comparativo de Umidade

De acordo com os resultados apresentados acima, constata-se que na modelagem 01, o número de amostras que satisfazem o critério de erro de umidade menor ou igual a $\pm 0,5$ pontos percentuais foram de 13 amostras (de um total de 17 pertencentes ao conjunto de verificação), o que representa uma capacidade de previsão por parte da rede neural para esta modelagem, em torno de 77%.

Para a modelagem 02, a rede foi capaz de prever a umidade de saída da gelatina para 10 amostras, de um total também de 17 amostras pertencentes ao conjunto de verificação. Isto representa uma capacidade de previsão da rede para os resultados de umidade de 59%.

No caso da modelagem 03, 07 amostras do conjunto de verificação (composto por 10 amostras) atenderam ao critério estabelecido, representando a rede uma capacidade de previsibilidade de 70%.

Em média, portanto, a rede neural apresentou um índice de 70% de acerto na previsão dos valores de umidade da gelatina à saída do secador industrial. O erro médio de previsão da umidade da gelatina para estas amostras foi de 0,2 pontos percentuais, portanto na média, o desvio de previsão da umidade ficou localizado bem abaixo da faixa de tolerância de 0,5 pontos percentuais estipulada.

Por outro lado, baseando-se no erro quadrático médio de convergência da rede na etapa de treinamento, como um critério teórico de determinação da melhor arquitetura de rede, tem-se para a modelagem 01, que uma rede com 29 neurônios na camada oculta apresentaria a melhor performance de previsão da umidade da gelatina à saída do secador. Isto em razão desta configuração apresentar o menor erro quadrático médio, conforme pode ser visto através do gráfico 6.4, que apresenta o erro quadrático médio de convergência da rede em função do número de neurônios na camada oculta (para erros inferiores a $1,0E-12$).

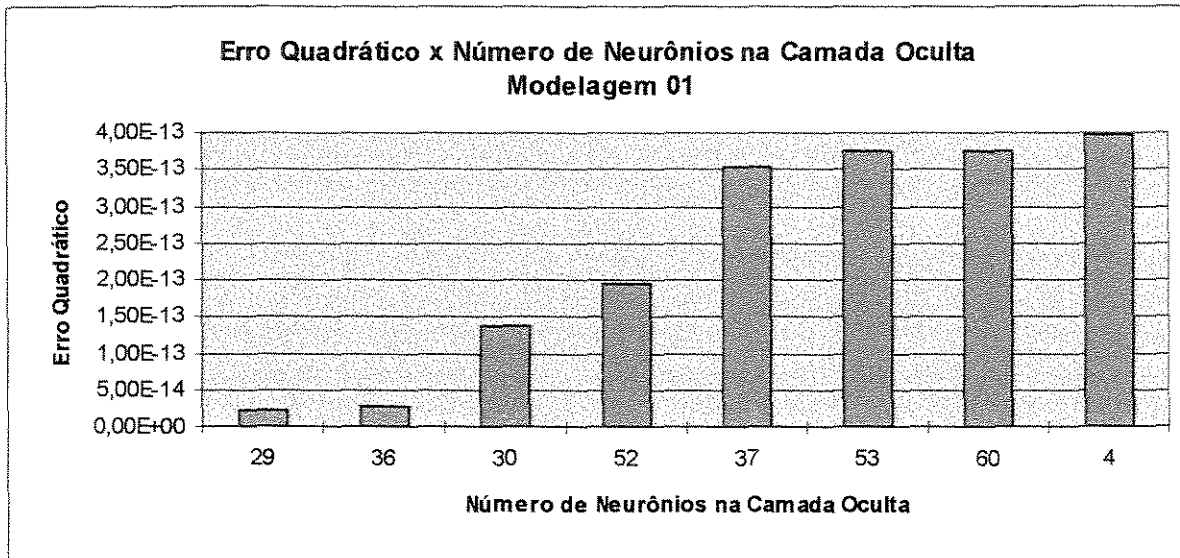


Gráfico 6.4. Erro Quadrático Médio x N° Neurônios Camada Oculta

No entanto, verifica-se através do gráfico 6.5, que nesta configuração de rede, não se tem o melhor ajuste possível, ou seja, o número de amostras com desvio de previsão da umidade inferior a 0,5 pontos percentuais, é menor que o conseguido quando se tem 27 neurônios na camada oculta.

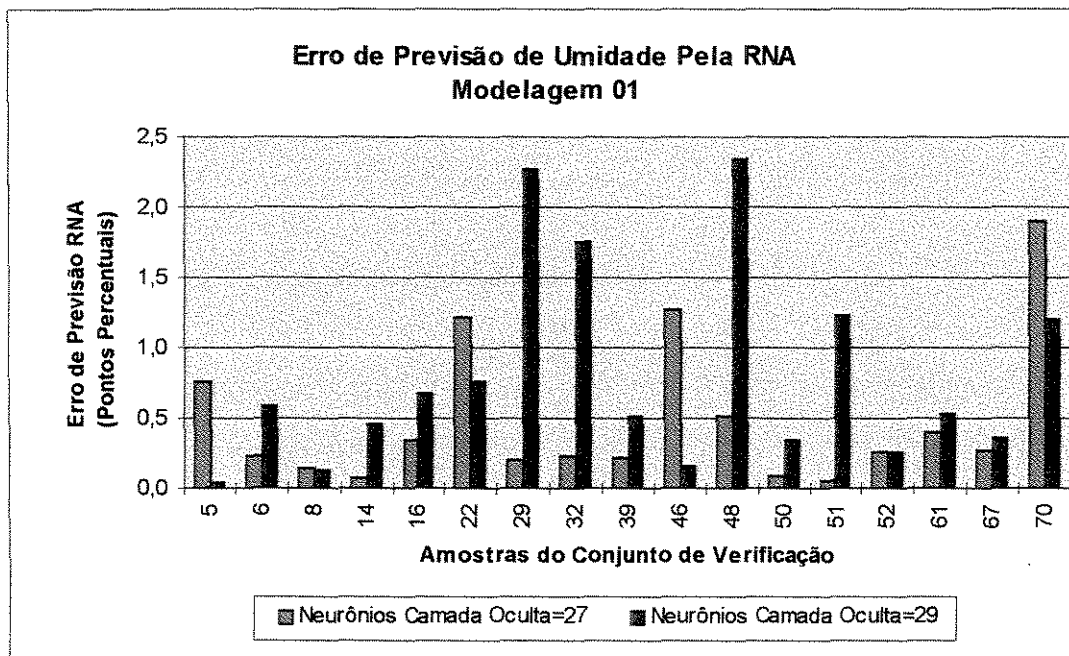


Gráfico 6.5. Comparativo do Erro de Previsão de Umidade

De acordo com o gráfico acima, a taxa de previsibilidade dos valores de umidade apresentada para a configuração de 29 neurônios na camada oculta é de 41% (7 amostras possuem erro inferior a 0,5 pontos percentuais), abaixo portanto à taxa de previsibilidade apresentada quando se tem 27 neurônios nesta camada (77%).

Portanto, embora a configuração de rede com 29 neurônios na camada oculta apresente o menor erro quadrático médio, não é esta a configuração que melhor modela o processo. Este fato é normalmente enfocado na literatura, sendo conhecido como sobreajuste (“overfitting”) dos dados de treinamento da rede. Na verdade o que ocorre é o treinamento excessivo da rede, acarretando uma queda de performance na previsão dos resultados de saída da rede para o conjunto dos dados de verificação (apresentados à rede após finalizada a etapa de treinamento).

Uma maneira que normalmente é empregada para se identificar a ocorrência de “sobreajuste” durante a etapa de treinamento da rede, é a apresentação constante do conjunto de verificação à rede durante a etapa de treinamento, observando-se assim se à medida que a performance do treinamento é melhorada (diminuição do erro médio quadrático) tem-se também a melhora na performance dos resultados de previsão da rede para o conjunto de verificação. Se isto deixar de ocorrer durante a fase de treinamento, “sobreajuste” no treinamento estará então ocorrendo, podendo então a etapa de treinamento para esta condição ser finalizada (MEHROTRA, 1997).

Embora tenha sido apresentado o sobreajuste ocorrido somente para a modelagem 01, o mesmo foi verificado também nas modelagens 02 (onde o menor erro quadrático foi obtido com 60 neurônios na camada oculta) e 03 que apresentou o menor erro quadrático para 19 neurônios presentes na camada oculta, conforme apresenta as Tabelas 4 e 5 do Anexo 8.2, respectivamente.

7. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

De acordo com a proposta do trabalho de se modelar a etapa de secagem através do uso de Redes Neurais Artificiais, com o objetivo de se padronizar o conteúdo de umidade da gelatina à saída do secador, verifica-se que mesmo utilizando-se um banco restrito de dados de processo, conforme apresentado na Tabela 1 (Anexo 8.2), existe um potencial elevado de se atingir este objetivo.

A taxa média de sucesso de previsão da umidade da gelatina pela RNA foi de 70%, havendo com certeza a possibilidade desta taxa ser melhorada à medida que novas amostras são incorporadas ao conjunto de dados de treinamento da rede. Isto em razão do conjunto de treinamento ser fundamental para o bom desempenho da rede neural. Este conjunto deve ser o mais representativo possível, englobando toda a faixa de domínio a que as variáveis que interferem no processo estão sujeitas. O banco de dados utilizados aqui com certeza não representa todo o domínio deste processo, em razão de ser a etapa de secagem atualmente extremamente variável, ou seja, constantemente tem-se alterações nas variáveis de secagem, principalmente velocidade da esteira, vazão mássica de gelatina que alimenta a esteira e umidade do ar. Assim, o primeiro ponto de atuação para melhora da performance da rede neural, seria o enriquecimento do banco de dados de processo utilizado na fase de treinamento da rede.

Um outro ponto de grande influência na previsibilidade da rede diz respeito à própria qualidade dos dados utilizados durante a fase de treinamento. Os dados utilizados neste trabalho foram todos coletados através de leituras e registros manuais. O ideal seria se ter uma coleta automática destes dados, aumentando assim a confiabilidade dos valores médios representativos de cada variável.

Uma vez otimizada a etapa de modelagem da rede neural, como sugestão apresenta-se dois caminhos que poderiam ser seguidos para a aplicação desta tecnologia com objetivo de se “otimizar” o processo em estudo. A primeira seria disponibilizar um

microcomputador na planta, onde o operador da etapa de secagem pudesse entrar com alguns dos dados de secagem, como as temperaturas das câmaras de secagem e umidade do ar, simulando-se assim através do modelo de RNA's, quais seriam as condições a serem aplicadas para vazão de gelatina e velocidade da esteira que produziria ao final da secagem a gelatina com o conteúdo de umidade desejado, por exemplo, um "set point" de 11,0%. Uma outra alternativa, seria a utilização da modelagem neural para o controle automático do secador industrial. Sem dúvida esta aplicação exigiria um maior esforço e custo de implementação, mas resultaria também numa melhor eficiência de utilização desta tecnologia e possivelmente um maior percentual de sucesso na obtenção de valores de umidade da gelatina à saída do secador dentro da especificação desejada.

8. ANEXOS

8.1. Modelo Matemático de SILVA (1995)

8.1.1. Modelagem da Secagem da Partícula Cilíndrica de Gelatina

Conforme destacado por SILVA(1995), a secagem da gelatina é dividida em duas fases. Na primeira fase, quando a gelatina possui um alto teor de umidade no sólido o processo é controlado pela resistência à transferência de massa do vapor da água formado na superfície do sólido até o seio do gás. Durante esta etapa a secagem ocorre como se o material estivesse coberto com uma película de água, portanto o gradiente de concentração no interior da partícula é nulo. A segunda fase de secagem inicia-se quando a umidade da gelatina atinge o valor da umidade crítica. Nesta etapa o processo é então controlado pela difusão da água no interior do gel. Como a evaporação ocorre somente na superfície da gelatina, dois mecanismos influenciam esta a etapa. O primeiro é a difusão da água do interior do gel até a superfície onde ocorre a evaporação e o segundo é a difusão do vapor da água até o seio do gás.

As partículas cilíndricas de gelatina utilizadas durante o ensaio de secagem realizado possuíam as seguintes dimensões:

diâmetro (d) = 3,00 mm e altura (z) = 5,00 cm, conforme ilustrado abaixo:

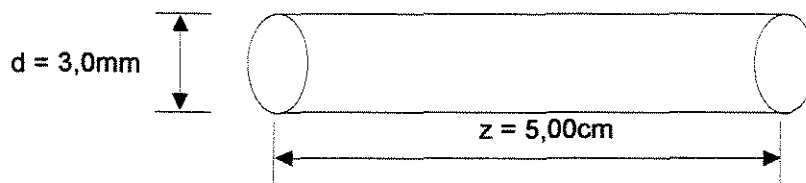


Figura 8.1 - Cilindro de Gelatina

8.1.1.1 Considerações

Para a formulação matemática, foram realizadas as seguintes considerações:

- ♦ o ar circula unidirecionalmente na direção paralela à direção transversal do filamento de gelatina;
- ♦ face à falta de informação, o coeficiente de difusão da água dentro do gel é constante;
- ♦ a umidade de equilíbrio é função apenas da umidade relativa do gás e do material (gelatina) usado;
- ♦ a força motriz para o processo de difusão da água no interior do gel é proveniente exclusivamente do gradiente de concentração da água no gel;
- ♦ a transferência de calor por condução predomina sobre o processo de transferência de energia devido a migração da água no interior da partícula;
- ♦ o volume da partícula permanece constante;
- ♦ a evaporação da água ocorre somente na superfície da gelatina;
- ♦ a evaporação ocorre somente na área lateral, pois esta é aproximadamente cerca de 30 vezes maior que a superfície transversal;
- ♦ o calor de desorção do sistema água-gelatina é igual ao calor de vaporização da água.

As equações que descrevem o modelo são:

8.1.1.2. Balanço de massa na partícula cilíndrica de gelatina

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r D \frac{\partial u}{\partial r} \right]$$

- *Condição Inicial:*

$$u(0,r) = X_c$$

- *Condição de Contorno:*

$$\frac{\partial u}{\partial r}(t, R) = \frac{-\Psi_p}{\rho_s D}$$

8.1.1.3. Balanço de energia na partícula cilíndrica de gelatina

$$\frac{\partial T_p}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \alpha \frac{\partial T_p}{\partial r} \right]$$

- *Condição Inicial:*

$$T_p(0, r) = T_{p0}$$

- *Condição de Contorno:*

$$\frac{\partial T_p}{\partial r}(t, R) = \frac{h_c(T_{ar} - T_p)}{\rho_s \alpha} - \frac{\Psi_p}{\rho_s \alpha} \Delta H_s$$

onde

$$\Psi_p = k_y \left(\bar{Y}_{sat}(T_p(t, r)) - \bar{Y}_{ar} \right) \frac{(u(t, R) - X_e)}{(X_c - X_e)}$$

Para a conversão de unidades da umidade do ar de (kgmol água/kgmol ar úmido) para (kg água/kg ar seco), usa-se a equação:

$$\bar{Y} = \frac{M_w Y}{M_{ar}(1 - Y)}$$

8.1.2. Modelagem da Secagem da Gelatina no Interior do Leito

8.1.2.1. Considerações

Na modelagem matemática do fenômeno de secagem do leito de gelatina, considera-se:

- ◆ que o ar circula unidirecionalmente através do leito fixo formado pelos filamentos cilíndricos de gelatina depositados no interior do secador;
- ◆ o ar comporta-se como gás ideal, nas condições de modelagem;
- ◆ escoamento do ar é empistonado (“plug-flow”) e suas propriedades variam apenas na direção de escoamento do gás;
- ◆ o processo é adiabático, pois o secador utilizado nos ensaios de secagem está isolado termicamente;
- ◆ a capacidade calorífica da gelatina é função apenas do teor de umidade presente no filme;
- ◆ os processos convectivos predominam sobre os difusivos nos fenômenos de transferência de massa e de calor na direção de escoamento do gás;
- ◆ o leito é formado por camadas dos filamentos cilíndricos de gelatina;
- ◆ o volume do leito é constante.

Com base nestas considerações, foram obtidas as seguintes equações:

8.1.2.2. Balanço de quantidade de movimento no gás

$$\frac{\partial F}{\partial t} = -2 \frac{F}{C} \frac{\partial F}{\partial z} + \left(\frac{F}{C} \right)^2 \frac{\partial C}{\partial z} - \frac{R_g C}{M_{ar}} \frac{\partial T_{ar}}{\partial z} - \frac{R_g T_{ar}}{M_{ar}} \frac{\partial C}{\partial z}$$

8.1.2.3. Balanço de massa no gás

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\Psi}{M_w \varepsilon} - \frac{\partial F}{\partial z}$$

8.1.2.4. Balanço de massa do componente água no gás

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{\Psi}{M_w \varepsilon} \frac{(1 - Y)}{C} - \frac{F}{C} \frac{\partial F}{\partial z}$$

8.1.2.5. Balanço de Energia no gás

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_{ar}}{\partial t} = & \frac{1}{C_{var} C} \left[\frac{\Psi}{\varepsilon} \Delta H_s - \frac{h_c a}{\varepsilon} (T_g - T_{ar}) \right] - \\ & \frac{1}{C_{var} C} \left[F C_{par} \frac{\partial T_{ar}}{\partial z} + R_g T_{ar} \frac{\partial F}{\partial z} \right] \end{aligned}$$

8.1.2.6. Balanço de energia na gelatina

$$\frac{\partial T_g}{\partial t} = \frac{1}{\rho_s (\bar{C}_{ps} + X \bar{C}_{pl})} \left[\frac{h_c a}{\varepsilon} (T_{ar} - T_g) - \Psi \Delta H_s \right]$$

8.1.2.7. Balanço de massa na gelatina

$$\frac{\partial X}{\partial t} = - \frac{\Psi}{\rho_a}$$

O termo Ψ é a função que representa a taxa de secagem por unidade de volume do leito (kg água evaporada/hora x metro cúbico), sendo definida de maneira distinta de acordo com o mecanismo que controla a taxa de secagem. Em função disto, pode-se definir a seguinte expressão para a taxa de secagem de acordo com as etapas de secagem:

- Durante a primeira fase do processo de secagem:

$$\Psi = k_y a(\bar{Y}_{\text{sat}}(T_g) - \bar{Y})$$

- Durante a segunda fase de secagem:

$$\Psi = k_y a(\bar{Y}_{\text{sat}}(T_p(t,R)) - \bar{Y}) \frac{(u(t,R) - X_E)}{(X_c - X_E)}$$

ANEXO 8.2

TABELAS

Tabela 01. Banco Geral de Dados de Secagem(Pares de Entrada/Saída)

AMOSTRA	DATA	VAZÃO GEL (pulsos/min)	VEL.ESTEIRA (Hz)	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPO SECAGEM(MIN)	TEMPERATURA DAS CÂMARAS DE SECAGEM (°C)									UMIDADE	
						1° TUNEL	2° TUNEL	3° TUNEL	4° TUNEL	5° TUNEL	6° TUNEL	7° TUNEL	8° TUNEL	9° TUNEL	AR(g/kg ar)	GELATINA(%)
1	31/03/98	102	29,5	28	210	38,0	38,9	41,2	44,1	44,6	55,0	62,4	63,0	68,2	11,1	9,4
2	16/04/98	140	32,6	28	190	38,0	39,7	41,3	44,2	46,9	55,0	63,0	63,9	67,9	13,5	10,3
3	18/04/98	102	27,9	28	225	35,2	39,0	41,4	44,5	45,7	55,0	63,3	63,5	68,1	8,4	8,0
4	20/04/98	150	35,8	29	170	38,0	39,4	41,5	43,7	45,2	55,0	63,1	63,0	67,6	12,6	11,6
5	21/04/98	89	26,7	29	225	37,5	39,8	41,4	44,0	46,1	55,0	63,4	63,1	68,2	5,5	8,5
6	22/04/98	114	30,1	28	175	38,0	40,0	41,4	44,4	47,0	55,0	63,2	63,0	67,8	15,0	9,8
7	23/04/98	95	30,1	28	215	38,0	38,7	41,2	43,6	47,7	55,0	61,8	62,8	67,4	7,0	9,0
8	24/04/98	162	30,5	28	190	37,4	40,4	41,5	43,9	46,0	55,0	62,8	63,2	68,2	13,6	10,9
9	24/04/98	140	30,0	29	205	38,2	39,9	41,2	43,9	47,7	55,0	63,3	63,2	68,3	11,8	10,0
10	27/04/98	162	28,4	27	215	36,7	39,3	41,3	43,5	49,5	54,6	60,0	58,0	57,1	10,2	9,3
11	27/04/98	156	28,8	27	210	37,6	39,4	41,5	44,4	49,1	55,0	60,7	58,8	57,7	11,1	9,5
12	30/04/98	131	28,0	29	205	37,9	39,7	41,1	43,9	50,5	55,0	59,9	58,7	57,8	15,0	9,8
13	04/05/98	156	27,3	29	175	38,0	40,3	41,6	44,5	49,5	55,1	61,6	60,1	58,6	7,0	9,2
14	06/05/98	114	31,5	29	185	37,9	39,8	41,6	43,9	47,2	54,8	61,2	60,3	59,3	17,6	10,0
15	01/09/98	93	26,1	27	225	35,0	34,8	38,8	43,7	53,2	54,9	59,8	58,3	76,6	9,8	9,7
16	03/09/98	114	29,7	29	210	35,1	35,1	38,8	43,7	49,8	54,6	62,8	61,1	68,0	7,6	9,7
17	09/09/98	131	30,0	30	215	35,2	34,7	39,0	44,5	44,0	54,4	62,0	60,4	58,6	6,2	8,8
18	10/09/98	124	25,7	28	250	35,2	35,3	39,1	45,3	57,1	56,0	61,5	61,0	59,6	8,0	8,5
19	11/09/98	131	25,6	30	270	35,2	35,2	38,9	43,9	51,9	55,6	62,8	60,5	68,1	8,0	7,5
20	14/09/98	135	28,2	29	170	35,1	34,9	38,8	43,7	52,6	55,5	62,9	61,2	67,6	15,0	10,9
21	16/09/98	108	26,8	31	240	35,1	35,4	38,9	44,4	49,4	56,1	60,1	58,0	63,0	6,8	10,5
22	17/09/98	127	27,4	30	240	35,1	34,6	38,9	43,4	50,9	55,0	64,2	61,3	66,1	8,0	9,7
23	02/10/98	145	24,4	28	150	35,0	34,9	39,1	43,4	55,2	54,9	61,3	58,8	58,4	6,6	11,9
24	09/10/98	244	20,9	28	195	35,0	34,8	38,8	43,4	49,1	54,9	61,6	59,4	64,6	12,0	10,7
25	13/10/98	234	46,8	28	190	35,0	34,8	38,8	44,0	49,1	54,4	61,9	59,5	65,9	12,0	10,2
26	13/10/98	263	44,8	27	190	35,0	34,9	39,0	43,8	56,4	55,4	63,4	61,1	66,4	13,1	10,3
27	30/10/98	81	22,0	26	240	35,0	34,8	38,8	43,7	56,3	55,5	64,7	62,3	67,7	5,4	10,1
28	26/11/98	100	17,2	29	180	35,0	35,0	40,5	45,3	43,8	55,1	64,5	62,0	63,2	10,9	9,5
29	03/12/98	111	19,9	28	275	35,9	38,4	39,8	43,7	43,8	54,7	65,6	61,8	60,5	12,5	9,5
30	15/12/98	53	20,1	28	190	36,0	37,5	39,9	44,1	42,9	54,7	64,5	61,5	67,2	12,5	8,3
31	16/12/98	84	20,1	30	215	35,8	38,2	38,6	44,7	58,7	54,7	64,9	61,5	67,4	14,0	8,9
32	19/01/99	105	27,4	28	215	35,9	37,7	39,0	43,5	55,7	55,3	60,3	57,2	56,9	15,2	12,3
33	19/01/99	155	44,0	28	205	36,0	38,1	38,9	44,3	44,0	56,1	60,4	57,3	57,1	16,0	12,5
34	21/01/99	91	27,7	29	215	35,9	38,0	39,8	44,0	45,1	56,1	61,8	59,4	58,8	13,5	11,9
35	22/01/99	91	23,9	29	210	35,8	38,2	39,5	44,0	45,0	54,1	63,2	59,6	63,3	13,1	12,3
36	22/01/99	91	26,3	29	220	35,8	38,0	38,7	43,4	48,2	54,5	60,2	61,3	63,3	9,7	11,6
37	26/01/99	154	49,8	30	230	36,0	38,4	39,7	44,0	55,1	55,0	58,8	55,4	54,9	14,5	11,3
38	26/01/99	154	44,0	30	275	36,1	36,6	39,6	44,1	51,7	56,2	56,9	56,1	56,4	11,1	10,2
39	27/01/99	118	41,2	25	205	36,1	37,9	40,0	44,0	45,2	56,2	62,2	59,4	58,8	14,0	10,2
40	27/01/99	84	26,3	30	215	36,0	37,9	38,4	44,6	49,6	54,9	62,1	59,0	58,3	12,4	11,6
41	27/01/99	84	26,3	30	225	36,3	37,4	38,4	43,1	48,4	55,1	60,4	58,8	56,0	9,2	11,7
42	29/01/99	75	29,5	30	185	36,1	37,7	38,6	44,8	42,1	55,5	59,5	54,7	54,5	8,2	11,1
43	29/01/99	75	29,5	30	170	36,5	36,5	39,4	44,6	52,5	54,8	60,4	59,0	56,1	7,5	12,3
44	29/01/99	84	27,8	31	180	36,0	38,3	39,2	44,0	47,7	54,8	61,0	58,1	57,6	7,5	11,8
45	29/01/99	84	27,8	31	195	36,1	39,1	39,0	44,1	53,5	54,6	60,1	58,7	56,6	8,5	11,9

Tabela 01. Continuação

AMOSTRA	DATA	VAZÃO GEL (pulsos/min)	VEL.ESTEIRA (Hz)	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPO SECAGEM(MIN)	TEMPERATURA DAS CÂMARAS DE SECAGEM (°C)									AR (°C)	UMIDADE GEL (%)
						1º TUNEL	2º TUNEL	3º TUNEL	4º TUNEL	5º TUNEL	6º TUNEL	7º TUNEL	8º TUNEL	9º TUNEL		
46	11/02/99	68	25,6	30	245	36,0	35,0	39,3	44,0	46,9	53,6	60,1	56,9	57,1	15,0	11,8
47	19/04/99	186	35,4	30	265	36,0	37,8	39,6	44,0	50,0	55,4	63,7	61,0	53,0	9,0	9,6
48	27/04/99	95	32,2	32	200	36,1	41,6	39,4	44,0	44,3	53,9	63,0	63,2	61,4	14,6	11,5
49	27/04/99	95	30,8	29	245	35,9	40,2	38,7	43,9	57,4	55,0	63,0	63,0	65,1	9,1	9,9
50	04/05/99	84	28,5	27	205	35,9	37,5	40,1	43,4	59,5	54,4	62,8	59,6	52,6	11,7	9,6
51	04/05/99	105	32,2	30	195	36,0	39,2	39,8	45,0	58,9	55,2	64,9	61,5	54,3	9,1	10,3
52	12/05/99	111	32,1	28	220	36,1	33,3	40,9	45,0	45,9	54,5	62,1	57,7	50,3	7,2	9,1
53	14/05/99	179	35,4	29	235	35,0	37,7	39,8	43,3	44,3	54,5	62,4	62,3	57,4	5,8	9,0
54	14/05/99	88	32,6	29	245	35,2	37,6	38,5	45,2	52,2	54,5	66,1	63,0	66,6	5,6	11,0
55	27/07/99	84	28,5	28	210	35,6	38,1	39,1	45,8	54,9	54,6	66,1	61,6	58,2	12,0	9,5
56	27/07/99	91	32,2	30	195	35,5	36,0	39,8	45,7	43,8	53,8	66,4	61,3	57,8	12,5	10,4
57	28/07/99	111	32,1	32	230	33,7	35,8	39,2	44,8	52,5	54,0	65,5	61,9	56,9	11,2	10,5
58	28/07/99	100	25,7	31	230	34,3	35,8	39,3	43,4	42,9	54,2	64,2	59,3	54,0	12,1	11,1
59	29/07/99	165	53,6	33	215	34,3	36,1	38,6	44,1	40,1	55,9	67,6	63,3	65,4	10,2	9,5
60	29/07/99	84	31,8	33	225	34,1	36,2	39,1	44,7	55,6	54,7	65,6	62,8	65,0	9,9	9,6
61	13/08/99	175	51,5	29	200	34,1	36,3	40,3	44,6	44,9	55,6	68,0	62,8	67,5	10,6	10,7
62	13/08/99	84	27,9	29	180	34,1	37,3	40,6	45,6	58,3	54,0	67,3	62,8	68,4	10,6	10,4
63	11/09/99	156	53,6	29	165	34,0	37,1	40,2	43,7	49,3	53,9	60,1	53,6	79,2	7,7	10,2
64	11/09/99	156	53,6	29	175	34,0	36,5	40,2	45,3	48,8	54,8	60,3	53,8	76,1	8,9	10,3
65	11/09/99	91	28,5	32	230	33,9	35,5	39,8	45,3	59,8	56,3	62,1	55,0	77,2	9,1	10,9
66	15/09/99	78	27,5	29	205	34,1	36,7	38,9	45,2	61,2	55,0	62,8	61,3	64,5	13,5	10,9
67	16/09/99	66	18,6	30	245	34,0	35,1	40,0	45,2	49,6	55,3	63,3	62,1	64,0	6,8	9,4
68	16/09/99	66	18,6	30	245	34,1	35,6	39,6	43,7	46,8	55,7	64,4	62,9	62,5	7,3	9,4
69	16/09/99	93	25,7	29	200	34,1	36,1	39,7	44,1	44,9	54,6	60,6	58,3	57,6	8,0	11,4
70	16/09/99	131	26,5	29	190	34,0	36,9	40,0	44,4	49,6	54,2	58,1	56,1	55,3	9,0	11,1
71	22/09/99	88	26,0	30	210	34,0	35,7	38,6	43,4	43,0	54,1	66,2	65,6	80,3	9,6	10,9
72	24/09/99	100	28,7	27	210	34,0	36,2	38,8	44,8	52,4	54,4	62,6	60,3	59,9	7,3	9,1
73	27/09/99	66	26,3	27	200	34,1	36,3	39,8	43,8	47,5	56,3	62,1	60,3	58,9	9,1	9,7
74	27/09/99	66	26,3	27	195	34,2	36,2	38,6	43,8	49,1	54,8	63,9	61,6	63,8	9,6	10,3
75	27/09/99	143	46,0	29	195	33,9	35,6	40,1	45,4	49,6	53,9	64,4	62,5	64,2	9,7	10,3

Tabela 02. Dados Normalizados

AMOSTRA	DATA	VAZÃO GEL (pulsos/min)	VEL.ESTEIRA (Hz)	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPO SECAGEM(MIN)	TEMPERATURA DAS CÂMARAS DE SECAGEM (°C)									UMIDADE	
						1º TUNEL	2º TUNEL	3º TUNEL	4º TUNEL	5º TUNEL	6º TUNEL	7º TUNEL	8º TUNEL	9º TUNEL	AR(g/kg ar)	GELATINA(%)
1	31/03/98	0,23724	0,33791	0,50000	0,48000	0,95556	0,67470	0,87500	0,37037	0,21327	0,51852	0,49550	0,78333	0,59667	0,46721	0,38067
2	16/04/98	0,41568	0,42308	0,37500	0,32000	0,95556	0,77108	0,90625	0,40741	0,32227	0,51852	0,54955	0,85833	0,58667	0,66393	0,55819
3	18/04/98	0,23724	0,29396	0,37500	0,60000	0,33333	0,68675	0,93750	0,51852	0,26540	0,51852	0,57658	0,82500	0,59333	0,24590	0,10454
4	20/04/98	0,46318	0,51099	0,50000	0,16000	0,95556	0,73494	0,96875	0,22222	0,24171	0,51852	0,55856	0,78333	0,57667	0,59016	0,81460
5	21/04/98	0,17511	0,26099	0,50000	0,60000	0,84444	0,78313	0,93750	0,33333	0,28436	0,51852	0,58559	0,79167	0,59667	0,00820	0,20316
6	22/04/98	0,28985	0,35440	0,37500	0,20000	0,95556	0,80723	0,93750	0,48148	0,32701	0,51852	0,56757	0,78333	0,58333	0,78689	0,45957
7	23/04/98	0,20406	0,35440	0,37500	0,52000	0,95556	0,85080	0,87500	0,18519	0,36019	0,51852	0,44144	0,76667	0,57000	0,13115	0,30178
8	24/04/98	0,51800	0,36538	0,37500	0,32000	0,82222	0,85542	0,96875	0,29630	0,27962	0,51852	0,53153	0,80000	0,59667	0,67213	0,87653
9	24/04/98	0,41568	0,35165	0,50000	0,44000	1,00000	0,79518	0,87500	0,29630	0,36019	0,51852	0,57658	0,80000	0,60000	0,52459	0,49901
10	27/04/98	0,51800	0,30769	0,25000	0,52000	0,66667	0,72289	0,90625	0,14815	0,44550	0,37037	0,27928	0,36667	0,22667	0,39344	0,36095
11	27/04/98	0,48958	0,31868	0,25000	0,48000	0,66667	0,73494	0,96875	0,48148	0,42654	0,51852	0,34234	0,43333	0,24667	0,46721	0,40039
12	30/04/98	0,37411	0,29670	0,50000	0,44000	0,93333	0,77108	0,84375	0,29630	0,49289	0,51852	0,27027	0,42500	0,24333	0,78689	0,45957
13	04/05/98	0,48958	0,27747	0,50000	0,20000	0,95556	0,84337	1,00000	0,51852	0,44550	0,55556	0,42342	0,54167	0,27667	0,13115	0,34122
14	06/05/98	0,28985	0,39286	0,50000	0,28000	0,93333	0,78313	1,00000	0,29630	0,33649	0,44444	0,38739	0,55833	0,30000	1,00000	0,49901
15	01/09/98	0,19398	0,24451	0,25000	0,60000	0,28889	0,18072	0,12500	0,22222	0,62085	0,48148	0,26126	0,39167	0,87667	0,36066	0,43393
16	03/09/98	0,28985	0,34341	0,50000	0,48000	0,31111	0,21687	0,12500	0,22222	0,45972	0,37037	0,53153	0,62500	0,59000	0,18033	0,43590
17	09/09/98	0,37411	0,35165	0,62500	0,52000	0,33333	0,16867	0,18750	0,51852	0,18483	0,29630	0,45946	0,56667	0,27667	0,06557	0,26036
18	10/09/98	0,33743	0,23352	0,37500	0,80000	0,33333	0,24096	0,21875	0,81481	0,80569	0,88889	0,41441	0,61667	0,31000	0,21311	0,20118
19	11/09/98	0,37411	0,23077	0,62500	0,96000	0,33333	0,22892	0,15625	0,29630	0,55924	0,74074	0,53153	0,57500	0,59333	0,21311	0,00000
20	14/09/98	0,39422	0,30220	0,50000	0,16000	0,31111	0,19277	0,12500	0,22222	0,59242	0,70370	0,54054	0,63333	0,57667	0,78689	0,67061
21	16/09/98	0,26220	0,26374	0,75000	0,72000	0,31111	0,25301	0,15625	0,48148	0,44076	0,92593	0,28828	0,36667	0,42333	0,11475	0,58777
22	17/09/98	0,35521	0,28022	0,62500	0,72000	0,31111	0,15663	0,15625	0,11111	0,51185	0,51852	0,65766	0,64167	0,52667	0,21311	0,44576
23	02/10/98	0,43861	0,19780	0,37500	0,00000	0,28889	0,19277	0,21875	0,11111	0,71584	0,48148	0,39640	0,43333	0,27000	0,09836	0,86391
24	09/10/98	0,90974	0,10165	0,37500	0,36000	0,28889	0,18072	0,12500	0,11111	0,42654	0,48148	0,42342	0,48333	0,47667	0,54098	0,63511
25	13/10/98	0,86223	0,81319	0,37500	0,32000	0,28889	0,18072	0,12500	0,33333	0,42654	0,29630	0,45045	0,49167	0,52000	0,54098	0,52860
26	13/10/98	1,00000	0,75824	0,25000	0,32000	0,28889	0,19277	0,18750	0,25926	0,77251	0,66667	0,58559	0,62500	0,53667	0,63115	0,55424
27	30/10/98	0,13430	0,13187	0,12500	0,72000	0,28889	0,18072	0,12500	0,22222	0,76777	0,70370	0,70270	0,72500	0,58000	0,00000	0,50888
28	26/11/98	0,22565	0,00000	0,50000	0,24000	0,28889	0,20482	0,65625	0,81481	0,17536	0,55556	0,68468	0,70000	0,43000	0,45082	0,40631
29	03/12/98	0,27566	0,07418	0,37500	1,00000	0,48889	0,61446	0,43750	0,22222	0,17536	0,40741	0,78378	0,68333	0,34000	0,58197	0,40237
30	15/12/98	0,00000	0,07967	0,37500	0,32000	0,51111	0,50802	0,46875	0,37037	0,13270	0,40741	0,68468	0,65833	0,56333	0,58197	0,16765
31	16/12/98	0,14964	0,07967	0,62500	0,52000	0,46667	0,59036	0,06250	0,59259	0,88152	0,40741	0,72072	0,65833	0,57000	0,70492	0,27811
32	19/01/99	0,24941	0,28022	0,37500	0,52000	0,48889	0,53012	0,18750	0,14815	0,73934	0,62963	0,30631	0,30000	0,22000	0,80328	0,95661
33	19/01/99	0,48809	0,73626	0,37500	0,44000	0,51111	0,57831	0,15625	0,44444	0,18483	0,92593	0,31532	0,30833	0,22667	0,86885	1,00000
34	21/01/99	0,18434	0,28846	0,50000	0,52000	0,48889	0,56627	0,43750	0,33333	0,23697	0,92593	0,44144	0,48333	0,28333	0,66393	0,88166
35	22/01/99	0,18434	0,18407	0,50000	0,48000	0,46667	0,59036	0,34375	0,33333	0,23223	0,18519	0,56757	0,50000	0,43333	0,63115	0,94675
36	22/01/99	0,18434	0,25000	0,50000	0,56000	0,46667	0,56627	0,09375	0,11111	0,38389	0,33333	0,29730	0,64167	0,43333	0,35246	0,80473
37	26/01/99	0,48219	0,89560	0,62500	0,64000	0,51111	0,61446	0,40625	0,33333	0,71090	0,51852	0,17117	0,15000	0,15333	0,74590	0,74753
38	26/01/99	0,48219	0,73626	0,62500	1,00000	0,53333	0,39759	0,37500	0,37037	0,54976	0,96296	0,00000	0,20833	0,20333	0,46721	0,53846
39	27/01/99	0,30994	0,65934	0,00000	0,44000	0,53333	0,55422	0,50000	0,33333	0,24171	0,96296	0,47748	0,48333	0,28333	0,70492	0,53254
40	27/01/99	0,14964	0,25000	0,62500	0,52000	0,51111	0,55422	0,00000	0,55556	0,45024	0,48148	0,46847	0,45000	0,26667	0,57377	0,82051
41	27/01/99	0,14964	0,25000	0,62500	0,60000	0,57778	0,49398	0,00000	0,00000	0,39336	0,55556	0,31532	0,43333	0,19000	0,31148	0,83432
42	29/01/99	0,10689	0,33791	0,62500	0,28000	0,53333	0,53012	0,06250	0,62963	0,09479	0,70370	0,23423	0,09167	0,14000	0,22951	0,71400
43	29/01/99	0,10689	0,33791	0,62500	0,16000	0,62222	0,38554	0,31250	0,55556	0,58768	0,44444	0,31532	0,45000	0,19333	0,17213	0,95266
44	29/01/99	0,14964	0,29121	0,75000	0,24000	0,51111	0,60241	0,25000	0,33333	0,36019	0,44444	0,36937	0,37500	0,24333	0,17213	0,85996
45	29/01/99	0,14964	0,29121	0,75000	0,36000	0,53333	0,69880	0,18750	0,37037	0,63507	0,37037	0,28829	0,42500	0,21000	0,25410	0,86982

Tabela 02 (Continuação)

AMOSTRA	DATA	VAZÃO GEL (pulsos/mln)	VELESTEIRA (Hz)	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPO SECAGEM(MIN)	TEMPERATURA DAS CÂMARAS DE SECAGEM (°C)									AR (°C)	UMIDADE GEL (%)
						1º TUNEL	2º TUNEL	3º TUNEL	4º TUNEL	5º TUNEL	6º TUNEL	7º TUNEL	8º TUNEL	9º TUNEL		
46	11/02/99	0,07241	0,23077	0,62500	0,76000	0,51111	0,20482	0,28125	0,33333	0,32227	0,00000	0,28829	0,27500	0,22667	0,78689	0,85404
47	19/04/99	0,63195	0,50000	0,62500	0,92000	0,51111	0,54217	0,37500	0,33333	0,46919	0,66667	0,61261	0,61667	0,09000	0,29508	0,42012
48	27/04/99	0,20406	0,41209	0,87500	0,40000	0,53333	1,00000	0,31250	0,33333	0,19905	0,11111	0,54955	0,80000	0,37000	0,75410	0,79487
49	27/04/99	0,20406	0,37363	0,50000	0,76000	0,48889	0,83133	0,09375	0,29630	0,81991	0,51852	0,54955	0,78333	0,49333	0,30328	0,47929
50	04/05/99	0,14964	0,31044	0,25000	0,44000	0,48889	0,50602	0,53125	0,11111	0,91943	0,29630	0,53153	0,50000	0,07667	0,51639	0,42012
51	04/05/99	0,24941	0,41209	0,62500	0,36000	0,51111	0,71084	0,43750	0,70370	0,89100	0,59259	0,72072	0,65833	0,13333	0,30328	0,55819
52	12/05/99	0,27566	0,40934	0,37500	0,56000	0,53333	0,00000	0,78125	0,70370	0,27488	0,33333	0,46847	0,34167	0,00000	0,14754	0,32150
53	14/05/99	0,60311	0,50000	0,50000	0,68000	0,28889	0,53012	0,43750	0,07407	0,19905	0,33333	0,49550	0,72500	0,23667	0,03279	0,30178
54	14/05/99	0,16627	0,42308	0,50000	0,76000	0,33333	0,51807	0,03125	0,77778	0,57346	0,33333	0,82883	0,78333	0,54333	0,01639	0,69625
55	27/07/99	0,14964	0,31044	0,37500	0,48000	0,42222	0,57831	0,21875	1,00000	0,70142	0,37037	0,82883	0,66667	0,26333	0,54098	0,40039
56	27/07/99	0,18434	0,41209	0,62500	0,38000	0,40000	0,56627	0,43750	0,96296	0,17536	0,07407	0,85586	0,64167	0,25000	0,58197	0,57791
57	28/07/99	0,27566	0,40934	0,87500	0,64000	0,00000	0,30120	0,25000	0,62963	0,58768	0,14815	0,77477	0,69167	0,22000	0,47541	0,59763
58	28/07/99	0,22565	0,23352	0,75000	0,64000	0,13333	0,30120	0,28125	0,11111	0,13270	0,22222	0,65768	0,47500	0,12333	0,54918	0,71598
59	29/07/99	0,53335	1,00000	1,00000	0,52000	0,13333	0,33735	0,06250	0,37037	0,00000	0,85185	0,96396	0,80833	0,50333	0,39344	0,40039
60	29/07/99	0,14964	0,40110	1,00000	0,60000	0,08889	0,34940	0,21875	0,59259	0,73460	0,40741	0,78378	0,76667	0,49000	0,36885	0,42012
61	13/08/99	0,58339	0,94231	0,50000	0,40000	0,08889	0,36145	0,59375	0,55556	0,22749	0,74074	1,00000	0,76667	0,57333	0,42623	0,63708
62	13/08/99	0,14964	0,29398	0,50000	0,24000	0,08889	0,48193	0,68750	0,92593	0,86256	0,14815	0,93694	0,76667	0,60333	0,42623	0,57791
63	11/09/99	0,49059	1,00000	0,50000	0,12000	0,06667	0,45783	0,56250	0,22222	0,43602	0,11111	0,28829	0,00000	0,96333	0,18852	0,52860
64	11/09/99	0,49059	1,00000	0,50000	0,20000	0,06667	0,38554	0,56250	0,81481	0,40284	0,44444	0,30631	0,01667	0,86000	0,28689	0,55621
65	11/09/99	0,18434	0,31044	0,87500	0,64000	0,04444	0,26506	0,43750	0,81481	0,93365	1,00000	0,46847	0,11667	0,89667	0,30328	0,67653
66	15/09/99	0,12008	0,28297	0,50000	0,44000	0,08889	0,40964	0,15625	0,77778	1,00000	0,51852	0,53153	0,64167	0,47333	0,66393	0,68047
67	16/09/99	0,06235	0,03846	0,62500	0,76000	0,06667	0,21687	0,50000	0,77778	0,45024	0,62963	0,57658	0,70833	0,45667	0,11475	0,38264
68	16/09/99	0,06235	0,03846	0,62500	0,76000	0,08889	0,27711	0,37500	0,22222	0,31754	0,77778	0,67568	0,77500	0,40667	0,15574	0,38462
69	16/09/99	0,19398	0,23352	0,50000	0,40000	0,08889	0,33735	0,40625	0,37037	0,22749	0,37037	0,33333	0,39167	0,24333	0,21311	0,77712
70	16/09/99	0,37411	0,25549	0,50000	0,32000	0,06667	0,43373	0,50000	0,48148	0,45024	0,22222	0,10811	0,20833	0,16667	0,29508	0,71598
71	22/09/99	0,16627	0,24176	0,62500	0,48000	0,06667	0,28916	0,06250	0,11111	0,13744	0,18519	0,83784	1,00000	1,00000	0,34426	0,68047
72	24/09/99	0,22565	0,31593	0,25000	0,48000	0,06667	0,34940	0,12500	0,62963	0,58294	0,29630	0,51351	0,55833	0,32000	0,15574	0,32544
73	27/09/99	0,06235	0,25000	0,25000	0,40000	0,08889	0,36145	0,43750	0,25926	0,35071	1,00000	0,46847	0,55833	0,28667	0,30328	0,44576
74	27/09/99	0,06235	0,25000	0,25000	0,36000	0,11111	0,34940	0,06250	0,25926	0,42654	0,44444	0,63063	0,68333	0,45000	0,34426	0,54832
75	27/09/99	0,43184	0,79121	0,50000	0,36000	0,04444	0,27711	0,53125	0,85185	0,45024	0,11111	0,67568	0,74167	0,46333	0,35246	0,54832

TABELA 03 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 1

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	
BASE DOS DADOS DE UMIDADE		5	6	8	14	16	22	28	32	36	46	48	50	51	52	61	67	70	
	"Normalizada"	0.20318	0.45957	0.87853	0.49801	0.43590	0.44576	0.40237	0.95661	0.53254	0.85404	0.79487	0.42012	0.55819	0.32150	0.83708	0.38284	0.71598	
	"Percentual(%)"	8,5	9,8	10,9	10,0	9,7	9,7	9,5	12,3	10,2	11,8	11,5	9,6	10,3	9,1	10,7	9,4	11,1	

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN

NEURÔNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,5	Taxa de Sucesso (%)
				5	6	8	14	18	22	28	32	39	48	48	50	51	52	61	67	70		
				(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)		
4	21	3.96836e-013.	(1)	-0,316	0,856	0,667	0,5106	0,3651	0,1198	0,0216	0,999	0,4739	0,6295	1,2142	1,0424	0,961	-0,382	0,1539	0,2667	1,0528		
			(2)	5,9	11,8	10,9	10,1	9,3	8,1	7,6	12,5	9,9	10,7	13,6	12,8	12,3	5,5	8,3	8,8	12,8		
			(3)	2,6	2,0	0,0	0,1	0,4	1,7	1,9	0,2	0,3	1,1	2,1	3,2	2,0	3,6	2,4	0,6	1,7	5	29,4
5	47	3.97575e-009.	(1)	0,1178	0,608	0,4142	0,6308	0,9164	0,0013	0,7864	0,698	0,6331	1,5178	0,4091	0,4503	1,2888	2,0688	0,7638	1,2641	0,2735		
			(2)	8,1	10,6	9,6	10,2	12,1	7,5	11,5	11,0	10,7	15,2	9,5	9,8	13,9	18,0	11,3	13,9	8,9		
			(3)	0,4	0,8	1,3	0,2	2,4	2,3	1,9	1,3	0,5	3,4	2,0	0,2	3,6	8,9	0,6	4,5	2,2	4	23,5
6	14	1.76175e-008.	(1)	-0,062	0,4455	0,7126	0,615	0,412	-0,08	1,0265	0,503	0,9387	0,9319	1,6754	0,8087	0,6705	0,3479	0,514	0,6276	1,6735		
			(2)	7,2	9,7	11,1	10,8	9,6	7,1	12,7	10,0	12,2	12,2	16,0	10,6	10,9	9,2	10,1	10,7	15,4		
			(3)	1,3	0,1	0,2	0,6	0,1	2,7	3,2	2,3	2,1	0,4	4,5	1,0	0,6	0,1	0,6	1,2	4,3	5	29,4
7	NC	-	(1)																			
			(2)																			
			(3)																			
8	18	2.09882e-008.	(1)	0,1259	0,4415	0,419	0,3686	0,3134	0,2581	-0,344	0,6621	1,1389	0,6523	1,5154	0,6342	0,4703	0,7227	0,1669	0,6145	0,4693		
			(2)	8,1	9,7	9,6	9,3	9,1	8,8	5,7	10,8	13,2	10,8	15,2	10,7	9,9	11,1	8,3	10,6	9,8		
			(3)	0,4	0,1	1,3	0,7	0,6	1,0	3,8	1,5	3,1	1,0	3,7	1,1	0,4	2,0	2,4	1,2	1,3	3	17,6
9	15	2.46488e-010.	(1)	0,0886	0,7882	0,6012	0,6188	0,4184	-0,026	0,5733	0,8183	0,5643	0,4903	1,2022	0,5881	1,2484	-0,099	0,4847	0,266	0,8166		
			(2)	7,9	11,5	10,5	10,6	9,6	7,3	10,4	11,6	10,3	10,0	13,6	10,5	13,8	7,0	9,9	8,8	11,6		
			(3)	0,6	1,7	0,4	0,6	0,1	2,4	0,9	0,7	0,2	1,8	2,1	0,9	3,5	2,1	0,8	0,6	0,5	4	23,5
10	10	1.75521e-009.	(1)	0,1222	0,5815	0,6691	0,6918	0,493	0,2556	0,3847	0,8303	0,8199	0,8068	1,6317	0,7534	0,2657	0,0367	0,1914	0,7003	1,4445		
			(2)	8,1	10,4	10,9	11,0	10,0	8,8	9,4	11,7	11,6	11,6	15,7	11,3	8,8	7,7	8,4	11,0	14,8		
			(3)	0,4	0,6	0,0	1,0	0,3	1,0	0,1	0,6	1,5	0,2	4,2	1,7	1,5	1,4	2,3	1,6	3,7	5	29,4
11	7	3.57781e-007.	(1)	0,2808	0,4305	0,6608	0,5126	0,7072	0,528	1,1554	1,0081	0,6143	1,3847	1,3421	0,7771	0,6163	0,9818	0,5797	0,334	1,457		
			(2)	8,9	9,7	10,8	10,1	11,1	10,1	13,3	12,6	10,6	14,5	14,3	11,4	10,6	12,4	10,4	9,2	14,9		
			(3)	0,4	0,1	0,1	0,1	1,4	0,4	3,8	0,3	0,4	2,7	2,8	1,8	0,3	3,3	0,3	0,2	3,8	10	58,8
12	7	5.66477e-007.	(1)	-0,175	0,3854	0,5955	0,5883	0,5392	0,1499	0,4267	0,993	0,7235	0,9012	0,9528	0,8652	0,5937	0,2059	0,4468	0,5413	0,8561		
			(2)	6,6	9,4	10,5	10,5	10,2	8,2	9,6	12,5	11,1	12,0	12,3	11,9	10,5	8,5	9,7	10,2	11,8		
			(3)	1,9	0,4	0,4	0,5	0,5	1,5	0,1	0,2	1,0	0,2	0,8	2,3	0,2	0,6	1,0	0,8	0,7	8	47,1
13	8	1.72471e-007.	(1)	-0,029	-0,029	0,7654	0,0399	0,4224	0,0695	0,5045	0,9909	0,467	0,9202	1,11	0,4885	0,181	0,4963	0,2437	0,477	0,8255		
			(2)	7,3	7,3	11,4	7,7	9,6	7,8	10,0	12,5	9,8	12,1	13,1	9,9	8,4	10,0	8,7	9,9	11,7		
			(3)	1,2	2,5	0,5	2,3	0,1	1,9	0,5	0,2	0,3	0,3	1,6	0,3	1,9	0,9	2,0	0,5	0,6	8	47,1
14	9	5.99739e-011.	(1)	0,3196	0,576	0,7126	0,5731	0,7176	0,3188	0,5043	0,6949	0,4089	0,8249	0,6886	0,5171	0,4075	-0,038	0,529	0,6988	0,784		
			(2)	9,1	10,4	11,1	10,4	11,1	9,1	10,0	11,0	9,5	11,7	11,0	10,1	9,5	7,3	10,2	11,0	11,4		
			(3)	0,6	0,6	0,2	0,4	1,4	0,6	0,5	1,3	0,6	0,1	0,5	0,5	0,8	1,8	0,5	1,6	0,3	7	41,2
15	8	5.039e-010.	(1)	0,1099	0,3708	0,5786	0,5918	0,3686	-0,021	0,242	0,7317	0,6871	0,9076	1,0019	0,3829	0,4925	0,3092	0,659	0,3925	0,9011		
			(2)	8,0	9,3	10,4	10,5	9,3	7,4	8,7	11,2	11,0	12,1	12,5	9,4	10,0	9,0	10,8	9,5	12,0		
			(3)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	2,4	0,8	1,1	0,8	0,3	1,0	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	0,9	11	64,7
16	7	2.33918e-011.	(1)	0,2915	0,6723	0,7218	0,9653	0,2942	0,0808	0,5309	0,8024	0,9595	1,05	1,3291	0,8885	0,565	0,2008	0,6365	0,9098	0,746		
			(2)	8,9	10,4	11,1	12,4	9,0	7,9	10,2	11,5	12,3	12,8	14,2	12,0	10,3	8,5	10,7	12,1	11,3		
			(3)	0,4	0,6	0,2	2,4	0,7	1,9	0,7	0,8	2,2	1,0	2,7	2,4	0,0	0,6	0,0	2,7	0,2	5	29,4
17	8	4.4557e-010.	(1)	0,0974	0,5128	0,6088	0,7193	0,3885	0,0835	0,4194	0,9034	0,6926	1,2152	1,7359	0,8843	0,9071	0,4282	0,6332	0,5101	0,7216		
			(2)	8,0	10,1	10,6	11,1	9,4	7,9	9,6	12,1	11,0	13,6	16,3	12,0	12,1	9,6	10,7	10,1	11,1		
			(3)	0,5	0,3	0,3	1,1	0,2	1,8	0,1	0,3	0,8	1,8	4,8	2,4	1,8	0,5	0,0	0,6	0,0	8	47,1
18	6	1.0526e-008.	(1)	0,2768	0,6067	0,7802	0,8563	0,5685	0,32	0,665	0,6508	0,3346	0,7121	1,5415	0,9383	0,7767	0,7237	0,8273	0,131	1,2125		
			(2)	8,9	10,5	11,4	11,8	10,4	9,1	10,3	10,8	9,2	11,1	15,3	12,2	11,4	11,1	11,7	8,1	13,6		
			(3)	0,4	0,7	0,5	1,8	0,7	0,6	0,8	1,5	1,0	0,7	3,8	2,6	1,1	2,0	1,0	1,3	2,5	2	11,8
19	5	5.85495e-007.	(1)	0,1828	0,368	0,6124	0,7508	0,3826	0,1033	0,2014	1,2874	0,7149	1,1366	1,2791	0,7846	0,7672	0,3784	0,8528	0,3182	1,142		
			(2)	8,4	9,3	10,6	11,3	9,4	8,0	8,5	14,0	11,1	13,2	14,0	11,4	11,4	9,4	11,8	9,1	13,3		
			(3)	0,1	0,5	0,3	1,3	0,3	1,7	1,0	1,7	0,9	1,4	2,5	1,8	1,1	0,3	1,1	0,3	2,2	6	35,3
20	6	5.66921e-009.	(1)	0,0677	0,1226	0,4816	0,58	0,5452	0,0357	0,9724	0,5245	0,7422	0,9466	1,3064	0,4422	1,0367	0,6244	0,6143	0,3959	0,9123		
			(2)	7,8	8,1	9,9	10,4	10,2	7,7	12,4	10,1	11,2	12,3	14,1	9,7	12,7	10,1	10,6	9,5	12,1		
			(3)	0,7	1,7	1,0	0,4	0,6	2,1	2,9	2,2	1,1	0,5	2,6	0,1	2,4	1,0	0,1	0,1	1,0	5	29,4
21	6	1.64058e-011.	(1)	0,1677	0,3241	0,8045	0,6125	0,4624	0,196	1,2051	0,886	0,5204	0,7246	1,4436	0,5791	0,822	0,5679	0,4227	0,4693	0,8952		
			(2)	8,3	9,1	11,5	10,8	9,8	8,5	13,6	12,0	10,1	11,1	14,8	10,4	11,6	10,3	9,6	9,8	12,0		
			(3)	0,2	0,7	0,6	0,6	0,1	1,3	4,1	0,3	0,1	0,7	3,3	0,8	1,3	1,2	1,1	0,4	0,9	5	29,4

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 03 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 1 (continuação)

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																				
		5	6	8	14	16	22	29	32	39	46	48	50	51	52	61	67	70				
BASE DOS DADOS DE UMIDADE		0,20318	0,45957	0,67653	0,49901	0,43590	0,44578	0,40237	0,95681	0,53254	0,85404	0,79487	0,42012	0,55819	0,32150	0,63708	0,38284	0,71598				
		8,5	9,8	10,9	10,0	9,7	9,7	9,5	12,3	10,2	11,8	11,5	9,6	10,3	9,1	10,7	9,4	11,1				
FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN																						
		RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																				
NEURÔNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	5	6	8	14	16	22	29	32	39	46	48	50	51	52	61	67	70	Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,5	Taxa de Sucesso (%)
22	7	8.1725e-009.	(1)	0,2054	0,3983	0,7529	0,606	0,6475	0,2119	0,6276	0,7762	0,143	1,0393	1,0411	0,7198	0,4242	0,1164	0,373	0,3085	0,7836		
			(2)	8,5	9,5	11,3	10,5	10,8	8,5	10,7	11,4	8,2	12,7	12,7	11,1	9,6	8,1	9,4	9,0	11,4		
			(3)	0,0	0,3	0,4	0,5	1,1	1,2	1,1	0,9	2,0	0,9	1,2	1,5	0,7	1,0	1,3	0,4	0,3	5	29,4
23	6	3.87262e-010.	(1)	0,2384	0,6282	0,8088	0,5098	0,2514	-0,094	0,5314	1,0549	0,5035	1,3337	1,7239	0,6949	0,7119	0,912	0,491	0,6424	1,1003		
			(2)	8,7	10,7	11,6	10,1	8,7	7,0	10,2	12,8	10,0	14,2	16,2	11,0	11,1	12,1	10,0	10,7	13,0	4	23,5
			(3)	0,2	0,9	0,7	0,1	0,9	2,7	0,7	0,5	0,1	2,4	4,7	1,4	0,8	3,0	0,7	1,3	1,9		
24	6	2.93783e-010.	(1)	0,3669	0,5537	0,6573	0,5334	0,5583	0,1188	0,0243	0,7279	0,2905	0,732	1,2044	0,3478	0,901	0,0097	1,4078	0,3105	0,9309		
			(2)	9,3	10,3	10,8	10,2	10,3	8,1	7,6	11,2	8,9	11,2	13,6	9,2	12,0	7,5	14,6	9,0	12,2		
			(3)	0,8	0,5	0,1	0,2	0,6	1,7	1,9	1,2	1,2	0,6	2,1	0,4	1,7	1,6	3,9	0,4	1,1	5	29,4
25	7	9.25745e-012.	(1)	0,1882	0,1647	0,7395	0,4924	0,5703	0,1855	0,3765	0,6577	0,7571	0,8287	1,2509	0,2121	0,4247	0,1627	0,4961	0,0778	0,9234		
			(2)	8,4	8,3	11,2	10,0	10,4	8,4	9,4	10,8	11,3	11,7	13,8	8,5	9,6	8,3	10,0	7,9	12,2		
			(3)	0,1	1,5	0,3	0,0	0,7	1,3	0,1	1,5	1,1	0,1	2,3	1,1	0,7	0,8	0,7	1,5	1,1	5	29,4
26	6	3.00558e-012.	(1)	0,1988	0,3922	0,6025	0,7261	0,3338	0,0508	0,5949	0,8242	0,312	1,2097	0,6519	0,7844	0,6144	0,4948	0,5503	0,5284	0,9786		
			(2)	8,5	9,5	10,5	11,2	9,2	7,7	10,5	11,6	9,1	13,6	10,8	11,3	10,6	10,0	10,3	10,1	12,4		
			(3)	0,0	0,3	0,4	1,2	0,5	2,0	1,0	0,7	1,1	1,8	0,7	1,7	0,3	0,9	0,4	0,7	1,3	6	35,3
27	6	1.12272e-011.	(1)	0,3528	0,504	0,704	0,4854	0,5033	0,2082	0,3821	0,8108	0,4914	1,1038	0,8874	0,4027	0,5484	0,271	0,5593	0,3302	1,0807		
			(2)	8,3	10,0	11,0	9,9	10,0	8,5	8,3	12,1	10,0	13,1	12,0	9,5	10,2	8,8	10,3	8,1	13,0		
			(3)	0,8	0,2	0,1	0,1	0,3	1,2	0,2	0,2	0,2	1,3	0,5	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	1,9	13	76,5
28	6	1.98319e-011.	(1)	-0,199	0,546	0,8854	0,6448	0,4209	0,0736	0,0863	0,8702	0,5027	1,0995	0,9868	0,8255	0,8274	0,1884	0,436	0,7313	0,6635		
			(2)	6,5	10,2	10,9	10,7	9,6	7,8	7,9	11,9	10,0	13,0	12,5	11,7	10,1	8,4	9,7	11,2	10,8		
			(3)	2,0	0,4	0,0	0,7	0,1	1,9	1,6	0,4	0,2	1,2	1,0	2,1	0,2	0,7	1,0	1,8	0,3	7	41,2
29	6	2.06992e-014.	(1)	0,2111	0,343	0,6514	0,5899	0,5695	0,2957	0,8508	0,6099	0,4323	0,8842	1,2568	0,3525	0,3152	0,3727	0,6328	0,3118	0,952		
			(2)	8,5	9,2	10,8	10,5	10,4	9,0	11,8	10,6	9,7	12,0	13,8	9,3	9,1	9,4	10,2	9,1	12,3		
			(3)	0,0	0,6	0,1	0,5	0,7	0,8	2,3	1,8	0,5	0,2	2,3	0,3	1,2	0,3	0,5	0,4	1,2	9	52,9
30	6	1.37116e-013.	(1)	0,1941	0,5731	0,8108	0,7689	0,4104	0,0695	0,6825	0,5935	0,7332	0,6259	2,4004	0,7212	0,4771	0,687	0,383	0,4764	0,7516		
			(2)	8,5	10,4	11,6	11,4	9,6	7,8	10,9	10,5	11,2	10,6	19,6	11,1	9,9	11,0	9,4	9,9	11,3		
			(3)	0,0	0,6	0,7	1,4	0,1	1,9	1,4	1,8	1,0	1,2	8,1	1,5	0,4	1,9	1,3	0,5	0,2	5	29,4
31	5	6.0052e-009.	(1)	0,1738	0,631	0,7268	0,5007	0,5639	0,1091	0,2828	1,0577	0,4715	0,7636	0,8617	0,9506	0,5956	0,4099	0,827	0,6556	0,9816		
			(2)	8,4	10,7	11,1	10,0	10,3	8,0	8,9	12,8	9,9	11,3	11,8	12,3	10,5	9,5	11,7	10,8	12,4		
			(3)	0,1	0,9	0,2	0,0	0,6	1,7	0,6	0,5	0,3	0,5	0,3	2,7	0,2	0,4	1,0	1,4	1,3	9	52,9
32	5	8.96185e-011.	(1)	0,2622	0,5541	0,8124	0,6738	0,5551	0,1533	0,5855	0,7456	0,5633	1,4261	1,0162	0,6663	0,4747	0,1988	0,8352	0,1245	1,1082		
			(2)	8,8	10,3	11,6	10,9	10,3	8,2	10,4	11,3	10,3	14,7	12,6	10,8	9,9	8,5	11,7	8,1	13,1		
			(3)	0,3	0,5	0,7	0,9	0,6	1,5	0,9	1,1	0,1	2,9	1,1	1,2	0,4	0,6	1,0	1,3	2,0	4	23,5
33	5	4.27046e-009.	(1)	0,0595	0,4332	0,6431	0,6565	0,532	0,1798	0,3964	0,6437	0,6238	0,5181	1,2128	-0,216	0,5676	0,3881	0,3518	0,6844	0,941		
			(2)	7,8	9,7	11,7	10,8	10,2	8,4	9,5	10,7	10,1	10,1	13,6	6,4	10,3	9,4	9,3	10,9	12,2		
			(3)	0,7	0,1	0,8	0,8	0,5	1,3	0,0	1,6	0,0	1,7	2,1	3,2	0,0	0,3	1,4	1,5	1,1	6	35,3
34	5	4.4751e-010.	(1)	0,0807	0,268	0,8886	0,4312	0,451	0,0286	0,4912	1,0243	0,5379	1,1721	1,0274	-0,011	0,4252	0,1135	0,5878	0,2692	0,8719		
			(2)	7,9	8,8	12,0	9,7	9,8	7,6	10,0	12,7	10,2	13,4	12,7	7,4	9,6	8,0	10,5	8,8	11,9		
			(3)	0,6	1,0	1,1	0,3	0,1	2,1	0,5	0,3	0,0	1,6	1,2	2,2	0,7	1,1	0,2	0,6	0,8	6	35,3
35	6	3.10743e-011.	(1)	0,2664	0,4139	0,5298	0,4984	0,5952	0,1994	0,325	0,8444	0,615	0,9449	1,0048	0,8059	0,8627	0,0893	0,6374	0,5636	0,833		
			(2)	8,8	9,6	10,2	10,0	10,5	8,5	9,1	11,8	10,6	12,3	12,6	10,5	11,8	7,9	10,7	10,3	11,7		
			(3)	0,3	0,2	0,7	0,0	0,8	1,2	0,4	0,6	0,4	0,5	1,1	0,9	1,5	1,2	0,0	0,9	0,6	7	41,2
36	6	2.72245e-014.	(1)	0,0384	0,5756	0,6415	0,6484	0,3995	0,1488	0,8281	1,0589	0,3585	1,2084	1,3304	0,7612	0,6671	0,174	0,3438	0,4845	1,0915		
			(2)	7,7	10,4	10,7	10,8	9,5	8,2	11,7	12,8	9,3	13,6	14,2	11,3	10,9	8,4	9,2	9,9	13,0		
			(3)	0,8	0,6	0,2	0,8	0,2	1,5	2,2	0,5	0,9	1,8	2,7	1,7	0,6	0,7	1,5	0,5	1,9	4	23,5
37	5	3.53706e-013.	(1)	-0,021	0,0285	0,5721	0,1433	0,3545	-0,08	1,0972	0,7634	0,7904	0,7815	0,9098	0,4172	0,8908	0,2615	0,2727	0,4078	1,1076		
			(2)	7,4	7,6	10,4	8,2	9,3	7,1	13,0	11,3	11,5	11,4	12,1	9,6	11,0	8,8	8,9	9,5	13,1		
			(3)	1,1	2,2	0,5	1,8	0,4	2,7	3,5	1,0	1,3	0,4	0,6	0,0	0,7	0,3	1,8	0,1	2,0	6	35,3
38	5	8.86094e-012.	(1)	0,2861	0,5089	0,5901	0,6919	0,4122	0,2056	0,3683	0,6462	0,815	1,0222	1,4969	0,7645	0,6138	0,2579	0,6536	0,7648	1,1411		
			(2)	8,9	10,1	10,5	11,0	9,6	8,5	9,3	10,7	11,6	12,7	15,1	11,3	10,6	8,8	10,8	1			

TABELA 03 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 1 (continuação)

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	
		5	6	8	14	16	22	29	32	39	48	48	50	51	52	61	67	70	
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,20318	0,45057	0,87953	0,49901	0,43590	0,44576	0,40237	0,95981	0,53254	0,85404	0,79487	0,42012	0,55819	0,32150	0,63708	0,38284	0,71598	
	"Percentual(%)"	8,5	9,8	10,9	10,0	9,7	9,7	8,5	12,3	10,2	11,8	11,5	9,6	10,3	9,1	10,7	8,4	11,1	

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN

NEURÓNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < ±0,5	Taxa de Sucesso (%)
				5	6	8	14	18	22	28	32	39	48	48	50	51	52	61	67	70		
				(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)		
41	5	1.4352e-011.	(1)	0,0197	0,3335	0,809	0,3023	0,6046	0,4373	0,3294	1,1297	0,8414	1,3857	1,3664	0,7009	0,608	0,3124	0,1803	0,3306	0,5678	6	35,3
			(2)	7,6	9,2	10,6	9,0	10,5	9,7	9,1	13,2	11,7	14,5	14,4	11,0	10,6	9,1	8,4	9,1	10,3		
			(3)	0,9	0,6	0,3	1,0	0,9	0,0	0,4	0,9	1,6	2,7	2,9	1,4	0,3	0,0	2,3	0,3	0,8		
42	5	3.39745e-008.	(1)	0,2455	0,4635	0,7153	0,6684	0,5106	0,1537	0,3946	0,7823	0,7547	0,5181	1,2999	0,4301	0,5961	0,3351	0,6067	0,5666	0,8609	9	52,9
			(2)	8,7	9,8	11,1	10,9	10,1	8,2	9,5	11,4	11,3	10,1	14,1	9,7	10,5	9,2	10,5	10,3	11,8		
			(3)	0,2	0,0	0,2	0,9	0,4	1,5	0,0	0,9	1,1	1,7	2,6	0,1	0,2	0,1	0,2	0,9	0,7		
43	6	1.20504e-012.	(1)	0,1779	0,5681	0,5272	0,7849	0,4458	0,1075	0,4427	0,9183	0,8749	0,821	1,3398	0,6812	0,589	0,7854	0,6769	0,5685	0,8516	7	41,2
			(2)	8,4	10,4	10,1	11,4	9,7	8,0	9,7	12,1	10,9	11,8	14,3	10,9	10,5	11,5	10,9	10,4	11,8		
			(3)	0,1	0,6	0,8	1,4	0,0	1,7	0,2	0,2	0,7	0,2	2,8	1,3	0,2	2,4	0,2	0,9	0,7		
44	4	7.03744e-008.	(1)	0,1526	0,2892	0,63	0,5471	0,3755	0,1228	0,0517	1,0004	0,1725	1,4158	1,4377	0,7438	0,7566	1,1287	0,3033	0,4818	0,8887	6	35,3
			(2)	8,2	8,9	10,7	10,2	9,4	8,1	7,7	12,5	8,3	14,6	14,8	11,2	11,3	13,2	9,0	9,9	12,0		
			(3)	0,3	0,9	0,2	0,2	0,3	1,6	1,8	0,2	1,8	2,8	3,3	1,6	1,0	4,1	1,7	0,5	0,9		
45	4	6.74643e-007.	(1)	0,1404	0,6351	0,6586	0,9397	0,5698	0,2385	0,7708	0,5584	0,1711	0,8339	1,0426	0,6952	0,5968	0,3891	0,7939	0,2517	1,1896	5	29,4
			(2)	8,2	10,7	10,8	12,2	10,4	8,7	11,4	10,3	8,3	11,7	12,8	11,0	10,5	9,4	11,5	8,7	13,5		
			(3)	0,3	0,9	0,1	2,2	0,7	1,1	1,9	2,0	1,8	0,1	1,3	1,4	0,2	0,3	0,8	0,7	2,4		
46	5	8.32852e-008.	(1)	0,1306	0,4287	0,8946	0,6901	0,4383	0,0155	0,912	0,7966	0,2271	0,8687	0,6617	0,3892	0,6225	-0,11	0,0445	0,4101	1,1284	7	41,2
			(2)	8,1	9,6	12,0	11,0	9,7	7,5	12,1	11,5	8,6	11,9	10,8	9,4	10,6	6,9	7,7	9,5	13,2		
			(3)	0,4	0,2	1,1	1,0	0,0	2,2	2,6	0,8	1,5	0,1	0,7	0,2	0,3	2,2	3,0	0,1	2,1		
47	5	1.67368e-011.	(1)	0,3367	0,5346	0,7539	0,5763	0,5199	0,1054	0,779	0,6835	0,6381	0,956	0,7138	0,1187	0,1653	-0,119	1,0026	0,3289	1,054	8	47,1
			(2)	9,2	10,2	11,3	10,4	10,1	8,0	11,4	10,9	10,7	12,3	11,1	8,3	6,9	12,6	9,1	12,8			
			(3)	0,7	0,4	0,4	0,4	0,4	1,7	1,9	1,4	0,5	0,5	0,4	1,5	2,0	2,2	1,9	0,3	1,7		
48	4	4.44807e-008.	(1)	-0,022	0,406	0,5451	0,5124	0,5836	0,3158	0,6331	0,8084	0,6043	0,6059	1,2011	0,6581	0,682	0,0649	-0,03	0,4356	1,1354	4	23,6
			(2)	7,4	9,5	10,2	10,1	10,4	9,1	10,7	11,6	10,5	10,5	13,6	10,8	10,9	7,8	7,3	9,7	13,2		
			(3)	1,1	0,3	0,7	0,1	0,7	0,7	1,2	0,8	0,4	1,3	2,1	1,2	0,6	1,3	3,4	0,3	2,1		
49	4	2.84451e-010.	(1)	-0,038	0,4052	0,4932	0,7423	0,48	0,2071	1,1523	0,7699	0,6274	1,0758	1,1484	0,6963	0,3741	1,0128	0,9678	0,4128	0,7441	5	29,4
			(2)	7,3	9,5	10,0	11,2	9,9	8,5	13,3	11,4	10,7	12,9	13,3	11,0	9,4	12,6	12,4	9,6	11,2		
			(3)	1,2	0,3	0,9	1,2	0,2	1,2	3,8	0,9	0,5	1,1	1,8	1,4	0,9	3,5	1,7	0,2	0,1		
50	4	3.88502e-008.	(1)	0,0953	0,3988	0,4282	0,7985	0,6332	0,2759	0,5951	0,6518	0,4508	1,2524	1,2761	0,4046	0,4152	-0,014	0,7625	0,5732	0,7128	4	23,6
			(2)	8,0	9,5	9,6	11,5	10,7	8,9	10,5	10,3	9,8	13,8	13,9	9,5	9,6	7,4	11,3	10,4	11,1		
			(3)	0,5	0,3	1,3	1,5	1,0	0,9	1,0	2,1	0,4	2,0	2,4	0,1	0,7	1,7	0,8	1,0	0,0		
51	4	2.06886e-010.	(1)	0,1584	0,3354	0,6686	0,4818	0,4149	0,1696	0,9271	0,991	0,6912	1,0466	1,3691	0,4606	0,3843	0,3005	0,4332	0,4316	1,0701	8	47,1
			(2)	8,3	9,2	10,9	9,8	9,6	8,3	12,2	12,5	11,0	12,8	14,4	9,8	9,4	9,0	9,7	9,7	12,9		
			(3)	0,2	0,6	0,0	0,2	0,1	1,4	2,7	0,2	0,8	1,0	2,9	0,2	0,9	0,1	1,0	0,2	1,8		
52	5	1.93806e-013.	(1)	0,0286	0,3201	0,6004	0,578	0,6866	0,2925	0,3472	1,1232	0,7605	1,2424	0,7628	1,3883	0,6184	0,5672	0,4316	0,5775	0,9533	5	29,4
			(2)	7,6	9,1	10,5	10,4	10,8	9,0	9,2	13,2	11,3	13,8	11,3	14,5	10,6	10,3	9,7	10,4	12,3		
			(3)	0,9	0,7	0,4	0,4	1,2	0,8	0,3	0,8	1,2	2,0	0,2	4,9	0,3	1,2	1,0	1,0	1,2		
53	4	3.74301e-013.	(1)	0,2881	0,4219	0,697	0,4326	0,4745	0,1908	0,3989	1,0512	0,7488	0,8431	1,1849	0,7792	0,6286	0,1767	0,6673	0,1526	1,0528	9	52,9
			(2)	8,9	9,6	11,0	9,7	9,9	8,4	9,5	12,8	11,3	10,7	13,5	11,4	10,7	8,4	10,9	8,2	12,8		
			(3)	0,4	0,2	0,1	0,3	0,2	1,3	0,0	0,5	1,1	1,1	2,0	1,8	0,4	0,7	0,2	1,2	1,7		
54	4	8.88638e-008.	(1)	0,1654	0,3819	0,5962	0,8386	0,3924	0,1305	0,6302	0,9065	0,168	1,2759	1,2076	0,9406	0,3803	0,8492	0,0185	0,4606	0,9141	6	35,3
			(2)	8,3	9,4	10,5	11,7	9,5	8,1	10,7	12,1	8,3	13,9	13,6	12,2	9,4	11,8	7,8	9,8	12,1		
			(3)	0,2	0,4	0,4	1,7	0,2	1,6	1,2	0,3	1,8	2,1	2,1	2,6	0,9	2,7	3,1	0,4	1,0		
55	4	1.15132e-008.	(1)	0,1005	0,4718	0,6769	0,7777	0,4498	0,1204	0,3609	1,2457	0,4387	1,2275	1,0305	0,8767	0,5584	0,3064	0,6032	0,6048	1,0456	9	52,9
			(2)	8,0	9,9	10,9	11,4	9,8	8,1	9,3	13,8	9,7	13,7	12,7	11,9	10,3	9,0	10,5	10,5	12,8		
			(3)	0,5	0,1	0,0	1,4	0,1	1,6	0,2	1,5	0,5	1,9	1,2	2,3	0,0	0,1	0,2	1,1	1,7		
56	5	9.62653e-009.	(1)	0,0162	0,3475	0,5532	0,3048	0,4173	0,1113	0,6853	0,7085	0,6446	0,388	1,0481	0,6433	0,6585	0,325	0,5663	0,4503	0,8446	5	29,4
			(2)	7,6	9,2	10,3	9,0	9,6	8,0	10,9	11,1	10,7	9,4	12,8	10,7	10,8	9,1	10,3	9,8	11,8		
			(3)	0,9	0,6	0,6	1,0	0,1	1,7	1,4	1,3	0,6	2,4	1,3	1,1	0,5	0,0	0,4	0,3	0,7		
57	4	1.04154e-009.	(1)	0,0803	0,4362	0,5244	0,8734	0,5291	0,1421	0,167	0,9145	0,6147	1,3411	1,3349	0,872	1,0869	0,133	0,7303	0,1649	0,8425	5	29,4
			(2)	7,9	9,7	10,1	11,9	10,2	8,2	8,3	12,1	10,1	14,3	14,2	10,9	13,0	8,1	11,2	8,3	11,7		
			(3)	0,6	0,1	0,8	1,9	0,5	1,5	1,2	0,2	0,1	2,5	2,7	1,3	2,7	1,0	0,5	1,1	0,6		
58	5	1.49763e-010.	(1)	0,1807	0,6326	0,5829	0,5813	0,4239	0,0872	0,6375	1,1046	0,8204	0,8555	0,8244	0,6683	0,6287	0,8746	0,7681	0,9055	0,8778	8	47,1
			(2)	8,4	10,2	10,4	10,4	9,6	7,9	10,7	13,1	11,6	11,8	11,6	10,9	10,7	11,9	11,4	12,1	11,9		
			(3)	0,1	0,4	0,5	0,1	0,1	1,8	1,2	0,8	1,5	0,0	0,1	1,3	0,4	2,8	0,7	2,7	0,8		
59	5	9.86513e-009.	(1)	0,147	0,515	0,6511	0,7413	0,4509	0,1226	0,3537	0,7743	0,4637	0,9261	1,5066	0,962	0,3575	0,4766	0,44	0,4327	1,1494	8	47,1
			(2)	8,2	10,1	10,8	11,2	9,8	8,1	9,3	11,4	9,8	12,2	15,1	12,3	9,3	9,9	9,7	9,7	13,3		
			(3)	0,3	0,3	0,1	1,2	0,1	1,6	0,2	0,9	0,3	0,4	3,6	2,7	1,0	0,8	1,0	0,3	2,2		
60	4	3.76111e-013.	(1)	-0,12	0,5283	0,6	0,8562	0,571	0,2285	0,599	0,4173	0,6502	1,5177	1,1747	0,9053	0,5686	1,2546	0,6234	0,702	0,9886	4	23,6
			(2)	6,9	10,1	10,5	11,8	10,4	8,6	10,5	9,6	10,8	15,2	13,4	12,1	10,4	13,8	10,6	11,0	12,5		
			(3)	1,6	0,3	0,4	1,8	0,7	1,1	1,0	2,7	0,6	3,4	1,9	2,5	0,1	4,7	0,1	1,6	1,4		

TABELA 03 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 1 (continuação)																			
AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																			
		5	6	8	14	16	22	29	32	39	46	48	50	51	52	61	67	70	
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,20316	0,45957	0,67853	0,49901	0,43590	0,44578	0,40237	0,95861	0,53254	0,85404	0,79487	0,42012	0,55819	0,32150	0,63708	0,38284	0,71598	
	"Percentual(%)"	8,5	9,8	10,9	10,0	9,7	9,7	9,5	12,3	10,2	11,8	11,5	9,9	10,3	9,1	10,7	9,4	11,1	

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/TANSIG

NEURÓNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < + 0,5	Taxa de Sucesso (%)
				5	6	8	14	16	22	28	32	39	46	48	50	51	52	61	67	70		
4	NC	-	(1)																			
			(2)																			
			(3)																			
5	84	9.92646e-007.	(1)	0,0682	0,798	0,7408	0,7967	0,2081	-0,008	0,4431	0,9489	0,9824	0,794	0,7555	0,888	0,9605	0,8883	0,9826	0,9769	0,9323		
			(2)	7,8	11,5	11,2	11,5	8,5	7,4	9,7	12,3	12,5	11,5	11,3	12,0	12,3	12,0	12,5	12,4	12,2		
			(3)	0,7	1,7	0,3	1,5	1,2	2,3	0,2	0,0	2,3	0,3	0,2	2,4	2,0	2,9	1,8	3,0	1,1	5	29,4
6	24	9.52617e-007.	(1)	-0,22	0,3881	0,7942	0,7707	0,3218	-0,082	0,6544	0,6703	0,9214	0,8861	0,9642	-0,464	0,7223	0,4682	0,83	0,6092	0,9035		
			(2)	6,4	9,4	11,5	11,4	9,1	7,1	10,8	10,9	12,1	12,0	12,4	5,1	11,1	9,8	11,7	10,6	12,1		
			(3)	2,1	0,4	0,6	1,4	0,6	2,7	1,3	1,5	2,0	0,2	0,9	4,5	0,8	0,7	1,0	1,1	1,0	2	11,8
7	47	7.75818e-007.	(1)	0,1126	0,8693	0,8366	0,9427	0,2409	0,473	0,3721	0,5254	0,8373	0,6054	0,9999	0,6058	0,8386	0,7902	0,1054	0,6282	-0,934		
			(2)	8,0	11,9	11,7	12,2	8,7	9,9	9,4	10,1	11,7	10,5	12,5	10,5	11,7	11,5	8,0	10,7	2,7		
			(3)	0,5	2,1	0,8	2,2	1,0	0,1	0,2	2,2	1,5	1,3	1,0	0,9	1,4	2,4	2,7	1,2	8,4	3	17,6
8	43	9.95823e-007.	(1)	0,2537	0,1238	0,7277	0,4622	0,7923	0,0126	0,4252	0,9111	0,8931	0,735	0,727	0,8053	0,8268	0,8069	0,961	0,2508	0,7619		
			(2)	8,8	8,1	11,2	9,8	11,5	7,5	9,6	12,1	12,0	11,2	11,2	11,6	11,7	11,6	12,3	8,7	11,3		
			(3)	0,3	1,7	0,3	0,2	1,8	2,2	0,1	0,2	1,8	0,6	0,3	2,0	1,4	2,5	1,6	0,7	0,2	7	41,2
9	24	8.04702e-007.	(1)	-0,539	0,5022	0,786	0,8767	0,5815	0,5292	0,8106	0,9337	0,9183	-0,528	0,8946	0,923	0,8172	0,5194	0,9754	0,1435	0,8298		
			(2)	4,7	10,0	11,5	11,9	10,4	10,2	11,6	12,2	12,1	4,8	12,0	12,1	11,6	10,1	12,4	8,2	11,7		
			(3)	3,8	0,2	0,6	1,9	0,7	0,4	2,1	0,1	2,0	7,0	0,5	2,5	1,3	1,0	1,7	1,2	0,6	4	23,5
10	31	9.79054e-007.	(1)	0,1958	0,3826	0,8505	0,7564	0,2068	-0,11	0,7558	0,9433	0,958	0,9254	0,9697	0,5796	0,6558	0,8626	0,3335	0,8045	0,8792		
			(2)	8,5	9,4	11,8	11,3	8,5	6,9	11,3	12,3	12,3	12,2	12,4	10,4	10,8	11,8	9,2	11,5	11,9		
			(3)	0,0	0,4	0,9	1,3	1,2	2,8	1,8	0,1	2,2	0,4	0,9	0,8	0,5	2,7	1,5	2,1	0,8	5	29,4
11	15	8.39881e-007.	(1)	0,1321	0,4077	0,5104	0,8581	0,6865	0,4637	0,9973	0,949	0,9317	0,9678	0,9189	0,9844	0,6931	0,7351	0,4309	0,201	0,8476		
			(2)	8,1	9,5	10,1	11,8	10,8	9,8	12,5	12,3	12,2	12,4	12,1	12,5	10,5	11,2	9,7	8,5	11,8		
			(3)	0,4	0,3	0,8	1,8	1,2	0,1	3,0	0,0	2,0	0,6	0,6	2,9	0,2	2,1	1,0	0,9	0,7	5	29,4
12	19	8.54902e-007.	(1)	0,007	0,5299	0,6619	0,9623	0,4638	-0,084	-0,057	0,5322	0,6023	0,9456	0,9076	0,7907	0,7854	0,1252	0,1969	0,4578	0,6913		
			(2)	7,5	10,2	10,8	12,3	9,9	7,0	7,2	10,2	10,5	12,3	12,1	11,5	11,4	8,1	8,5	9,8	11,0		
			(3)	1,0	0,4	0,1	2,3	0,2	2,7	2,3	2,2	0,4	0,5	0,6	1,9	1,1	1,0	2,2	0,4	0,1	7	41,2
13	18	7.19627e-007.	(1)	-0,139	-0,388	0,7698	0,1017	0,4203	-0,088	0,8534	0,9342	0,9838	0,663	0,9546	0,8858	0,5547	0,5497	0,7032	0,4748	0,7696		
			(2)	6,8	5,5	11,4	8,0	9,6	7,0	11,8	12,2	12,5	10,8	12,3	12,0	10,3	10,3	11,0	9,9	11,4		
			(3)	1,7	4,3	0,5	2,0	0,1	2,7	2,3	0,1	2,3	1,0	0,8	2,4	0,0	1,2	0,3	0,5	0,3	7	41,2
14	30	1.52718e-007.	(1)	0,6001	0,4548	0,744	0,7588	0,3207	-0,138	0,8594	0,8772	1	0,8039	0,6758	0,9112	0,5334	0,4764	0,9468	0,0566	0,7823		
			(2)	10,5	9,8	11,2	11,3	9,1	6,8	11,8	11,9	12,5	11,5	10,9	12,1	10,2	9,9	12,3	7,8	11,4		
			(3)	2,0	0,0	0,3	1,3	0,6	3,0	2,3	0,4	2,4	0,3	0,6	2,5	0,1	0,8	1,6	1,7	0,3	6	35,3
15	14	5.32173e-007.	(1)	0,4977	0,5163	0,7516	0,5922	0,2102	-0,088	0,3633	0,2044	0,9882	0,9441	0,9769	0,2317	0,5541	0,4604	0,9408	0,4008	0,6867		
			(2)	10,0	10,1	11,3	10,5	8,5	7,0	9,3	8,5	12,5	12,3	12,4	8,6	10,3	9,8	12,2	9,5	10,9		
			(3)	1,5	0,3	0,4	0,5	1,1	2,7	0,2	3,8	2,3	0,5	0,9	1,0	0,0	0,7	1,5	0,1	0,2	8	47,1
16	24	9.67266e-007.	(1)	0,4241	0,4516	0,8899	0,8797	0,4201	0,0835	0,8792	0,8468	0,9877	0,8949	0,9718	0,8458	0,8611	0,7009	0,4198	0,7141	0,9232		
			(2)	9,6	9,8	12,0	11,9	9,8	7,9	11,9	12,3	12,5	12,0	12,4	11,8	11,8	11,0	9,6	11,1	12,2		
			(3)	1,1	0,0	1,1	1,9	0,1	1,8	2,4	0,0	2,3	0,2	0,9	2,2	1,5	1,9	1,1	1,7	1,1	4	23,5
17	31	9.78275e-007.	(1)	-0,209	0,5388	0,6597	0,9117	0,5755	0,2837	0,4328	0,9782	0,9813	0,9516	0,9754	0,8963	0,87	0,7974	0,8434	0,3214	0,0493		
			(2)	6,4	10,2	10,8	12,1	10,4	8,9	9,7	12,4	12,4	12,3	12,4	12,0	11,9	11,5	11,7	9,1	7,7		
			(3)	2,1	0,4	0,1	2,1	0,7	0,8	0,2	0,1	2,3	0,5	0,9	2,4	1,6	2,4	1,0	0,3	3,4	6	35,3
18	20	9.81244e-007.	(1)	0,0093	0,5515	0,8921	0,8638	0,2307	-0,256	0,9196	0,8848	0,8815	0,7013	0,991	0,5114	0,1419	0,1812	0,8738	0,2555	0,7537		
			(2)	7,5	10,3	12,0	11,8	8,6	6,2	12,1	12,0	11,9	11,0	12,5	10,1	8,2	8,4	11,9	8,8	11,3		
			(3)	1,0	0,5	1,1	1,8	1,0	3,6	2,6	0,4	1,8	0,8	1,0	0,5	2,1	0,7	1,2	0,6	0,2	4	23,5
19	NC	-	(1)																			
			(2)																			
			(3)																			
20	23	8.49993e-008.	(1)	-0,071	-0,162	0,4542	0,225	0,465	-0,337	0,8973	0,953	1	0,9266	0,8073	0,7809	0,8168	0,7936	0,5264	0,6122	0,7998		
			(2)	7,1	6,7	9,8	8,6	9,8	5,8	12,0	12,3	12,5	12,2	11,6	11,4	11,6	11,5	10,1	10,6	11,5		
			(3)	1,4	3,1	1,1	1,4	0,1	4,0	2,5	0,0	2,4	0,4	0,1	1,8	1,3	2,4	0,6	1,2	0,4	5	29,4

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 03 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 1 (continuação)

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	
		5	6	8	14	16	22	29	32	39	46	48	50	51	52	61	67	70	
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,20318	0,45957	0,87853	0,48901	0,43580	0,44576	0,40237	0,95661	0,53264	0,85404	0,79487	0,42012	0,55819	0,32150	0,63708	0,38264	0,71598	
	"Percentual(%)	8,5	9,8	10,9	10,0	9,7	9,7	9,5	12,3	10,2	11,8	11,5	9,8	10,3	9,1	10,7	9,4	11,1	

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/TANSIG

NEURÔNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < ±0,5	Taxa de Sucesso (%)
				5	8	8	14	16	22	29	32	39	46	48	50	51	52	61	67	70		
				(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)		
21	23	7.16402e-007	(1)	-0.13	0.0035	0.774	0.6214	0.5759	0.0792	0.9691	0.9509	1	0.7749	0.9197	0.8434	0.7596	0.7722	0.8467	0.276	0.7089		
			(2)	6.8	7.5	11.4	10.6	10.4	7.9	12.4	12.3	12.5	11.4	12.1	11.7	11.3	11.4	11.8	8.9	11.1		
			(3)	1.7	2.3	0.5	0.6	0.7	1.9	2.9	0.0	2.4	0.4	0.6	2.1	1.0	2.3	1.1	0.5	0.0	4	23.5
22	25	8.51974e-007	(1)	0.2532	-0.31	0.6165	0.3881	0.7836	0.1311	0.6985	0.908	0.9999	0.9621	0.7784	0.7111	0.824	0.3708	0.9325	0.4449	0.608		
			(2)	8.8	5.9	10.8	9.4	11.4	8.1	11.0	12.1	12.5	12.3	11.4	11.1	11.6	9.3	12.2	9.7	10.6		
			(3)	0.3	3.9	0.3	0.6	1.8	1.6	1.5	0.2	2.4	0.5	0.1	1.5	1.3	0.2	1.6	0.3	0.5	6	35.3
23	23	5.99268e-007	(1)	0.0871	0.7364	0.6708	0.6956	0.1174	0.2324	0.9949	0.9817	0.9991	0.9969	0.9448	0.8859	0.8704	0.931	0.6224	0.5468	0.843		
			(2)	7.9	11.2	10.9	11.0	8.1	8.6	12.5	12.4	12.5	12.5	12.3	12.0	11.9	12.2	10.6	10.2	11.7		
			(3)	0.6	1.4	0.0	1.0	1.6	1.1	3.0	0.1	2.4	0.7	0.8	2.4	1.6	3.1	0.1	0.8	0.6	3	17.6
24	51	9.29969e-007	(1)	-0.237	0.3148	0.7212	0.5418	0.5454	0.0783	-0.118	0.9126	0.8797	0.9122	0.9569	0.3187	0.8445	0.1126	0.903	0.6969	0.8936		
			(2)	6.3	9.1	11.1	10.2	10.2	7.9	6.9	12.1	12.4	12.1	12.3	9.1	11.8	8.0	12.0	11.0	12.0		
			(3)	2.2	0.7	0.2	0.2	0.6	1.9	2.6	0.2	2.3	0.3	0.8	0.5	1.5	1.1	1.3	1.6	0.9	5	29.4
25	26	9.30964e-007	(1)	0.2664	0.4409	0.6993	0.6903	0.5775	0.0532	0.3614	0.9177	0.9842	0.9591	0.9577	0.591	0.5206	0.8749	0.5374	0.263	0.9025		
			(2)	8.8	9.7	11.0	11.0	10.4	7.7	9.3	12.1	12.4	12.3	12.3	10.5	10.1	11.9	10.2	8.8	12.0		
			(3)	0.3	0.1	0.1	1.0	0.7	2.0	0.2	0.2	2.2	0.5	0.8	0.9	0.2	2.8	0.5	0.6	0.9	8	47.1
27	24	9.53936e-007	(1)	0.6353	0.5822	0.7587	0.6672	0.5068	0.2022	0.6052	0.8959	0.9916	0.9615	0.9731	0.1865	0.3304	0.4154	0.3393	0.826	0.8807		
			(2)	10.7	10.4	11.3	10.9	10.0	8.5	10.5	12.0	12.5	12.3	12.4	8.4	9.1	9.6	9.2	11.7	11.9		
			(3)	2.2	0.8	0.4	0.9	0.4	1.2	1.0	0.3	2.3	0.5	0.9	1.2	1.2	0.5	1.5	2.2	0.8	4	23.5
29	21	9.31666e-007	(1)	0.0581	0.2088	0.6794	0.5387	0.5101	0.0236	0.8637	0.4531	0.8854	0.9135	0.8831	-0.351	0.6659	0.8715	0.7786	0.4552	0.9699		
			(2)	7.8	8.5	10.9	10.2	10.1	7.6	11.8	9.8	12.5	12.1	11.9	5.7	10.8	11.9	11.4	9.8	12.4		
			(3)	0.7	1.3	0.0	0.2	0.4	2.1	2.3	2.6	2.3	0.3	0.4	3.9	0.5	2.8	0.7	0.4	1.3	6	35.3
30	20	9.58462e-007	(1)	0.4312	0.4598	0.8598	0.8645	0.3296	0.0234	0.8865	0.7512	0.9676	0.7893	0.992	0.6949	0.7419	0.7396	0.8429	0.5858	0.8128		
			(2)	9.7	9.8	11.8	11.9	9.1	7.6	12.0	11.3	12.4	11.5	12.5	11.0	11.2	11.2	11.7	10.4	11.6		
			(3)	1.2	0.0	0.9	1.9	0.5	2.1	2.5	1.0	2.2	0.3	1.0	1.4	0.9	2.1	1.0	1.0	0.5	4	23.5

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 04 - RESULTADOS DA SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 2

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																
		2	7	10	12	18	25	27	34	38	43	54	57	60	63	68	72	74
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,55819	0,30178	0,36095	0,45957	0,20118	0,52880	0,50888	0,88186	0,80473	0,95288	0,69825	0,59763	0,42012	0,52860	0,38462	0,32544	0,54832
	"Percentual(%)	10,3	9,0	9,3	9,8	8,5	10,2	10,1	11,9	11,5	12,3	11,0	10,5	9,8	10,2	8,4	8,1	10,2

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN

NEURÔNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,6	Taxa de Sucesso (%)		
				2	7	10	12	18	25	27	34	38	43	54	57	60	63	68	72	74				
				(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)			(3)	
4	34	4.09294e-010	(1)	0,3834	0,233	0,9361	1,2199	-0,263	0,8063	0,0328	0,5716	0,6684	0,6236	-0,716	0,4654	0,463	1,9511	-0,331	0,2457	-0,178	3	17,6		
			(2)	9,5	8,7	12,2	13,7	6,1	11,6	7,6	10,4	10,9	10,6	3,8	9,8	9,8	17,4	5,8	8,7	6,6				
			(3)	0,8	0,3	2,9	3,9	2,4	1,4	2,5	1,5	0,6	1,7	7,2	0,7	0,2	7,2	3,6	0,4	3,6				
5	17	5.8255e-012	(1)	0,5175	-0,049	0,4846	0,5759	-0,376	-0,036	0,1977	0,4048	0,7492	0,5345	0,0817	0,6712	0,6476	-0,587	0,3955	0,5322	0,7747	4	23,5		
			(2)	10,1	7,2	9,9	10,4	5,6	7,3	8,5	9,5	11,3	10,2	7,9	10,9	10,8	4,5	9,5	10,2	11,4				
			(3)	0,2	1,8	0,6	0,6	2,9	2,9	1,6	2,4	0,2	2,1	3,1	0,4	1,2	5,7	0,1	1,1	1,2				
6	11	8.36757e-009	(1)	0,5838	0,2889	0,7146	0,6409	0,2019	0,5153	0,1246	0,2808	0,7765	0,8721	0,3971	0,7931	0,9402	0,4291	0,7409	0,5773	0,8947	6	35,3		
			(2)	10,4	8,9	11,1	10,7	8,5	10,1	8,1	8,9	11,4	11,9	9,5	11,5	12,2	9,6	11,2	10,4	12,0				
			(3)	0,1	0,1	1,8	0,9	0,0	0,1	2,0	3,0	0,1	0,4	1,5	1,0	2,6	0,6	1,8	1,3	1,8				
7	11	9.20167e-011	(1)	0,6386	0,1766	0,7953	0,3902	-0,185	0,3893	-0,18	0,2741	0,8125	0,3297	0,1741	0,8138	0,703	1,1022	0,4038	0,3225	0,2296	5	29,4		
			(2)	10,2	8,4	11,5	9,4	6,5	9,4	6,6	8,9	11,6	9,1	8,4	11,6	11,0	13,1	9,5	9,1	8,6				
			(3)	0,1	0,6	2,2	0,4	2,0	0,8	3,5	3,0	0,1	3,2	2,6	1,1	1,4	2,9	0,1	0,0	1,6				
8	9	5.32547e-009	(1)	0,4697	0,4136	1,1101	0,7335	-0,46	0,8497	-0,314	0,5606	0,8858	0,5981	0,1299	0,6309	0,8	0,882	0,2328	0,5497	0,5554	4	23,5		
			(2)	9,9	9,6	13,1	11,2	5,1	11,8	5,9	10,3	12,0	10,5	8,1	10,7	11,5	11,9	8,7	10,3	10,3				
			(3)	0,4	0,6	3,8	1,4	3,4	1,6	4,2	1,6	0,5	1,8	2,9	0,2	1,9	1,7	0,7	1,2	0,1				
9	11	2.91333e-012	(1)	0,3938	0,4321	1,0627	0,318	0,0403	1,1377	-0,349	0,8741	0,6657	0,3806	-0,31	0,8123	0,8784	0,7445	0,4892	0,582	0,516	2	11,8		
			(2)	9,5	9,7	12,9	9,1	7,7	13,2	5,7	11,9	10,8	9,3	5,9	11,6	11,9	11,2	10,0	10,4	10,1				
			(3)	0,8	0,7	3,6	0,7	0,8	3,0	4,4	0,0	0,7	3,0	5,1	1,1	2,3	1,0	0,6	1,3	0,1				
10	11	2.09066e-011	(1)	0,5213	0,5128	0,8248	0,7722	-0,104	0,2592	-0,129	0,7092	0,7849	0,5451	-0,517	0,3906	0,4844	0,5506	0,6293	0,2775	0,7331	5	29,4		
			(2)	10,1	10,1	11,7	11,4	6,9	8,8	6,8	11,1	11,4	10,2	4,8	9,5	9,9	10,3	10,7	8,9	11,2				
			(3)	0,2	1,1	2,4	1,6	1,6	1,4	3,3	0,8	0,1	2,1	6,2	1,0	0,3	0,1	1,3	0,2	1,0				
11	6	4.39064e-010	(1)	0,4933	0,4314	0,7336	0,503	0,2128	0,8484	0,1559	0,6991	0,8506	0,7197	-0,115	0,6641	0,4612	0,9409	0,1967	0,5948	0,3406	5	29,4		
			(2)	10,0	9,7	11,2	10,0	8,5	11,8	8,3	11,0	10,8	11,1	6,9	10,8	9,8	12,2	8,5	10,5	9,2				
			(3)	0,3	0,7	1,9	0,2	0,0	1,6	1,8	0,9	0,7	1,2	4,1	0,3	0,2	2,0	0,9	1,4	1,0				
12	9	1.47752e-008	(1)	0,81	0,218	0,3051	0,5366	0,2248	0,4562	-0,289	0,7161	0,7737	0,8315	-0,499	0,8963	0,7403	1,0932	0,1326	0,5159	0,3606	7	41,2		
			(2)	10,6	8,6	9,0	10,2	8,6	9,8	8,0	11,1	11,4	11,7	4,9	12,0	11,2	13,0	8,1	10,1	9,3				
			(3)	0,3	0,4	0,3	0,4	0,1	0,4	4,1	0,8	0,1	0,6	6,1	1,5	1,6	2,8	1,3	1,0	0,9				
13	11	2.77299e-007	(1)	0,5371	0,2069	0,3265	0,6375	0,0576	0,6759	-0,256	0,2296	0,8336	0,5772	-0,012	0,4222	0,4173	1,0329	0,1732	0,3341	0,3955	6	35,3		
			(2)	10,2	8,5	9,1	10,7	7,8	10,9	6,2	8,6	11,7	10,4	7,4	9,6	9,6	12,7	8,3	9,2	9,5				
			(3)	0,1	0,5	0,2	0,9	0,7	0,7	3,9	3,3	0,2	1,9	3,6	0,9	0,0	2,5	1,1	0,1	0,7				
14	7	8.92044e-013	(1)	0,4854	0,2095	0,4807	0,5684	0,2083	1,1148	0,0004	0,7415	0,7125	0,6827	0,0742	0,7188	0,6316	0,2802	0,435	0,6552	0,6123	6	35,3		
			(2)	9,9	8,5	9,9	10,4	8,5	13,1	7,5	11,2	11,1	10,9	7,8	11,1	10,7	8,9	9,7	10,8	10,6				
			(3)	0,4	0,5	0,6	0,6	0,0	2,9	2,6	0,7	0,4	1,4	3,2	0,6	1,1	1,3	0,3	1,7	0,4				
15	8	5.24793e-013	(1)	0,5009	0,3377	0,348	0,4836	-0,054	0,5258	-0,285	0,5478	0,8596	0,6186	-0,313	0,3267	0,5332	0,6953	0,3402	0,2608	0,238	7	41,2		
			(2)	10,0	9,2	9,2	9,9	7,2	10,1	6,0	10,2	10,8	10,6	5,9	9,1	10,2	11,0	9,2	8,8	8,7				
			(3)	0,3	0,2	0,1	0,1	1,3	0,1	4,1	1,7	0,7	1,7	5,1	1,4	0,6	0,8	0,2	0,3	1,5				
16	6	3.89503e-007	(1)	0,4498	0,2302	0,3401	0,686	-0,196	0,7073	-0,437	0,6947	0,7029	0,4642	-0,048	0,8617	0,6467	1,9378	0,2189	0,188	0,4814	4	23,5		
			(2)	9,7	8,6	9,2	10,9	6,5	11,1	5,3	11,0	11,0	9,8	7,2	11,8	10,7	17,3	8,6	8,4	9,9				
			(3)	0,6	0,4	0,1	1,1	2,0	0,9	4,8	0,9	0,5	2,5	3,8	1,3	1,1	7,1	0,8	0,7	0,3				
17	6	2.35285e-010	(1)	0,5286	0,2332	0,4554	0,4738	0,5156	0,3243	0,1679	0,4842	0,5308	0,3854	0,2367	0,6267	0,5055	0,5591	0,2603	0,6574	0,3621	7	41,2		
			(2)	10,2	8,7	9,8	9,9	10,1	9,1	8,3	9,9	10,2	9,4	8,7	10,6	10,0	10,3	8,8	10,8	9,3				
			(3)	0,1	0,3	0,5	0,1	1,6	1,1	1,8	2,0	1,3	2,9	2,3	0,1	0,4	0,1	0,6	1,7	0,9				
18	6	3.56182e-009	(1)	0,5455	0,2861	0,5778	0,4339	0,3747	0,6357	-0,278	0,6643	0,8814	0,3308	-0,236	0,4475	0,2539	0,9388	0,1582	0,3503	0,4809	7	41,2		
			(2)	10,2	8,9	10,4	9,7	9,4	10,7	6,1	10,8	11,9	9,1	6,3	9,7	8,8	12,2	8,3	9,2	9,9				
			(3)	0,1	0,1	1,1	0,1	0,9	0,5	4,0	1,1	0,4	3,2	4,7	0,8	0,8	2,0	1,1	0,1	0,3				
19	7	2.46006e-008	(1)	0,5497	0,158	0,6725	0,5113	-0,29	0,5389	-0,232	0,6913	0,719	0,791	0,1949	0,531	0,6606	0,7545	0,4506	0,7356	0,591	7	41,2		
			(2)	10,3	8,3	10,9	10,1	6,0	10,2	6,3	11,0	11,1	11,5	8,5	10,2	10,8	11,3	9,8	11,2	10,5				
			(3)	0,0	0,7	1,6	0,3	2,5	0,0	3,8	0,9	0,4	0,8	2,5	0,3	1,2	1,1	0,4	2,1	0,3				
20	9	5.5373e-014	(1)	0,5299	0,32	0,7693	0,5123	0,281	0,3687	0,0293	0,5805	0,7057	0,6022	0,2964	0,7794	0,9555	1,3201	0,38	0,626	0,3668	6	35,3		
			(2)	10,2	9,1	11,4	10,1	8,9	9,3	7,6	10,4	11,0	10,5	9,0	11,4	12,3	14,2	9,4	10,6	9,3				
			(3)	0,1	0,1	2,1	0,3	0,4	0,9	2,5	1,5	0,5	1,8	2,0	0,9	2,7	4,0	0,0	1,5	0,9				
21	6	7.33448e-011	(1)	0,4882	0,3021	0,4912	0,602	0,1519	0,6298	-0,012	0,5616	0,7167	0,497	-0,026	0,6697	0,5587	0,9372	0,3384	0,5671	0,4992	8	47,1		
			(2)	9,9	9,0	10,0	10,5	8,2	10,7	7,4	10,3	11,1	10,0	7,3	10,9	10,8	12,2	9,2	10,3	10,0				
			(3)	0,4	0,0	0,7	0,7	0,3	0,5	2,7	1,6	0,4	2,3	3,7	0,4	1,2	2,0	0,2	1,2	0,2				

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 04 - RESULTADOS DA SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 2 (continuação)

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	
		2	7	10	12	18	25	27	34	38	43	54	57	60	63	68	72	74	
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,55819	0,30178	0,36095	0,45957	0,20118	0,52880	0,50888	0,88166	0,80473	0,95288	0,69625	0,59793	0,42012	0,52880	0,38492	0,32544	0,54832	
	"Percentual(%)"	10,3	9,0	9,3	9,8	8,5	10,2	10,1	11,9	11,8	12,3	11,0	10,5	8,8	10,2	8,4	8,1	10,3	

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN

NEURÔNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,5	Taxa de Sucesso (%)
				2	7	10	12	18	25	27	34	38	43	54	57	60	63	68	72	74		
				(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)		
22	7	7.95118e-011.	(1)	0,612	0,4256	0,5196	0,4927	0,0676	0,7389	-0,163	0,4673	0,6515	0,6758	-0,215	0,6857	0,817	0,6509	0,4098	0,3432	0,5466		
			(2)	10,6	9,6	10,1	10,0	7,8	11,2	6,6	9,8	10,8	10,9	6,4	10,4	10,6	10,8	9,5	9,2	10,2		
			(3)	0,3	0,6	0,8	0,2	0,7	1,0	3,5	2,1	0,7	1,4	4,6	0,1	1,0	0,6	0,1	0,1	0,0	6	35,3
23	6	3.50103e-011.	(1)	0,5253	0,3382	0,561	0,5366	0,0904	0,5495	-0,532	0,4987	0,8485	0,6195	-0,679	0,6695	0,4959	0,4496	0,2319	0,322	0,3666		
			(2)	10,1	9,2	10,3	10,2	7,9	10,3	4,8	10,0	11,8	10,6	4,0	10,9	10,0	9,7	8,6	9,1	9,3		
			(3)	0,2	0,2	1,0	0,4	0,6	0,1	5,3	1,9	0,3	1,7	7,0	0,4	0,4	0,5	0,8	0,0	0,9	9	52,9
24	6	1.38506e-010.	(1)	0,4386	0,3095	0,6014	0,6638	0,432	0,3798	-0,127	0,6951	0,6249	0,6914	0,0531	0,8733	0,8572	1,3155	0,267	0,4078	0,6562		
			(2)	9,7	9,0	10,5	10,3	9,7	9,4	6,8	11,0	10,6	11,0	7,7	11,9	11,8	14,1	8,8	9,5	10,3		
			(3)	0,6	0,0	1,2	0,5	1,2	0,8	3,3	0,9	0,9	1,3	3,3	1,4	2,2	3,9	0,6	0,4	0,1	4	23,5
25	6	5.05706e-010.	(1)	0,5132	0,2403	0,5713	0,5917	0,2682	0,6432	-0,097	0,4985	0,6831	0,5881	-0,33	0,5708	0,5182	0,5937	0,4399	0,4108	0,4742		
			(2)	10,1	8,7	10,4	10,5	8,8	10,7	7,0	10,0	10,8	10,5	5,8	10,4	10,1	10,5	9,7	9,8	9,9		
			(3)	0,2	0,3	1,1	0,7	0,3	0,5	3,1	1,8	0,6	1,8	5,2	0,1	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3	10	58,8
26	5	7.33753e-008.	(1)	0,5369	0,1779	0,5885	0,3789	0,0752	0,0498	-0,321	0,5306	0,6976	0,4701	0,3756	0,8406	1,0043	0,9912	0,3706	0,8095	0,3791		
			(2)	10,2	8,4	10,5	9,4	7,9	7,7	5,8	10,2	11,0	9,9	9,4	11,7	12,6	12,5	9,3	11,6	9,4		
			(3)	0,1	0,6	1,2	0,4	0,6	2,5	4,3	1,7	0,5	2,4	1,6	1,2	3,0	2,3	0,1	2,5	0,8	4	23,5
27	5	5.14251e-012.	(1)	0,512	0,2277	0,5402	0,5864	-0,156	0,1884	-0,567	0,5976	0,9152	0,8601	0,0191	0,5188	0,9155	0,1348	0,2942	0,367	0,54		
			(2)	10,1	8,6	10,2	10,4	6,7	8,4	4,6	10,5	12,1	11,8	7,6	10,1	12,1	8,2	9,0	9,3	10,2		
			(3)	0,2	0,4	0,9	0,6	1,8	1,8	5,5	1,4	0,6	0,5	3,4	0,4	2,5	2,0	0,4	0,2	0,0	7	41,2
28	6	3.853e-011.	(1)	0,5235	0,5051	0,7325	0,6111	0,5032	0,3832	0,0266	0,4389	0,638	0,7289	-0,086	0,4978	0,5077	0,5205	0,0059	0,714	0,6251		
			(2)	10,1	10,0	11,2	10,1	10,0	9,4	7,6	9,7	10,7	11,2	7,0	10,0	10,0	10,1	7,5	11,1	10,6		
			(3)	0,2	1,0	1,9	0,3	1,5	0,8	2,5	2,2	0,8	1,1	4,0	0,5	0,4	0,1	1,9	2,0	0,4	6	35,3
29	5	3.00897e-012.	(1)	0,5497	0,1774	0,4984	0,5367	0,3468	0,3639	0,1024	0,2743	0,912	0,6002	0,0209	0,6576	0,5335	0,3495	0,4571	0,488	0,7322		
			(2)	10,3	8,4	10,0	10,2	9,2	9,3	8,0	8,9	12,1	10,5	7,6	10,8	10,2	9,2	9,8	9,9	11,2		
			(3)	0,0	0,6	0,7	0,4	0,7	0,9	2,1	3,0	0,6	1,8	3,4	0,3	0,6	1,0	0,4	0,8	1,0	4	23,5
30	5	2.83146e-012.	(1)	0,4584	0,4445	0,6325	0,6461	0,1311	0,5857	-0,176	0,4107	0,7966	0,5376	-0,235	0,9303	0,7541	1,0066	0,1512	0,4272	0,417		
			(2)	9,8	9,7	10,2	10,7	8,1	10,4	6,6	9,6	11,5	10,2	6,3	12,2	11,3	12,6	8,2	9,6	9,6		
			(3)	0,5	0,7	0,9	0,9	0,4	0,2	3,5	2,3	0,0	2,1	4,7	1,7	1,7	2,4	1,2	0,5	0,6	5	29,4
31	5	5.32897e-012.	(1)	0,463	0,2109	0,4057	0,6413	0,2072	0,4927	0,0148	0,5764	0,6258	0,4121	-0,141	0,7827	0,475	1,196	0,0563	0,3463	0,4192		
			(2)	9,8	8,5	9,5	10,7	8,5	10,0	7,5	10,4	10,6	9,6	6,8	11,4	9,9	13,5	7,8	9,2	9,6		
			(3)	0,6	0,5	0,2	0,9	0,0	0,2	2,6	1,5	0,9	2,7	4,2	0,9	0,3	3,3	1,6	0,1	0,6	7	41,2
32	5	2.16975e-010.	(1)	0,3701	0,0194	0,5006	0,6582	-0,047	0,6229	-0,377	0,6317	0,444	0,4529	0,1877	1,0488	1,178	1,2663	0,3737	0,6378	0,4843		
			(2)	9,3	7,6	10,0	10,8	7,2	10,6	5,6	10,7	9,7	9,8	8,4	12,8	13,4	13,9	9,4	10,7	9,9		
			(3)	1,0	1,4	0,7	1,0	1,3	0,4	4,5	1,2	1,8	2,5	2,6	2,3	3,8	3,7	0,0	1,6	0,3	3	17,6
33	5	6.32147e-009.	(1)	0,4747	0,3852	0,4763	0,6269	-0,214	0,3186	-0,117	0,539	0,7566	0,6276	-0,061	0,7362	0,4764	0,7379	0,1848	0,7556	0,6821		
			(2)	9,9	9,4	9,9	10,6	6,4	9,1	6,9	10,2	11,3	10,7	7,2	11,2	9,9	11,2	8,4	11,3	10,9		
			(3)	0,4	0,4	0,6	0,8	2,1	1,1	3,2	1,7	0,2	1,6	3,8	0,7	0,3	1,0	1,0	2,2	0,7	4	23,5
34	5	4.23445e-010.	(1)	0,4837	0,2643	0,7329	0,719	-0,006	0,5665	-0,163	0,5425	0,7184	0,381	0,0951	0,873	0,8893	0,4804	0,4573	0,4551	0,5876		
			(2)	9,9	8,8	11,2	11,1	7,4	10,3	6,6	10,2	11,1	9,3	8,0	11,9	12,0	9,8	9,8	9,8	10,4		
			(3)	0,4	0,2	1,9	1,3	1,1	0,1	3,5	1,7	0,4	3,0	3,0	1,4	2,4	0,4	0,4	0,7	0,2	7	41,2
35	5	5.11011e-008.	(1)	0,6059	0,1046	0,5199	0,5899	-0,193	0,645	-0,308	0,4498	0,7963	0,4837	-0,016	0,8574	0,8634	0,5127	0,1691	0,4812	0,6733		
			(2)	10,5	8,0	10,1	10,5	6,5	10,7	5,9	9,8	11,5	9,9	7,4	11,8	11,8	10,1	8,3	9,9	10,9		
			(3)	0,2	1,0	0,8	0,7	2,0	0,5	4,2	2,1	0,0	2,4	3,6	1,3	2,2	0,1	1,1	0,8	0,7	4	23,5
36	5	1.38843e-009.	(1)	0,4221	0,3509	0,682	0,4515	0,2131	0,4977	-0,212	0,768	0,5755	0,5923	0,2912	0,8614	0,5974	0,8997	-9E-04	0,6551	0,2627		
			(2)	9,6	9,2	10,9	9,8	8,6	10,0	6,4	11,4	10,4	10,5	8,9	11,8	10,5	12,0	7,5	10,8	8,8		
			(3)	0,7	0,2	1,6	0,0	0,1	0,2	3,7	0,5	1,1	1,8	2,1	1,3	0,9	1,8	1,9	1,7	1,4	5	29,4
37			(1)	0,542	0,3881	0,6375	0,6994	0,0973	0,4766	-0,007	0,4128	0,7829	0,5821	-0,156	0,8636	0,6652	1,0603	0,502	0,5592	0,6743		
			(2)	10,2	9,3	10,7	11,0	8,0	9,9	7,4	9,8	11,4	10,3	6,7	11,8	10,8	12,8	10,0	10,3	10,9		
			(3)	0,1	0,3	1,4	1,2	0,5	0,3	2,7	2,3	0,1	2,0	4,3	1,3	1,2	2,6	0,6	1,2	0,7	5	29,4
38	5	6.29174e-011.	(1)	0,4295	0,2111	0,5156	0,659	-0,231	0,7631	-0,113	0,7788	0,5127	0,1984	0,0384	0,7134	0,6144	1,0995	0,3264	0,6469	0,4708		
			(2)	9,6	8,5	10,1	10,8	6,3	11,3	6,9	11,4	10,1	8,5	7,7	11,1	10,6	13,0	9,1	10,7	9,9		
			(3)	0,7	0,5	0,8	1,0	2,2	1,1	3,2	0,5	1,4	3,8	3,3	0,6	1,0	2,8	0,3	1,6	0,3	4	23,5
39	5	1.52717e-011.	(1)	0,486	0,2155	0,5062	0,5023	0,2701	0,5179	-0,154	0,7031	0,542	0,5821	0,1305	0,4339	0,6847	1,3369	0,4255	0,6242	0,5879		
			(2)	9,9	8,6	10,0	10,0	8,8	10,1	6,7	11,0	10,2	10,4	8,1	9,7	10,9	14,2	9,6	10,6	10,5		
			(3)	0,4	0,4	0,7	0,2	0,3	0,1	3,4	0,9	1,3	1,9	2,9	0,8	1,3	4,0	0,2	1,5	0,3	7	41,2
40	4	7.25228e-010.	(1)	0,51	0,3792	0,5063	0,4211	-0,233	0,4885	-0,614	0,6246	0,673	0,4604	0,2645	0,6692	0,8247	0,7775	0,0901	0,4377	0,32		
			(2)	10,1	9,4	10,0	9,6	6,3	9,9	4,4	10,6	10,9	9,8	8,8	10,9	11,7	11,4	7,9	9,7	9,1		
			(3)	0,2	0,4	0,7	0,															

TABELA 04 - RESULTADOS DA SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 2 (continuação)

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																				
		2	7	10	12	18	25	27	34	38	43	54	57	60	63	68	72	74				
BASE DOS DADOS DE UMIDADE		"Normalizada"	0.55819	0.30178	0.38095	0.45957	0.20118	0.52860	0.50888	0.88168	0.80473	0.95286	0.69625	0.59763	0.42012	0.52880	0.38462	0.32544	0.54832			
		"Percentual(%)"	10,3	9,0	9,3	9,8	8,5	10,2	10,1	11,8	11,6	12,3	11,0	10,5	9,6	10,2	9,4	9,1	10,3			
FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN																						
NEURÓNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,5	Taxa de Sucesso (%)	
				2	7	10	12	18	25	27	34	38	43	54	57	60	63	68	72			74
41	4	6.38486e-007	(1)	0,4726	0,253	0,5687	0,5624	0,3266	0,7258	-0,51	0,5185	0,801	0,7567	-0,034	0,5883	0,7311	0,953	0,2882	0,5228	0,5394		
			(2)	9,9	8,8	10,3	10,3	9,1	11,1	4,9	10,1	11,5	11,3	7,3	10,5	11,2	12,3	8,9	10,1	10,2		
			(3)	0,4	0,2	1,0	0,5	0,6	0,9	5,2	1,8	0,0	1,0	3,7	0,0	1,6	2,1	0,5	1,0	0,0	7	41,2
42	4	2.66967e-008	(1)	0,6803	0,306	0,6902	0,5538	-0,234	0,2843	-0,011	0,5148	0,6734	0,6293	0,1602	0,5548	0,6689	0,8013	0,4858	0,4199	0,6273		
			(2)	10,4	9,0	11,0	10,3	6,3	8,9	7,4	10,1	10,9	10,7	8,3	10,3	10,9	11,5	9,8	9,6	10,7		
			(3)	0,1	0,0	1,7	0,5	2,2	1,3	2,7	1,8	0,6	1,6	2,7	0,2	1,3	1,3	0,4	0,5	0,5	7	41,2
43	5	8.81741e-008	(1)	0,4742	0,3703	0,892	0,4006	0,2221	0,8457	-0,363	0,6832	0,748	0,7319	-0,136	0,7239	0,8147	1,5598	0,0379	0,3154	0,2133		
			(2)	9,9	9,3	12,0	9,5	8,6	11,8	5,6	10,9	11,3	11,2	6,8	11,1	11,6	15,4	7,7	9,1	8,6		
			(3)	0,4	0,3	2,7	0,3	0,1	1,6	4,5	1,0	0,2	1,1	4,2	0,6	2,0	5,2	1,7	0,0	1,6	6	35,3
44	5	2.27943e-011	(1)	0,5218	0,1696	0,5401	0,3204	0,1729	0,313	-0,087	0,5863	0,6199	0,4554	0,2023	0,6897	0,5874	0,5841	0,3076	0,4553	0,4277		
			(2)	10,1	8,3	10,2	9,1	8,3	9,1	7,0	10,4	10,6	9,8	8,5	11,0	10,4	10,4	9,0	9,8	9,6		
			(3)	0,2	0,7	0,9	0,7	0,2	1,1	3,1	1,5	0,9	2,5	2,5	0,5	0,8	0,2	0,4	0,7	0,6	5	29,4
45	4	2.02894e-012	(1)	0,523	0,2188	0,553	0,3623	-0,024	0,6153	-0,483	0,7334	0,5898	0,515	0,1335	0,2469	0,6448	1,2566	0,3046	0,4349	0,2001		
			(2)	10,1	8,6	10,3	9,3	7,4	10,6	5,0	11,2	10,5	10,1	8,1	8,7	10,7	13,8	9,0	9,7	8,5		
			(3)	0,2	0,4	1,0	0,5	1,1	0,4	5,1	0,7	1,0	2,2	2,9	1,8	1,1	3,6	0,4	0,6	1,7	5	29,4
46	4	5.34306e-007	(1)	0,547	0,3029	0,4506	0,3788	0,2588	0,7603	-0,35	0,2947	0,661	0,6533	-0,087	0,8154	0,943	1,0583	0,3092	0,5662	0,4709		
			(2)	10,2	9,0	9,8	9,4	8,8	11,3	5,7	9,0	10,8	10,8	7,0	11,6	12,3	12,8	9,0	10,3	9,9		
			(3)	0,1	0,0	0,5	0,4	0,3	1,1	4,4	2,9	0,7	1,5	4,0	1,1	2,7	2,6	0,4	1,2	0,3	7	41,2
47	5	1.95784e-013	(1)	0,4907	0,3399	0,6979	0,5792	-0,002	0,4859	-0,149	0,6948	0,7389	0,6752	-0,224	0,8244	1,1512	0,7365	0,3838	0,3854	0,5189		
			(2)	10,0	9,2	11,0	10,4	7,5	9,9	6,7	11,0	11,2	10,4	6,3	11,6	13,3	11,2	9,4	9,4	10,1		
			(3)	0,3	0,2	1,7	0,6	1,0	0,3	3,4	0,9	0,3	1,9	4,7	1,1	3,7	1,0	0,0	0,3	0,1	7	41,2
48	4	5.87089e-008	(1)	0,672	0,4158	0,6091	0,6102	0,2353	0,2584	0,0367	0,5769	0,7567	0,6087	0,2471	0,578	0,5403	0,4943	0,4664	0,6109	0,3587		
			(2)	10,4	9,6	10,1	10,6	8,7	8,8	7,7	10,4	11,3	10,0	8,7	10,4	10,2	10,0	9,8	10,6	9,3		
			(3)	0,1	0,6	0,8	0,8	0,2	1,4	2,4	1,5	0,2	2,3	2,3	0,1	0,6	0,2	0,4	1,5	0,9	6	35,3
49	4	9.67401e-009	(1)	0,5213	0,2372	0,6621	0,5668	0,3835	0,6059	0,1686	0,511	0,5515	0,5083	0,4761	0,7383	0,6453	1,063	0,1877	0,7344	0,417		
			(2)	10,1	8,7	10,8	10,3	9,3	10,5	8,3	10,1	10,3	10,0	9,9	11,2	10,7	12,9	8,4	11,2	9,6		
			(3)	0,2	0,3	1,5	0,5	0,8	0,3	1,8	1,8	1,2	2,3	1,1	0,7	1,1	2,7	1,0	2,1	0,6	4	23,5
50			(1)																			
			(2)																			
			(3)																			
51	4	3.43975e-012	(1)	0,5435	0,3409	0,3226	0,496	0,0822	0,5311	-0,329	0,6807	0,6807	0,6171	-0,084	0,9236	0,6164	0,6742	0,3171	0,6536	0,2667		
			(2)	10,2	9,2	9,1	10,0	7,9	10,2	5,8	10,9	10,9	10,6	7,0	12,2	10,6	10,9	9,1	10,8	8,8		
			(3)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,0	4,3	1,0	0,6	1,7	4,0	1,7	1,0	0,7	0,3	1,7	1,4	6	35,3
52	4	1.52333e-009	(1)	0,5044	0,1606	0,6296	0,5822	-0,09	0,4459	-0,376	0,6558	0,7073	0,3528	0,179	0,6513	0,7455	1,0628	0,4863	0,5904	0,4119		
			(2)	10,0	8,2	10,7	10,4	7,0	9,7	5,6	10,8	11,1	9,3	8,4	10,8	11,2	12,9	9,9	10,5	9,6		
			(3)	0,3	0,8	1,4	0,6	1,5	0,5	4,5	1,1	0,4	3,0	2,6	0,3	1,6	2,7	0,5	1,4	0,6	5	29,4
53	5	2.30961e-012	(1)	0,4831	0,177	0,4979	0,6084	-0,019	0,5913	-0,289	0,5683	0,7718	0,659	0,2098	0,6045	0,8918	0,961	0,5425	0,4345	0,4094		
			(2)	9,9	8,4	10,0	10,6	7,4	10,5	6,0	10,4	11,4	10,8	8,5	10,5	12,0	12,3	10,2	9,7	9,5		
			(3)	0,4	0,6	0,7	0,8	1,1	0,3	4,1	1,5	0,1	1,5	2,5	0,0	2,4	2,1	0,8	0,6	0,7	4	23,5
54	4	4.90924e-010	(1)	0,5578	0,1632	0,1927	0,2201	0,1338	0,6891	-0,057	0,6001	0,676	0,2418	0,1985	0,9249	0,8654	1,1806	0,1912	0,6845	0,6731		
			(2)	10,3	8,3	8,4	8,6	8,1	11,0	7,2	10,5	10,9	8,7	8,5	12,2	11,9	13,5	8,4	10,9	10,9		
			(3)	0,0	0,7	0,9	1,2	0,4	0,8	2,9	1,4	0,6	3,6	2,5	1,7	2,3	3,3	1,0	1,8	0,7	2	11,8
55	4	7.05759e-013	(1)	0,54	0,2004	0,4572	0,3989	-0,015	0,306	-0,029	0,4758	0,7256	0,5243	0,1506	0,6023	0,6943	0,4903	0,512	0,7243	0,6884		
			(2)	10,2	8,5	9,8	9,5	7,4	9,0	7,3	9,9	11,1	10,1	8,2	10,5	11,0	10,0	10,1	11,1	10,9		
			(3)	0,1	0,5	0,5	0,3	1,1	1,2	2,8	2,0	0,4	2,2	2,8	0,0	1,4	0,2	0,7	2,0	0,7	7	41,2
56	5	1.72738e-012	(1)	0,5378	0,2165	0,3751	0,7549	-0,178	0,0981	0,0972	0,5786	0,7041	0,5115	0,2783	0,4685	0,6511	0,6084	0,3448	0,526	0,6541		
			(2)	10,2	8,6	9,4	11,3	6,6	8,0	8,0	10,4	11,0	10,1	8,9	9,8	10,8	10,5	9,2	10,6	10,8		
			(3)	0,1	0,4	0,1	1,5	1,9	2,2	2,1	1,5	0,5	2,2	2,1	0,7	1,2	0,3	0,2	1,5	0,6	6	35,3
57	4	6.87129e-010	(1)	0,4674	0,3134	0,6315	0,386	0,1543	0,0708	-0,122	0,6167	0,6821	0,5928	0,2176	0,7899	0,7258	0,3881	0,2629	0,7267	0,4306		
			(2)	9,8	9,1	10,7	9,3	8,3	7,8	6,9	10,6	10,9	10,5	8,6	11,5	11,1	9,4	8,8	11,2	9,7		
			(3)	0,5	0,1	1,4	0,5	0,2	2,4	3,2	1,3	0,6	1,8	2,4	1,0	1,5	0,8	0,6	2,1	0,5	5	29,4
58	5	1.50857e-007	(1)	0,462	0,2559	0,7369	0,492	-0,401	0,6409	-0,244	0,492	0,8199	0,6238	-0,26	0,7488	0,5717	0,2966	0,2				

TABELA 04 - RESULTADOS DA SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 2 (continuação)

		TABELA 04 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO REFERENTES A MODELAGEM 2 (continuação)																	
		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	
		2	7	10	12	18	25	27	34	36	43	54	57	60	63	68	72	74	
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,55819	0,30178	0,36095	0,45957	0,20118	0,52880	0,50888	0,88189	0,60473	0,95288	0,69825	0,59783	0,42012	0,52860	0,38462	0,32544	0,54832	
	"Percentual(%)	10,3	9,0	9,3	9,8	8,5	10,2	10,1	11,9	11,8	12,3	11,0	10,5	9,8	10,2	9,4	9,1	10,3	

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TAN SIG/PURELIN

NEURÓNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO																	Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,5	Taxa de Sucesso (%)
				2	7	10	12	18	25	27	34	36	43	54	57	60	63	68	72	74		
60	4	3.61838e-014.	(1)	0,4791	0,322	0,6377	0,5775	-0,079	0,6354	-0,606	0,5351	0,6946	0,3182	0,1142	0,8323	0,6797	0,554	0,2813	0,4802	0,3407		
			(2)	9,9	9,1	10,7	10,4	7,1	10,7	4,4	10,2	11,0	9,1	8,0	11,7	10,9	10,3	8,9	9,9	9,2		
			(3)	0,4	0,1	1,4	0,6	1,4	0,5	5,7	1,7	0,5	3,2	3,0	1,2	1,3	0,1	0,5	0,8	1,0	6	35,3
61	4	1.52284e-007.	(1)	0,4053	0,2303	0,5286	0,4912	0,0131	0,417	0,1784	0,6262	0,5078	0,4123	0,3884	0,9348	0,8559	1,1579	0,1992	0,8648	0,465		
			(2)	9,5	8,6	10,2	10,0	7,5	9,8	8,4	10,6	10,0	9,6	9,4	12,2	11,8	13,3	8,5	11,9	9,8		
			(3)	0,8	0,4	0,9	0,2	1,0	0,6	1,7	1,3	1,5	2,7	1,6	1,7	2,2	3,1	0,9	2,8	0,4	3	17,6
62	4	5.81767e-010.	(1)	0,4791	0,3996	0,4879	0,4664	0,1442	0,6594	0,2945	0,4515	0,7007	0,6492	-0,081	0,4788	0,5145	0,9607	0,4543	0,4324	0,4932		
			(2)	9,9	9,5	9,9	9,8	8,2	10,8	9,0	9,8	11,0	10,8	7,1	9,9	10,1	12,3	9,8	9,7	10,0		
			(3)	0,4	0,5	0,6	0,0	0,3	0,6	1,1	2,1	0,5	1,5	3,9	0,6	0,5	2,1	0,4	0,6	0,2	8	47,1
63	4	1.45441e-009.	(1)	0,4198	0,0163	0,4494	0,6682	-0,336	0,6102	-0,306	0,4831	0,9003	0,7596	0,021	0,7574	0,6325	1,0332	0,4721	0,7065	0,5819		
			(2)	9,6	7,6	9,7	10,9	5,8	10,6	5,9	9,9	12,0	11,3	7,5	11,3	10,7	12,7	9,9	11,1	10,4		
			(3)	0,7	1,4	0,4	1,1	2,7	0,4	4,2	2,0	0,5	1,0	3,4	0,8	1,1	2,6	0,5	2,0	0,2	5	29,4
64	4	5.50205e-008.	(1)	0,5702	0,3041	0,6842	0,5507	0,2361	0,4333	0,0559	0,6596	0,7891	0,6383	-0,095	0,3199	0,6801	1,1336	0,4588	0,6033	0,6526		
			(2)	10,4	9,0	10,9	10,3	8,7	9,7	7,8	10,8	11,5	10,7	7,0	9,1	10,9	13,2	9,8	10,5	10,8		
			(3)	0,1	0,0	1,6	0,5	0,2	0,5	2,3	1,1	0,0	1,8	4,0	1,4	1,3	3,0	0,4	1,4	0,6	7	41,2
65	4	1.74406e-012.	(1)	0,4338	0,5424	0,7811	0,6151	-0,194	0,802	-0,026	0,5453	0,4982	0,5291	-0,009	0,6032	0,5205	1,2284	0,1618	0,4059	0,2572		
			(2)	9,7	10,2	11,4	10,6	6,5	11,5	7,3	10,2	10,0	10,2	7,4	10,5	10,1	13,7	8,3	9,5	8,8		
			(3)	0,6	1,2	2,1	0,8	2,0	1,3	2,8	1,7	1,5	2,1	3,6	0,0	0,5	3,5	1,1	0,4	1,4	3	17,6
66	4	3.14676e-010.	(1)	0,5756	0,4418	0,671	0,6586	0,3187	0,1472	0,5421	0,5335	0,7743	0,4976	0,364	0,6731	0,4011	0,8169	0,2839	0,4008	0,4734		
			(2)	10,4	9,7	10,9	10,8	9,1	8,2	10,2	10,2	11,4	10,0	9,3	10,9	9,5	11,6	8,9	9,5	9,9		
			(3)	0,1	0,7	1,6	1,0	0,6	2,0	0,1	1,7	0,1	2,3	1,7	0,4	0,1	1,4	0,5	0,4	0,3	8	47,1
67	4	1.53968e-011.	(1)	0,4612	0,2193	0,3844	0,666	0,5139	0,5879	-0,002	0,7262	0,5301	0,4448	0,2762	0,7958	0,9568	1,0703	0,3789	0,296	0,3088		
			(2)	9,8	8,6	9,4	10,8	10,1	10,5	7,5	11,2	10,2	9,7	8,9	11,5	12,3	12,9	9,4	9,0	9,0		
			(3)	0,5	0,4	0,1	1,0	1,6	0,3	2,6	0,7	1,3	2,6	2,1	1,0	2,7	2,7	0,0	0,1	1,2	6	35,3
68	5	4.068e-010.	(1)	0,5463	0,267	0,6258	0,6011	-0,221	0,2216	-0,138	0,2724	0,8168	0,5507	0,0353	0,8587	0,792	0,7751	0,5128	0,1926	0,3484		
			(2)	10,2	8,8	10,6	10,5	6,4	8,6	6,8	8,9	11,6	10,3	7,6	11,8	11,5	11,4	10,1	8,4	9,2		
			(3)	0,1	0,2	1,3	0,7	2,1	1,6	3,3	3,0	0,1	2,0	3,4	1,3	1,9	1,2	0,7	0,7	1,0	3	17,6
70	4	7.77253e-014.	(1)	0,5361	0,2402	0,4321	0,3917	-0,039	0,5863	0,2684	0,3636	0,576	0,6224	-0,103	-0,013	0,2992	-0,319	0,5272	0,5249	0,6988		
			(2)	10,2	8,7	9,7	9,5	7,3	10,4	8,8	9,3	10,4	10,6	6,9	7,4	9,0	5,9	10,1	10,1	11,0		
			(3)	0,1	0,3	0,4	0,3	1,2	0,2	1,3	2,6	1,1	1,7	4,1	3,1	0,6	4,3	0,7	1,0	0,8	5	29,4

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizados"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 05 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 3

		AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO									
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	"Percentual(%)"	0,38087	0,55819	0,10454	0,81480	0,20318	0,45957	0,30178	0,87853	0,49801	0,38095
		9,4	10,3	9,0	11,8	8,5	9,8	9,0	10,9	10,0	8,3

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN

NEURÓNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO										Nº Amostras com Erro de Previsão < +0,5	Taxa de Sucesso (%)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
4	34	4.09294e-010.	(1)	0,3934	0,233	0,9361	1,2199	-0,263	0,8063	0,0328	0,5718	0,6684	0,6236		
			(2)	9,5	8,7	12,2	13,7	6,1	11,6	7,6	10,4	10,9	10,6		
			(3)	0,1	1,6	4,2	2,1	2,4	1,8	1,4	0,5	0,9	1,3	2	20,0
5	18	2.37556e-011.	(1)	0,8593	0,7039	0,2898	0,7111	0,0801	-0,098	0,2793	0,8808	0,9223	0,4135		
			(2)	11,8	11,0	8,9	11,1	7,9	7,0	8,9	11,9	12,1	9,6		
			(3)	2,4	0,7	0,9	0,5	0,6	2,8	0,1	1,0	2,1	0,3	3	30,0
6	21	4.73379e-011.	(1)	0,3616	0,115	0,4795	0,1406	0,3981	-0,007	0,6759	0,076	0,1208	0,6357		
			(2)	9,3	8,1	9,9	8,2	9,5	7,4	10,9	7,9	8,1	10,7		
			(3)	0,1	2,2	1,9	3,4	1,0	2,4	1,9	3,0	1,9	1,4	1	10,0
7	101	1.18545e-008.	(1)	0,6366	0,3799	-0,069	0,0454	0,3857	0,5341	0,6187	0,0605	0,379	-0,043		
			(2)	10,7	9,4	7,1	7,7	9,4	10,2	10,8	7,8	9,4	7,3		
			(3)	1,3	0,9	0,9	3,9	0,9	0,4	1,6	3,1	0,6	2,0	1	10,0
8	9	6.22089e-007.	(1)	0,1735	0,154	0,8234	0,2439	0,2018	0,2178	0,0357	0,5092	-0,01	0,7195		
			(2)	8,3	8,3	11,6	8,7	8,5	8,6	7,7	10,1	7,4	11,1		
			(3)	1,1	2,0	3,6	2,9	0,0	1,2	1,3	0,8	2,6	1,8	1	10,0
9	11	2.68825e-007.	(1)	0,1184	0,2429	0,5003	0,42	0,2242	0,2708	0,156	0,5468	0,1643	0,6869		
			(2)	8,1	8,7	10,0	9,6	8,6	8,8	8,3	10,2	8,3	11,0		
			(3)	1,3	1,6	2,0	2,0	0,1	1,0	0,7	0,7	1,7	1,7	1	10,0
10	18	1.69646e-008.	(1)	-0,389	-0,405	0,3312	-0,358	0,5698	-0,346	0,468	0,1519	-0,436	0,8032		
			(2)	5,5	5,4	9,1	5,7	10,4	5,7	9,8	8,2	5,3	11,5		
			(3)	3,9	4,9	1,1	5,9	1,9	4,1	0,8	2,7	4,7	2,2	0	0,0
11	11	9.3784e-008.	(1)	-0,188	-0,25	0,3599	-0,266	0,2785	-0,204	-0,018	-0,091	-0,321	0,4282		
			(2)	6,5	6,2	9,3	6,1	8,9	6,4	7,4	7,0	5,8	9,6		
			(3)	2,9	4,1	1,3	5,5	0,4	3,4	1,6	3,9	4,2	0,3	2	20,0
12	13	1.11415e-010.	(1)	0,0737	0,0177	0,8558	-0,057	0,8403	0,0439	0,3654	0,0626	0,0518	0,0565		
			(2)	7,8	7,6	11,8	7,2	11,7	7,7	9,3	7,8	7,7	7,8		
			(3)	1,6	2,7	3,8	4,4	3,2	2,1	0,3	3,1	2,3	1,5	1	10,0
13	7	1.10238e-009.	(1)	-0,398	-0,052	0,4394	0,1098	-0,205	-0,319	-0,143	0,4043	-0,409	0,191		
			(2)	5,5	7,2	9,7	8,0	6,4	5,9	6,7	9,5	5,4	8,4		
			(3)	3,9	3,1	1,7	3,6	2,1	3,9	2,3	1,4	4,6	0,9	0	0,0
14	9	3.1982e-010.	(1)	0,0707	0,0263	0,0826	0,1508	-0,055	-0,072	0,2009	0,1771	-0,01	0,6124		
			(2)	7,8	7,6	7,9	8,2	7,2	7,1	8,5	8,4	7,4	10,6		
			(3)	1,6	2,7	0,1	3,4	1,3	2,7	0,5	2,5	2,6	1,3	2	20,0
15	12	2.50311e-008.	(1)	-0,096	0,062	0,112	0,2288	-0,109	0,088	-0,148	0,4421	-0,035	0,5719		
			(2)	7,0	7,8	8,0	8,6	6,9	7,9	6,7	9,7	7,3	10,4		
			(3)	2,4	2,5	0,0	3,0	1,6	1,9	2,3	1,2	2,7	1,1	1	10,0
16	7	2.114e-010.	(1)	0,1966	0,1447	0,0281	0,0314	0,3848	-0,055	0,6368	0,2791	0,1471	0,1815		
			(2)	8,5	8,2	7,6	7,6	9,4	7,2	10,7	8,9	8,2	8,3		
			(3)	0,9	2,1	0,4	4,0	0,9	2,6	1,7	2,0	1,8	1,0	1	10,0
17	7	4.12875e-007.	(1)	0,3654	0,5103	0,4913	0,4178	-0,025	0,521	0,1345	0,6565	0,5973	0,6382		
			(2)	9,3	10,1	10,0	9,6	7,3	10,1	8,2	10,8	10,5	10,7		
			(3)	0,1	0,2	2,0	2,0	1,2	0,3	0,8	0,1	0,5	1,4	5	50,0
18	10	1.27172e-010.	(1)	-0,208	-0,012	0,2838	0,0192	-0,198	0,1	-0,112	0,2137	-0,311	0,4608		
			(2)	6,4	7,4	8,9	7,6	6,5	8,0	6,9	8,6	5,9	9,8		
			(3)	3,0	2,9	0,9	4,0	2,0	1,8	2,1	2,3	4,1	0,5	1	10,0
19	7	4.52547e-014.	(1)	0,4409	0,3902	0,4518	0,4966	0,4899	0,157	0,2132	0,5679	0,5149	0,6856		
			(2)	9,7	9,4	9,8	10,0	10,0	8,3	8,6	10,3	10,1	10,9		
			(3)	0,3	0,9	1,8	1,6	1,5	1,5	0,4	0,6	0,1	1,6	3	30,0
20	8	3.20366e-008.	(1)	0,4258	0,3251	0,5856	0,2949	0,3367	0,1683	0,5	0,1216	0,113	0,4426		
			(2)	9,6	9,1	10,4	9,0	9,2	8,3	10,0	8,1	8,0	9,7		
			(3)	0,2	1,2	2,4	2,6	0,7	1,5	1,0	2,8	2,0	0,4	2	20,0
21	6	5.29668e-007.	(1)	-0,174	-0,1	0,3991	0,3271	-0,166	-0,271	0,0524	0,4063	-0,201	0,8422		
			(2)	6,6	7,0	9,5	9,1	6,6	6,1	7,7	9,5	6,5	11,7		
			(3)	2,8	3,3	1,5	2,5	1,9	3,7	1,3	1,4	3,5	2,4	0	0,0

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 05 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 3 (continuação)

			AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
BASE DOS DADOS DE UNIDADE			"Normalizada"	0,38087	0,55819	0,10454	0,81480	0,20318	0,45957	0,30178	0,87853	0,49901	0,38085		
			"Percentual(%)"	9,4	10,3	8,0	11,8	8,5	9,8	9,0	10,9	10,0	9,3		
FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN															
NEURÓNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UNIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UNIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO										Nº Amstras com Erro de Previsão < ± 0,5	Taxa de Sucesso (%)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
22	11	7.52036e-009.	(1)	0,0359	0,2467	0,6219	0,324	0,0198	0,1414	-0,017	0,5625	-0,04	0,4319		
			(2)	7,7	8,7	10,6	9,1	7,6	8,2	7,4	10,3	7,3	9,7		
			(3)	1,7	1,6	2,6	2,5	0,9	1,6	1,6	0,6	2,7	0,4	1	10,0
23	6	1.19028e-008.	(1)	0,3165	0,3094	0,3668	0,4822	0,1811	0,3218	0,2388	0,4199	0,5354	0,2914		
			(2)	9,1	9,0	9,3	9,9	8,4	9,1	8,7	9,8	10,2	8,9	5	50,0
			(3)	0,3	1,3	1,3	1,7	0,1	0,7	0,3	1,3	0,2	0,4		
24	6	1.25128e-011.	(1)	0,1833	0,0904	0,2217	0,1719	0,04	0,1247	-0,034	0,265	0,0846	0,3952		
			(2)	8,4	7,9	8,6	8,3	7,7	8,1	7,3	8,8	7,9	9,5	1	10,0
			(3)	1,0	2,4	0,6	3,3	0,8	1,7	1,7	2,1	2,1	0,2		
25	6	8.1383e-007.	(1)	0,0624	0,1114	0,4006	0,4055	0,09	0,0038	-0,091	0,3454	-0,06	0,5554		
			(2)	7,8	8,0	9,5	9,5	7,9	7,5	7,0	9,2	7,2	10,3		
			(3)	1,6	2,3	1,5	2,1	0,6	2,3	2,0	1,7	2,8	1,0	0	0,0
26	6	1.95139e-008.	(1)	-0,218	0,008	0,3341	0,1746	-0,501	-0,121	-0,593	0,2942	-0,093	0,5636		
			(2)	6,4	7,5	9,2	8,4	4,9	6,9	4,5	9,0	7,0	10,3		
			(3)	3,0	2,8	1,2	3,2	3,6	2,9	4,5	1,9	3,0	1,0	0	0,0
27	6	2.20367e-012.	(1)	0,2616	0,3651	0,2411	0,6302	0,0661	0,3519	0,124	0,4432	0,2235	0,4132		
			(2)	8,8	9,3	8,7	10,7	7,8	9,3	8,1	9,7	8,6	9,6		
			(3)	0,6	1,0	0,7	0,9	0,7	0,5	0,9	1,2	1,4	0,3	2	20,0
28	8	3.51394e-013.	(1)	0,1651	0,4059	0,4762	0,4871	-0,035	0,4933	-0,131	0,803	0,3574	0,5148		
			(2)	8,3	9,5	9,9	9,9	7,3	10,0	6,8	11,5	9,3	10,1		
			(3)	1,1	0,8	1,9	1,7	1,2	0,2	2,2	0,6	0,7	0,8	1	10,0
29	6	2.94609e-009.	(1)	0,2632	0,1721	0,1969	0,5348	-0,013	0,1106	-0,023	0,3103	0,1623	0,3793		
			(2)	8,8	8,3	8,5	10,2	7,4	8,0	7,4	9,0	8,3	9,4	2	20,0
			(3)	0,6	2,0	0,5	1,4	1,1	1,8	1,6	1,9	1,7	0,1		
30	5	8.04828e-007.	(1)	-0,321	-0,13	0,1306	-0,148	-0,29	0,0884	-0,357	0,034	-0,332	0,2815		
			(2)	5,8	6,8	8,1	6,7	6,0	8,0	5,7	7,6	5,8	8,9		
			(3)	3,6	3,5	0,1	4,9	2,5	1,8	3,3	3,3	4,2	0,4	2	20,0
31	6	6.26732e-008.	(1)	-0,076	-0,008	-0,019	0,232	-0,629	0,1275	-0,318	0,2081	-0,328	0,3055		
			(2)	7,1	7,4	7,4	8,6	4,3	8,1	5,9	8,5	8,8	9,0		
			(3)	2,3	2,9	0,6	3,0	4,2	1,7	3,1	2,4	4,2	0,3	1	10,0
32	6	9.8557e-009.	(1)	0,0667	-0,257	0,7204	-0,196	0,2273	-0,216	-0,104	0,0844	-0,279	0,2003		
			(2)	7,8	6,2	11,1	6,5	8,6	6,4	6,9	7,9	6,1	8,5		
			(3)	1,6	4,1	3,1	5,1	0,1	3,4	2,1	3,0	3,9	0,8	1	10,0
33	6	1.41867e-013.	(1)	-0,148	-0,138	0,0028	0,1648	-0,141	-0,197	-0,063	0,3135	-0,094	0,5837		
			(2)	6,7	6,8	7,5	8,3	6,8	6,5	7,2	9,1	7,0	10,4		
			(3)	2,7	3,5	0,5	3,3	1,7	3,3	1,8	1,8	3,0	1,1	1	10,0
34	6	1.78472e-010.	(1)	0,4217	0,43	0,4677	0,5106	0,428	0,2125	0,4582	0,7521	0,5572	0,7366		
			(2)	9,6	9,7	9,8	10,1	9,6	8,5	9,8	11,3	10,3	11,2		
			(3)	0,2	0,6	1,8	1,5	1,1	1,3	0,8	0,4	0,3	1,9	3	30,0
35	6	1.21406e-012.	(1)	-0,013	0,1891	0,6604	0,159	0,4024	0,11	0,1778	0,4792	0,0983	0,5788		
			(2)	7,4	8,4	10,8	8,3	9,5	8,0	8,4	9,9	8,0	10,4		
			(3)	2,0	1,9	2,8	3,3	1,0	1,8	0,6	1,0	2,0	1,1	0	0,0
36	6	2.92452e-013.	(1)	0,5018	0,5081	0,4189	0,8111	0,2287	0,4835	0,3138	0,6504	0,5483	0,384		
			(2)	10,0	10,0	9,8	10,8	8,8	9,8	8,1	10,8	10,2	9,4		
			(3)	0,8	0,3	1,8	1,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	7	70,0
37	5	2.6657e-008.	(1)	0,3181	0,356	0,6026	0,6211	0,3869	0,0895	0,2921	0,5218	0,0433	0,4794		
			(2)	9,1	9,3	10,5	10,6	9,4	7,9	9,0	10,1	7,7	9,9		
			(3)	0,3	1,0	2,5	1,0	0,9	1,9	0,0	0,8	2,3	0,6	2	20,0
38	5	1.31172e-009.	(1)	0,2045	-0,042	0,344	-0,161	0,5176	-0,035	0,2828	0,0247	0,0426	0,2884		
			(2)	8,5	7,3	9,2	6,7	10,1	7,3	8,9	7,6	7,7	8,9		
			(3)	0,9	3,0	1,2	4,9	1,5	2,5	0,1	3,3	2,3	0,4	2	20,0
39	5	2.27904e-009.	(1)	0,5876	0,5158	0,6657	0,4985	0,4317	0,2293	0,4972	0,5732	0,6303	0,0952		
			(2)	10,3	10,1	10,8	10,0	9,7	8,6	10,0	10,4	10,7	8,0		
			(3)	0,9	0,2	2,8	1,6	1,2	1,2	1,0	0,5	0,7	1,3	2	20,0
40	5	6.73123e-013.	(1)	-0,107	-0,163	0,161	0,0681	0,1883	-0,312	0,3643	-0,009	-0,155	0,4012		
			(2)	6,9	6,6	8,3	7,8	8,4	5,9	9,3	7,4	6,7	9,5		
			(3)	2,5	3,7	0,3	3,8	0,1	3,9	0,3	3,5	3,3	0,2	4	40,0

(1) Valores de Unidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Unidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Unidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

TABELA 05 - RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES REFERENTES À MODELAGEM 3 (continuação)

AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BASE DOS DADOS DE UMIDADE	"Normalizada"	0,36067	0,55819	0,10454	0,81480	0,20316	0,45967	0,30178	0,87653	0,49801	0,36095
	"Percentual(%)"	8,4	10,3	8,0	11,8	8,5	9,8	9,0	10,9	10,0	9,3

FUNÇÕES TRANSFERÊNCIA: TANSIG/PURELIN

NEURÔNIOS CAMADA OCULTA	Nº ITERAÇÕES (TREINAMENTO)	ERRO QUADRÁTICO	BASE DOS DADOS DE UMIDADE (1,2,3)	RESULTADOS DE UMIDADE "CALCULADOS" PELA REDE NEURAL ARTIFICIAL PARA AS AMOSTRAS PERTENCENTES AO CONJUNTO DE DADOS DE VERIFICAÇÃO										Nº Amostras com Erro de Previsão $\leq \pm 0,5$	Taxa de Sucesso (%)
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
41	4	1.63605e-007	(1)	0,4082	0,4719	0,6094	0,8808	0,3525	0,2505	0,2465	0,8649	0,5407	0,5525	5	50,0
			(2)	9,5	9,9	10,6	11,9	9,3	8,7	8,7	11,9	10,2	10,3		
			(3)	0,1	0,4	2,6	0,3	0,8	1,1	0,3	1,0	0,2	1,0		
42	4	5.89112e-008	(1)	0,0539	0,0899	0,3093	0,1902	0,0536	0,0443	-0,043	0,4568	-0,092	0,7723	0	0,0
			(2)	7,7	7,9	9,0	8,4	7,7	7,7	7,3	9,8	7,0	11,4		
			(3)	1,7	2,4	1,0	3,2	0,8	2,1	1,7	1,1	3,0	2,1		
43	5	9.55224e-012	(1)	-0,103	0,0235	0,1546	-0,076	0,0588	0,1702	-0,051	0,182	-0,071	0,4544	2	20,0
			(2)	6,9	7,6	8,3	7,1	7,8	8,3	7,2	8,4	7,1	9,8		
			(3)	2,5	2,7	0,3	4,5	0,7	1,5	1,8	2,5	2,9	0,5		
44	5	5.18188e-012	(1)	0,2571	0,3323	0,5127	0,4799	0,2007	0,1067	0,2705	0,5108	0,2385	0,4394	3	30,0
			(2)	8,8	9,2	10,1	9,9	8,5	8,0	8,8	10,1	8,7	9,7		
			(3)	0,6	1,1	2,1	1,7	0,0	1,8	0,2	0,8	1,3	0,4		
45	5	4.54248e-007	(1)	0,8288	0,5707	0,7195	0,5743	0,621	0,4078	0,7422	0,7155	0,5368	0,4548	5	50,0
			(2)	10,7	10,4	11,1	10,4	10,6	9,5	11,2	11,1	10,2	9,8		
			(3)	1,3	0,1	3,1	1,2	2,1	0,3	2,2	0,2	0,2	0,5		
46	5	4.35939e-007	(1)	0,034	0,0582	0,2133	0,0966	-0,003	-0,03	0,138	0,1958	-0,123	0,2528	1	10,0
			(2)	7,6	7,8	8,6	8,0	7,5	7,3	8,2	8,5	6,8	8,8		
			(3)	1,8	2,5	0,6	3,6	1,0	2,5	0,8	2,4	3,2	0,5		
47	5	2.5375e-008	(1)	0,1323	-0,08	0,3237	-0,032	0,1026	-0,067	0,0198	0,1145	0,0962	0,5983	1	10,0
			(2)	8,1	7,1	9,1	7,3	8,0	7,1	7,6	8,1	8,0	10,5		
			(3)	1,3	3,2	1,1	4,3	0,5	2,7	1,4	2,8	2,0	1,2		
48	5	1.67033e-012	(1)	0,2953	0,1866	0,5673	0,2414	0,4329	0,0752	0,4506	0,2866	0,1021	0,445	2	20,0
			(2)	9,0	8,4	10,3	8,7	9,7	7,9	9,8	8,9	8,0	9,7		
			(3)	0,4	1,9	2,3	2,9	1,2	1,9	0,8	2,0	2,0	0,4		
49	5	1.36172e-013	(1)	-0,172	0,1092	0,3372	0,0773	-0,38	0,0968	-0,361	0,2561	-0,036	0,468	1	10,0
			(2)	6,6	8,0	9,2	7,9	5,5	8,0	5,6	8,8	7,3	9,8		
			(3)	2,8	2,3	1,2	3,7	3,0	1,8	3,4	2,1	2,7	0,5		
50	4	2.3451e-007	(1)	-0,207	-0,131	0,2619	-0,129	-0,361	-0,112	-0,366	-0,071	-0,32	0,5248	0	0,0
			(2)	6,4	6,8	8,8	6,8	5,6	6,9	5,6	7,1	5,8	10,1		
			(3)	3,0	3,5	0,8	4,8	2,9	2,9	3,4	3,8	4,2	0,8		
51	5	2.72745e-012	(1)	0,0617	0,0276	0,2364	-0,019	0,0344	-0,062	-0,149	0,2013	0,1062	0,1779	0	0,0
			(2)	7,8	7,6	8,7	7,4	7,6	7,2	6,7	8,5	8,0	8,4		
			(3)	1,6	2,7	0,7	4,2	0,9	2,6	2,3	2,4	2,0	0,9		
53	5	1.13129e-012	(1)	0,5054	0,3411	0,6318	0,3517	0,7484	0,144	0,4666	0,4916	0,4394	0,2758	2	20,0
			(2)	10,0	9,2	10,7	9,3	11,3	8,2	9,8	10,0	9,7	8,9		
			(3)	0,6	1,1	2,7	2,3	2,8	1,6	0,8	0,9	0,3	0,4		
55	5	6.28557e-010	(1)	0,5122	0,5124	0,3452	0,4582	0,3124	0,338	0,3683	0,6305	0,5134	0,2607	5	50,0
			(2)	10,1	10,1	9,2	9,8	9,1	9,2	9,3	10,7	10,1	8,8		
			(3)	0,7	0,2	1,2	1,8	0,6	0,6	0,3	0,2	0,1	0,5		

(1) Valores de Umidade - Base: "Normalizada"

(2) Valores de Umidade - Base: "Percentual(%)"

(3) Diferença de Previsão da Umidade pela RNA - Base de dados "Percentual(%)"

9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALASUBRAMANIAN, A., PANDA, R.C., RAO, V.S.R. "Modelling of a Fluidized Bed Drier Using Artificial Neural Network". Drying Technology, 14(7&8), 1881-1889, Madras, Índia, 1996.
- BHAT, N., McAVOY, T.J. "Use of Neural Nets for Dynamic Modeling and Control of Chemical Process Systems". Computers Chem. Engng. Vol. 14, nº 4/5, pp. 573-583, 1990.
- BOZNAR, M., LESJAK, M., MLAKAR, P. "A Neural Network - Based Method for Short-Term Predictions of Ambient SO₂ Concentration in Highly Polluted Industrial Areas of Complex Terrain". Atmospheric Environment, Vol. 27B, Nº 2, pp. 221-230, 1993.
- CUBILLOS, F.A., ALVAREZ, P.I., PINTO, J.C., LIMA, E.L. "Hybrid-neural Modeling for Particulate Solid Drying Processes". Powder Technology. 87, 153-160, ELSEVIER, 1996.
- DUCHESNE, C., THIBAUT, J., BAZIN, C. "Dynamics and Assessment of Some Control Strategies of a Simulated Industrial Rotary Dryer". Drying Technology, 15(2), 477-510, 1997.
- FILETI, A.M.F. Controle em Destilação Batelada. Controle Adaptativo e Controle Preditivo com Modelo Baseado em Redes Neurais Artificiais. Tese de Doutorado, UNICAMP, 1995.
- FILETI, A.M.F., PEREIRA, J.A.F.R. "Adaptive and Predictive Control Strategies for Batch Distillation: Development and experimental testing". Computers Chem. Engng. Vol. 21, Suppl., pp. S1227-S1231, Elsevier, 1997.
- FILETI, A.M.F., PEREIRA, J.A.F.R. "Redes Neurais Artificiais na Simulação de Processos Químicos". Anais do XVI Congresso Ibero Latino Americano Sobre Métodos Computacionais Para Engenharia (XVI CILANCE). Curitiba, 1995.
- FOUST, A.S., & outros. Princípios de Operações Unitárias. Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1982.
- HAGAN, M. T., MENHAJ, M. B. "Training Feedforward Networks with the Marquardt Algorithm". IEEE Transactions on Neural Networks, v. 5, n. 6, p. 989-993, november 1994.
- HUNT, K.J., SBARBARO, D., ZBIKOWSKI, R., GAWTHROP, P.J. "Neural Networks for Control Systems - A Survey". Automatica, 28, 1083-11/12, 1992.

- KOVÁCS, Z.L. Redes Neurais Artificiais - Fundamentos e Aplicações. Ed. Acadêmica, São Paulo, 1996.
- LATRILLE, E., CORRIEU, G., THIBAUT, J. "Neural Network Models For Final Process Time Determination in Fermented Milk Production". Computers Chem. Eng. Vol. 18, Nº 11-12, pp. 1171-1181, 1994.
- LINKO, P., ZHU, Y.H. "Neural Network Modelling for Real-time Variable Estimation and Prediction in the Control of Glucoamylase Fermentation". Process Biochemistry, 27, pp.275-283, 1992.
- LOESCH, C. e SARI, S.T. Redes Neurais Artificiais - Fundamentos e Modelos. Ed. FURB, Blumenau, 1996.
- LOPES, H.S., NASSAR, S.M., RAMIREZ, A., LIMA, W.C. "Arquiteturas Híbridas Integrando Paradigmas Conexionistas e Simbolistas". Anais do I Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (I SBAI), UNESP, Rio Claro, 1993.
- MARQUARDT, D. "An algorithm for least squares estimation of non-linear parameters". J. Soc. Ind. Appl. Math., p. 431-441, 1963
- MASSIMO, C. D., MONTAGUE, G.A., WILLIS, M.J., THAM, M.T., MORRIS, A.J. "Towards Improved Penicillin Fermentation Via Artificial Neural Networks. Computers Chem. Engng. Vol. 16, nº 4, pp. 283-291, 1992.
- MAVROVOUNIOTIS, M.L., CHANG, S. "Hierarchical Neural Networks". Computers Chem. Engng. Vol. 16, Nº 04, pp. 347-369, 1992.
- MEHROTRA, K., MOHAN, C.K., RANKA, S.. Elements of Artificial Neural Networks. MIT PRESS, 1997.
- MUJUMDAR, A.S. Handbook of Industrial Drying. Dekker, 1987.
- NEITZEL, I., MASSARANI, G. "Análise do Desempenho de um Secador de Esteira". Anais do XV Encontro Sobre Escoamento em Meios Porosos, V.II, p. 466-477, 1987.
- NEITZEL, I. Secagem de Gelatina. Relatório Interno, (DEQ/Universidade Estadual de Maringá), 1987.
- NONHEBEL, G. et al. Drying of Solids in the Chemical Industry. Butterworths, 1971.
- POLLARD, J.F., BROUSSARD, M.R., GARRISON, D.B., SAN, K.Y. "Process Identification Using Neural Networks". Computers Chem. Engng. Vol. 16, Nº 04, pp. 253-270, 1992.

- SILVA, E. A. Secagem de Gelatina: Análise do Perfil de Concentração e Temperatura no Interior do Gel. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 1995.
- SOUSA, L.H.C.D. Análise da Condutividade Térmica da Gelatina com Variação de Umidade - Aplicação ao Processo de Secagem. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 1996.
- STEVANOVIC, J. S. "Neural Networks for Process Analysis and Optimization: Modeling and Applications". Computers Chem. Engng. Vol. 18, Nº 11/12, pp. 1149-1155, 1994.
- SU, H.T., McAVOY, T.J., WERBOS, P. "Long-Term Predictions of Chemical Processes Using Recurrent Neural Networks: a Parallel Training Approach". Ind. Eng. Chem. Res. 31, 1338-1352, 1992.
- TAFNER, M.A., XEREZ, M., FILHO, I.W.R. Redes Neurais Artificiais - Introdução e Princípios de Neurocomputação. Ed. EKO (FURB), Blumenau, 1996.
- THIBAUT, J. "Feedforward Neural Networks for the Identification of Dynamic Processes". Chem. Eng. Comm. pp.109-127.
- THIBAUT, J., BREUSEGEM, V.V., CHÉRU, A. "On-Line Prediction of Fermentation Variables Using Neural Networks". Biotechnology and Bioengineering. Vol. 36, pp. 1041-1048, 1990.
- TREYBAL, R.E. Mass Transfer Operations. 3ª ed., Mc Graw Hill, New York, 1980.
- WARD, A., COURTS, A. The Science and Technology of Gelatin. Academic Press, 1977.
- YAMAMOTO, C. I. , BABA, E.H., NASCIMENTO, C.A.O. "Previsão de Comportamento de Reator de Síntese de Amônia Via Rede Neuronal". Anais do I Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente (I SBAI). UNESP, Rio Claro, 1993, 48-57.
- YI, J., PRYBUTOK, V.R. "A Neural Network Model Forecasting For Prediction of Daily Maximum Ozone Concentration in an Industrialized Urban Area". Environmental Pollution. Vol. 92, Nº 03, pp. 349-357, 1996.
- YOU, Y., NIKOLAOU, M. "Dynamic Process Modeling with Recurrent Neural Networks". AIChE Journal. Vol. 39, Nº 10, pp. 1654-1666, 1993.