

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – **PIBIC/UFPA, PIBIC/UFPA CAMPI DO INTERIOR, PIBIC/UFPA EBTT, PIBIC-AF/UFPA, PIBIC/CNPq, PIBIC-AF/CNPq, PIBITI/CNPq, PRODOUTOR e PRODOUTOR/RENOVAÇÃO.**

**RELATÓRIO TÉCNICO - CIENTÍFICO PARCIAL**

**Período: \_\_Agosto\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_2018\_\_\_\_\_\_ a \_\_Julho\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_2019\_\_\_\_\_\_**

1. **IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO**

Título do Projeto de Pesquisa (ao qual está vinculado o Plano de Trabalho): Algoritmo Neuro Evolutivo Híbrido para projeto automático de RNAs biologicamente inspiradas.

Nome do Orientador: Lidio Mauro Lima de Campos

Titulação do Orientador: Doutor

Faculdade: Faculdade de Computação

Instituto/Núcleo: ICEN

Laboratório: Laboratório de Computação Bio-Inspirada

Título do Plano de Trabalho:

Nome do Bolsista: Danilo Souza Duarte

Tipo de Bolsa:

**( )** **PIBIC/UFPA**

**( ) PIBIC/UFPA CAMPI DO INTERIOR,**

**( ) PIBIC/UFPA EBTT**

**( ) PIBIC-AF/UFPA**

**(X) PIBIC/CNPq**

**( ) PIBIC-AF/CNPq**

**( ) PIBITI/CNPq**

**( ) PIBIC PRODOUTOR**

**( ) PIBIC PRODOUTOR/RENOVAÇÃO**

* **Atenção: No relatório, aborde diretamente os pontos essenciais, a partir dos quais será avaliado o desenvolvimento do projeto.**
* **O relatório não deverá ultrapassar 10 MB ou conter mais de vinte (20) páginas.**

1. **Introdução:**

Durante o período de realização do projeto foram realizadas reuniões para estabelecer prazos para as atividades, esclarecer dúvidas, entre outros. Diante disso, as atividades foram ocorrendo de acordo com o cronograma, na qual, resumidamente, houve a revisão de literatura sobre as Redes Neurais Artificiais(RNAs), aprofundamento na linguagem de programação C, implementação de um script de pré-processamento de dados em utilizando a linguagem Python e a realização de experimentos utilizando Redes Diretas e Recorrentes e a técnica “*k-fold cross validation*” para estimativas do desempenho do algoritmo *backpropagation* com 3 e 4 camadas em tarefas de classificação de dados utilizando o *dataset wine* e o algoritmo *backpropagation through time* utilizando o *dataset* *car evaluation*. Além das atividades de classificação, também houve uma atividade de predição ao final do projeto, sendo utilizado o algoritmo ADEANN que implementa uma rede neural com aprendizagem profunda com 4 camadas. Este algoritmo foi migrado da linguagem C para Python e foi utilizado a biblioteca Keras para implementar a rede neural.

1. **Comparação entre o plano original e o executado:**

O projeto pesquisa “Algoritmo Neuro Evolutivo Híbrido para projeto automático de RNAs biologicamente inspiradas” teve início em agosto de 2018 e iniciou sua primeira fase com a revisão de literatura sobre as Redes Neurais Artificiais, na qual se obteve conhecimento sobre o histórico, principais arquiteturas, funções de ativação, tipos de aprendizado, entre outros. Após a revisão, ainda no mês de agosto, iniciou-se os estudos de aprofundamento sobre o modelo matemático de aprendizado *backpropagation* e sua implementação na linguagem C, as implementações foram fornecidas pelo orientador e explicadas em detalhes nas reuniões periódicas. Inicialmente, para o melhor entendimento, foi utilizado o algoritmo *backpropagation* com 3 camadas para a realização de experimentos com o intuito de resolver problemas simples e conhecidos da literatura como AND, OR e XOR.

Em setembro, foi demandado o primeiro *dataset* conhecido como “*Wine Dataset*”. Essa base de dados foi obtida do repositório público *UC Irvine Machine Learning Repository at the University of California. acesso:*([http://archive.ics.uci.edu/ml/*dataset*s.html](http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets.html)). Além do algoritmo *backpropagation* direto com 3 camadas, houve experimentos no algoritmo com 4 camadas, ambos utilizando a técnica “*k-fold kross validation*” utilizando k=2. Os testes com esse *dataset* ocorreram até o mês de dezembro.

Outra atividade realizada durante os experimentos do *wine dataset* foi a configuração de parâmetros: número de neurônios, pesos, número de camadas, taxa de aprendizado e número de épocas. Para um melhor entendimento de como funciona os ajustes de parâmetros, os neurônios armazenam os valores que serão calculados para a definição dos pesos, em que os pesos são a “chave” para que a RNA funcione, os pesos são a forma que a RNA identifica os diferentes tipos de resultados. Os neurônios na camada intermediária podem melhorar ou piorar o treinamento e a classificação dos dados, em virtude disso é necessário que se teste diversos parâmetros, para que os pesos sejam melhor ajustados, de forma que a RNA obtenha uma melhor generalização dos resultados na fase de testes. A taxa de aprendizado é uma constante de proporcionalidade no intervalo [0,1], sendo o ajuste desse parâmetro de suma importância, pois quanto maior esse valor mais rápido se dá a convergência do algoritmo de treinamento.

No algoritmo com 3 camadas foram utilizados parâmetros padronizados, conhecidos da literatura, porém no algoritmo com 4 camadas foi necessário a variação desses valores para que o mesmo pudesse trazer resultados melhores pois redes com múltiplas camadas são mais complexas de serem treinadas, daí a necessidade de testar diversos parâmetros. No entanto, os dois tipos de RNAs trouxeram resultados satisfatórios.

Para iniciar os testes com um novo *dataset* foi feito um teste intermediário com o *dataset wine* para testar a efetividade deste outro algoritmo. Para este teste foi utilizado o algoritmo *backprogation through time*, que tem como principal diferença dos anteriores a sua arquitetura de rede recorrente. O resultado das simulações foi bastante favorável visto que os resultados melhoraram bastante. Em virtude disso, para o próximo *dataset* foi mantido o algoritmo *backpropagation through time*.

Após as simulações feitas com o *dataset wine* foi iniciada simulações com o *dataset car evaluation*. Com este dataset foi utilizado um algoritmo que possui a arquitetura de redes recorrentes (RNR), o algoritmo *backpropagation through time*. Para este *dataset*, também foi utilizada a técnica “*k-fold kross validation*”, no entanto foi utilizado k=4. As simulações tiveram parâmetros padronizados e trouxeram bons resultados.

Durante a fase final do projeto houve a migração do algoritmo ADEANN (*Artificial Development and Evolution of Artificial Neural Networks*) (De Campos 2016). para a linguagem Python, o aprendizado e integração do Keras no no Python e uma tarefa de predição utilizando o dataset de preço de energia elétrica. O algoritmo ADEANN no qual foi houve a realização das simulações implementa uma rede neural de aprendizagem profunda com 4 camadas.

Os resultados desse dataset foram comparados com o artigo de FILHO, 2016. Avaliando as métricas das atividades de predição observa-se que os resultados foram bem próximos, com isso pode-se afirmar que estão satisfatórios.

1. **Outras atividades:**

Desenvolvimento de um protótipo de uma ferramenta para pré-processamento de dados utilizando a linguagem Python, o qual importa os dados do repositório público e adéqua os dados, fazendo com que o mesmo fique em um formato normalizado e adequado para o treinamento da RNA.

1. **Atividades Realizadas:**

**4.1 Wine Dataset**

**4.1.1** *Obtenção e descrição da base de dados*

De acordo com a análise química de um vinho pode-se descobrir sua origem. Em virtude disso, utilizando dados que foram coletados de 3 cultivares diferentes de uma mesma região na Itália, pode-se descobrir de qual cultivar o vinho surgiu utilizando RNAs. A análise determina a quantidade de 13 elementos encontrados em cada um dos 3 tipos de vinhos.

Para o *dataset* escolhido na realização das simulações foi utilizado o algoritmo de aprendizado *backpropagation* direto com 3 e 4 camadas em tarefas de classificação de dados. Este *dataset* foi obtido do repositório: [https://archive.ics.uci.edu/ml/*dataset*s/*Wine*](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Wine).

O *dataset* *Wine* contém dados sobre 178 vinhos diferentes. Os vinhos, como citado anteriormente, são separados em 3 tipos e cada tipo representa um cultivar diferente. O vinho tipo 1 possui 59 dados desse *dataset*, o tipo 2 possui 71 dados e o tipo 3 possui 48 dados. A Rede Neural Artificial é uma ferramenta que serve para a classificar a origem de futuros vinhos que podem ser adicionados futuramente.

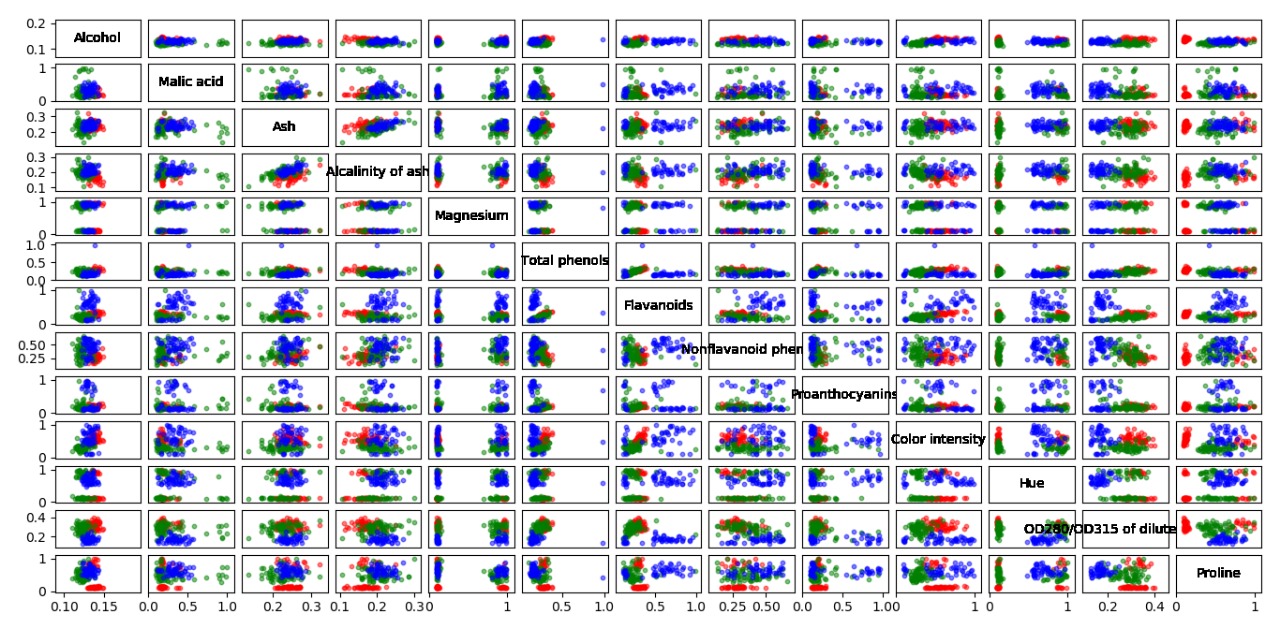
Como citado anteriormente, cada registro do dataset possui 13 atributos e de acordo com esses valores podemos encontrar sua origem. A tabela 1 nos mostra o significado de cada um doa 13 elementos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Atributos** | | | |
| **1** | Álcool | | |
| **2** | Ácido málico | | |
| **3** | Substância inorgânica remanescente | | |
| **4** | Alcalinidade da substância inorgânica remanescente | | |
| **5** | Magnésio | | |
| **6** | Fenóis totais | | |
| **7** | Flavonoides | | |
| **8** | Fenóis não flavonoides | | |
| **9** | Proantocianidinas | | |
| **10** | Intensidade da cor | | |
| **11** | Matiz | | |
| **12** | OD280 / OD315 de vinhos diluídos | | |
| **13** | Prolina | | |
| **Classes** | | | |
| Tipo 1 | | Tipo 2 | Tipo 3 |

Tabela 1 – Descrição dos atributos do *dataset Wine*

.

A matriz de dispersão abaixo avalia as relações entre todos os pares de variáveis possíveis das entradas, onde os pontos vermelhos representam o tipo 1, azuis o tipo 2 e os verdes o tipo 3.

**Figura 1 -** Matriz de dispersão das variáveis de entrada do *Dataset Wine*.

**4.1.2** *Pré-processamento e normalização dos dados*

O protótipo de normalização de dados feito em Python foi bastante útil para a adequação da entrada de dados para treino e testes, pois existiam muitos registros e atributos. Além disso, diversos valores estavam inadequados para o código visto que a função de ativação sigmoide trabalha com valores entre 0 e 1. Abaixo, ilustra-se uma pequena amostra antes da normalização:

1,14.23,1.71,2.43,15.6,127,2.8,3.06,.28,2.29,5.64,1.04,3.92,1065

1,13.2,1.78,2.14,11.2,100,2.65,2.76,.26,1.28,4.38,1.05,3.4,1050

1,13.16,2.36,2.67,18.6,101,2.8,3.24,.3,2.81,5.68,1.03,3.17,1185

1,14.37,1.95,2.5,16.8,113,3.85,3.49,.24,2.18,7.8,.86,3.45,1480

1,13.24,2.59,2.87,21,118,2.8,2.69,.39,1.82,4.32,1.04,2.93,735

1,14.2,1.76,2.45,15.2,112,3.27,3.39,.34,1.97,6.75,1.05,2.85,1450

Após o pré-processamento a ferramenta em Python transforma os dados, acima, em formato adequado para treinamento, como mostrado abaixo:

y[0][0] = 0.1;

x[0][0] = 1.0;

x[0][1] = 0.1373;

x[0][2] = 0.15;

x[0][3] = 0.27;

x[0][4] = 0.225;

x[0][5] = 0.101;

x[0][6] = 0.3;

x[0][7] = 0.325;

x[0][8] = 0.29;

x[0][9] = 0.238;

x[0][10] = 0.57;

x[0][11] = 0.119;

x[0][12] = 0.271;

x[0][13] = 0.1285;

**4.1.3** *Ajustes dos parâmetros e treinamento da rede neural*

Após a etapa de pré-processamento descrita anteriormente, passou-se a fase de treinamento das Redes Neurais utilizando o algoritmo de aprendizado *backpropagation* direto. Essa etapa no âmbito do aprendizado de máquina, teve por objetivos treinar e determinar o grau de confiabilidade do modelo de classificação dos dados, foi adotada a técnica de validação cruzada “*K-fold cross validation*” empregada nas técnicas de aprendizado de máquina.

No método da Validação Cruzada “*K-fold*”, o conjunto de treinamento original é dividido em K subconjuntos. Destes K subconjuntos, um subconjunto é retido para ser utilizado na validação do modelo e os K-1 subconjuntos restantes são utilizados no treinamento. O processo de validação cruzada é, então, repetido K vezes, de modo que cada um dos K subconjuntos sejam utilizados exatamente uma vez como dado de teste para validação do modelo. O resultado final desse processo é o desempenho médio do classificador nos K testes.

O *dataset* original (D) é representado por uma matriz com 178 registros (vinhos) e 13 colunas (atributos). Para aplicar a técnica *k-fold* utilizou-se k=2, ou seja o *dataset* foi divido em duas partes (D1 e D2), cada um com 89 registros, assim em cada simulação, utilizou-se uma base fixa para testes combinada com uma base variável para o treino, em uma sequência específica por exemplo: treino com D1 e teste com D2, e treino com D2 e teste com D1, repetindo-se 5 vezes cada grupo de experimento, ao todo foram realizados 60 experimentos para esse *dataset*, 30 utilizando o algoritmo com 3 camadas e 30 utilizando o algoritmo com 4 camadas.

Para o *dataset Wine* foram executados 89 padrões para treinamento. Em relação ao número de épocas houve variações de 150000 até 300000 para o algoritmo de 3 camadas e para 4 camadas houve uma variação de 300000 até 500000. A arquitetura da RNA, com 3 camadas, utilizada foi: 14 neurônios na camada de entrada (13 atributos e 1 BIAS), na camada intermediária os valores variaram entre 5 e 9 neurônios na camada escondida e 1 neurônio na camada de saída. A arquitetura com 4 camadas foi a mesma para entrada e saída, a grande diferença é que entra uma nova camada intermediária e os valores variam entre 9 e 19, sempre deixando a segunda intermediária com neurônios a menos que a primeira. A Tabela 2, apresenta os melhores resultados de classificação obtidos utilizando-se diversos valores para os seguintes parâmetros (número de neurônios na camada intermediária, número de épocas e taxa de aprendizado).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Treino**  **k-fold** | **Teste**  **k-fold** | **Erros** | **Acertos** | **Neurônios**  **Da**  **Camada**  **Intermediária 1** | **Neurônios**  **Da**  **Camada**  **Intermediária 2** | **Taxa**  **Aprendizado** | **Taxa**  **Aprendizado 1** | **Épocas** | **Acertos**  **%** | **Acurácia** | **Media**  **Acertos**  **%** |
| D1 | D2 | 11 | 78 | 5 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 87.64 | 0,87640 | 82.585 |
| D2 | D1 | 20 | 69 | 5 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 77.53 | 0,77528 |
| D1 | D2 | 10 | 79 | 5 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 88.76 | 0,88764 | 85.95 |
| D2 | D1 | 15 | 74 | 5 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 83.15 | 0,83146 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 5 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 86.52 | 0,86517 | 85.395 |
| D2 | D1 | 14 | 75 | 5 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 84.27 | 0,84270 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 6 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 85.39 | 0,85393 | 80,335 |
| D2 | D1 | 22 | 67 | 6 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 75.28 | 0,75281 |
| D1 | D2 | 14 | 75 | 6 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 84.27 | 0,84270 | 85,395 |
| D2 | D1 | 12 | 77 | 6 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 86.52 | 0,86517 |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 6 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 85.39 | 0,85393 | 84,83 |
| D2 | D1 | 14 | 75 | 6 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 84.27 | 0,84270 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 7 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 86.52 | 0,86517 | 82,025 |
| D2 | D1 | 20 | 69 | 7 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 77.53 | 0,77528 |
| D1 | D2 | 11 | 78 | 7 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 87.64 | 0,87640 | 85,395 |
| D2 | D1 | 15 | 74 | 7 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 83.15 | 0,83146 |
| D1 | D2 | 9 | 80 | 7 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 89.89 | 0,89888 | 87,64 |
| D2 | D1 | 13 | 76 | 7 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 85.39 | 0,85393 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 14 | 75 | 8 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 84.27 | 0,84270 | 82,025 |
| D2 | D1 | 18 | 71 | 8 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 79.78 | 0,79775 |
| D1 | D2 | 14 | 75 | 8 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 84.27 | 0,84270 | 85,395 |
| D2 | D1 | 12 | 77 | 8 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 86.52 | 0,86517 |
| D1 | D2 | 7 | 82 | 8 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 92.13 | 0,92135 | 88,76 |
| D2 | D1 | 13 | 76 | 8 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 85.39 | 0,85393 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 14 | 75 | 9 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 84.27 | 0,84270 | 83,145 |
| D2 | D1 | 16 | 73 | 9 | 0 | 0,9 | - | 150000 | 82.02 | 0,82022 |
| D1 | D2 | 15 | 74 | 9 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 83.15 | 0,83146 | 87,64 |
| D2 | D1 | 7 | 82 | 9 | 0 | 0,9 | - | 200000 | 92.13 | 0,92135 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 9 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 86.52 | 0,86517 | 88,205 |
| D2 | D1 | 9 | 80 | 9 | 0 | 0,9 | - | 300000 | 89.89 | 0,89888 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 15 | 74 | 9 | 8 | 0.3 | 0.5 | 300000 | 83.15 | 0,83146 | 85,395 |
| D2 | D1 | 11 | 78 | 9 | 8 | 0.3 | 0.7 | 300000 | 87.64 | 0,87640 |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 9 | 8 | 0.6 | 0.4 | 350000 | 85.39 | 0,85393 | 87,075 |
| D2 | D1 | 10 | 79 | 9 | 8 | 0.4 | 0.7 | 350000 | 88.76 | 0,88764 |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 9 | 8 | 0.5 | 0.3 | 400000 | 85.39 | 0,85393 | 85.39 |
| D2 | D1 | 13 | 76 | 9 | 8 | 0.3 | 0.5 | 400000 | 85.39 | 0,85393 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 10 | 9 | 0,4 | 0,7 | 300000 | 86.52 | 0,86517 | 84,835 |
| D2 | D1 | 15 | 74 | 10 | 9 | 0,4 | 0,7 | 300000 | 83.15 | 0,83146 |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 10 | 9 | 0,4 | 0,7 | 400000 | 85.39 | 0,85393 | 83,705 |
| D2 | D1 | 16 | 73 | 10 | 9 | 0.4 | 0.7 | 400000 | 82.02 | 0,82022 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 10 | 9 | 0,4 | 0,7 | 500000 | 86.52 | 0,86517 | 84,835 |
| D2 | D1 | 15 | 74 | 10 | 9 | 0,4 | 0,7 | 500000 | 83.15 | 0,83146 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 11 | 78 | 12 | 10 | 0.3 | 0.7 | 400000 | 87.64 | 0,87640 | 87.64 |
| D2 | D1 | 11 | 78 | 12 | 10 | 0.3 | 0.7 | 400000 | 87.64 | 0,87640 |
| D1 | D2 | 9 | 80 | 12 | 10 | 0.3 | 0.7 | 450000 | 89.89 | 0,89888 | 87,08 |
| D2 | D1 | 14 | 75 | 12 | 10 | 0.3 | 0.7 | 450000 | 84.27 | 0,84270 |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 12 | 10 | 0.3 | 0.7 | 500000 | 85.39 | 0,85393 | 84,27 |
| D2 | D1 | 15 | 74 | 12 | 10 | 0.3 | 0.5 | 500000 | 83.15 | 0,83146 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 15 | 9 | 0.3 | 0.5 | 350000 | 86.52 | 0,86517 | 87,08 |
| D2 | D1 | 11 | 78 | 15 | 9 | 0.4 | 0.7 | 350000 | 87.64 | 0,87640 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 15 | 9 | 0.3 | 0.5 | 400000 | 86.52 | 0,86517 | 87,08 |
| D2 | D1 | 11 | 78 | 15 | 9 | 0.4 | 0.7 | 400000 | 87.64 | 0,87640 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 15 | 9 | 0.3 | 0.5 | 450000 | 86.52 | 0,86517 | 88,205 |
| D2 | D1 | 9 | 80 | 15 | 9 | 0.4 | 0.7 | 450000 | 89.89 | 0,89888 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 19 | 9 | 0.3 | 0.5 | 300000 | 85.39 | 0,85393 | 85.39 |
| D2 | D1 | 13 | 76 | 19 | 9 | 0.3 | 0.7 | 300000 | 85.39 | 0,85393 |
| D1 | D2 | 13 | 76 | 19 | 9 | 0.3 | 0.7 | 400000 | 85.39 | 0,85393 | 85.39 |
| D2 | D1 | 13 | 76 | 19 | 9 | 0.7 | 0.4 | 400000 | 85.39 | 0,85393 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 19 | 9 | 0.3 | 0.7 | 450000 | 86.52 | 0,86517 | 86.52 |
| D2 | D1 | 12 | 77 | 19 | 9 | 0.7 | 0.3 | 450000 | 86.52 | 0,86517 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabela 2 - Resultados de classificação e parâmetros de simulação obtidos para o *dataset Wine* para o algoritmo com 3 e 4 camadas.

Visualizando os resultados podemos observar que a rede neural com aprendizado *backpropagation* não foi uma ferramenta tão eficiente no reconhecimento de padrões e predições de comportamento. No caso simulado que se trata de informações de 178 vinhos de cultivares italianos, a capacidade de aprendizado e aceitabilidade da rede com 3 camadas foi de, aproximadamente, 85%. E na rede com 4 camadas foi de, aproximadamente, 86%.

**4.1.4** *Testes das RNAS*

A Tabela 2 também resume os resultados das 60 simulações realizadas para o *dataset Wine*. O campo (Acertos %), mostra a percentagem de acertos obtidos na fase de validação das redes, para fazer o cálculo do número de acertos utilizamos o ponto médio. Para acharmos o ponto médio primeiro devemos identificar os possíveis resultados, no caso do *dataset Wine* podemos ter 0.1, 0.2 e 0.3. O ponto médio é basicamente a média entre um determinado valor e o próximo, por exemplo, 0.1 e 0.2. Diante desses dois valores obtemos o valor 0.05 que é o ponto médio para mais e para menos. Sendo assim, para os dados que tem resultado de valor 0.1, o resultado obtido deve estar entre 0.05 e 0.15. Para 0.2 o resultado obtido deve estar entre 0.15 e 0.25 e para 0.3 o resultado obtido deve estar entre 0.25 e 0.35.

Foi testada a capacidade da RNAs em classificar determinados padrões que não foram ensinados para a mesma durante o treino. O melhor resultado de classificação para a rede de 3 camadas foi de 92,13% em uma rede que utiliza a base D2D1, com 9 neurônios intermediários e 200000 épocas. Na rede com 4 camadas os conjuntos de dados utilizados foram D2D1, a primeira camada intermediária com 15 neurônios e a segunda com 9 e 450000 em épocas. A RNA obteve 89,89% de acertos. As tabelas abaixam mostram a matriz de confusão dos melhores resultados para cada algoritmo, essa matriz serve para mostrar como foram classificados os dados nas simulações. Em verde estão os dados que estão corretos, os demais são os dados que foram classificados de forma errada e mostra também como os mesmos foram classificados. Por exemplo, na tabela 3 temos 27 dados do tipo 1 que estão corretos, no entanto existem 3 dados do tipo 1 que foram classificados como tipo 2. Esse mesmo padrão se repete para as demais matrizes de confusão.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo 1** | **Tipo 2** | **Tipo 3** |
| **27** | 3 | 0 |
| 2 | **33** | 0 |
| 0 | 2 | **22** |
|  | | |
| Total: | | **92,13%** |

Tabela 3 – Matriz de confusão do melhor resultado para o algoritmo com 3 camadas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tipo 1** | **Tipo 2** | **Tipo 3** |
| **24** | 5 | 0 |
| 0 | **35** | 1 |
| 0 | 3 | **21** |
|  | | |
| Total: | | **89,89%** |

Tabela 4 – Matriz de confusão do melhor resultado para o algoritmo com 4 camadas.

Abaixo é a ilustração da aprendizagem da Rede Neural com 3 camadas:

VERIFICACAO

Padrao Generalizacao>>0

calculado>>0.137051 desejado>>0.100000 Erro>>0.000686391

Padrao Generalizacao>>1

calculado>>0.115348 desejado>>0.100000 Erro>>0.000117781

Padrao Generalizacao>>2

calculado>>0.144216 desejado>>0.100000 Erro>>0.000977548

Padrao Generalizacao>>3

calculado>>0.113915 desejado>>0.100000 Erro>>0.000096817

Padrao Generalizacao>>4

calculado>>0.124050 desejado>>0.100000 Erro>>0.000289193

Padrao Generalizacao>>5

calculado>>0.150902 desejado>>0.100000 Erro>>0.001295502

Padrao Generalizacao>>6

calculado>>0.145686 desejado>>0.100000 Erro>>0.001043607

Padrao Generalizacao>>7

calculado>>0.129005 desejado>>0.100000 Erro>>0.000420632

Padrao Generalizacao>>8

calculado>>0.125807 desejado>>0.100000 Erro>>0.000332999

Padrao Generalizacao>>9

calculado>>0.132489 desejado>>0.100000 Erro>>0.000527760

Padrao Generalizacao>>10

calculado>>0.144607 desejado>>0.100000 Erro>>0.000994878

Padrao Generalizacao>>11

calculado>>0.160069 desejado>>0.100000 Erro>>0.001804170

Padrao Generalizacao>>12

calculado>>0.109969 desejado>>0.100000 Erro>>0.000049690

Padrao Generalizacao>>13

calculado>>0.168915 desejado>>0.100000 Erro>>0.002374620

Padrao Generalizacao>>14

calculado>>0.148370 desejado>>0.100000 Erro>>0.001169851

Padrao Generalizacao>>15

calculado>>0.131456 desejado>>0.100000 Erro>>0.000494734

Padrao Generalizacao>>16

calculado>>0.105590 desejado>>0.100000 Erro>>0.000015625

Padrao Generalizacao>>17

calculado>>0.149949 desejado>>0.100000 Erro>>0.001247468

Padrao Generalizacao>>18

calculado>>0.115692 desejado>>0.100000 Erro>>0.000123117

Padrao Generalizacao>>19

calculado>>0.086694 desejado>>0.100000 Erro>>0.000088526

Padrao Generalizacao>>20

calculado>>0.084943 desejado>>0.100000 Erro>>0.000113356

Padrao Generalizacao>>21

calculado>>0.100112 desejado>>0.100000 Erro>>0.000000006

Padrao Generalizacao>>22

calculado>>0.084795 desejado>>0.100000 Erro>>0.000115593

Padrao Generalizacao>>23

calculado>>0.104091 desejado>>0.100000 Erro>>0.000008367

Padrao Generalizacao>>24

calculado>>0.124507 desejado>>0.100000 Erro>>0.000300287

Padrao Generalizacao>>25

calculado>>0.143088 desejado>>0.100000 Erro>>0.000928281

Padrao Generalizacao>>26

calculado>>0.140276 desejado>>0.100000 Erro>>0.000811060

Padrao Generalizacao>>27

calculado>>0.107548 desejado>>0.100000 Erro>>0.000028487

Padrao Generalizacao>>28

calculado>>0.129751 desejado>>0.100000 Erro>>0.000442565

Padrao Generalizacao>>29

calculado>>0.180416 desejado>>0.200000 Erro>>0.000191771

Padrao Generalizacao>>30

calculado>>0.186513 desejado>>0.200000 Erro>>0.000090950

Padrao Generalizacao>>31

calculado>>0.323521 desejado>>0.200000 Erro>>0.007628674

Padrao Generalizacao>>32

calculado>>0.197450 desejado>>0.200000 Erro>>0.000003252

Padrao Generalizacao>>33

calculado>>0.231891 desejado>>0.200000 Erro>>0.000508511

Padrao Generalizacao>>34

calculado>>0.202449 desejado>>0.200000 Erro>>0.000003000

Padrao Generalizacao>>35

calculado>>0.211481 desejado>>0.200000 Erro>>0.000065908

Padrao Generalizacao>>36

calculado>>0.207852 desejado>>0.200000 Erro>>0.000030828

Padrao Generalizacao>>37

calculado>>0.186135 desejado>>0.200000 Erro>>0.000096116

Padrao Generalizacao>>38

calculado>>0.235782 desejado>>0.200000 Erro>>0.000640181

Padrao Generalizacao>>39

calculado>>0.174144 desejado>>0.200000 Erro>>0.000334273

Padrao Generalizacao>>40

calculado>>0.167489 desejado>>0.200000 Erro>>0.000528480

Padrao Generalizacao>>41

calculado>>0.188602 desejado>>0.200000 Erro>>0.000064957

Padrao Generalizacao>>42

calculado>>0.232073 desejado>>0.200000 Erro>>0.000514339

Padrao Generalizacao>>43

calculado>>0.198156 desejado>>0.200000 Erro>>0.000001700

Padrao Generalizacao>>44

calculado>>0.195284 desejado>>0.200000 Erro>>0.000011119

Padrao Generalizacao>>45

calculado>>0.223747 desejado>>0.200000 Erro>>0.000281958

Padrao Generalizacao>>46

calculado>>0.228667 desejado>>0.200000 Erro>>0.000410911

Padrao Generalizacao>>47

calculado>>0.158179 desejado>>0.200000 Erro>>0.000874489

Padrao Generalizacao>>48

calculado>>0.224773 desejado>>0.200000 Erro>>0.000306844

Padrao Generalizacao>>49

calculado>>0.191175 desejado>>0.200000 Erro>>0.000038937

Padrao Generalizacao>>50

calculado>>0.201017 desejado>>0.200000 Erro>>0.000000517

Padrao Generalizacao>>51

calculado>>0.197318 desejado>>0.200000 Erro>>0.000003598

Padrao Generalizacao>>52

calculado>>0.187945 desejado>>0.200000 Erro>>0.000072665

Padrao Generalizacao>>53

calculado>>0.233858 desejado>>0.200000 Erro>>0.000573182

Padrao Generalizacao>>54

calculado>>0.197670 desejado>>0.200000 Erro>>0.000002715

Padrao Generalizacao>>55

calculado>>0.189298 desejado>>0.200000 Erro>>0.000057269

Padrao Generalizacao>>56

calculado>>0.177895 desejado>>0.200000 Erro>>0.000244313

Padrao Generalizacao>>57

calculado>>0.192396 desejado>>0.200000 Erro>>0.000028914

Padrao Generalizacao>>58

calculado>>0.220630 desejado>>0.200000 Erro>>0.000212791

Padrao Generalizacao>>59

calculado>>0.194284 desejado>>0.200000 Erro>>0.000016338

Padrao Generalizacao>>60

calculado>>0.197160 desejado>>0.200000 Erro>>0.000004034

Padrao Generalizacao>>61

calculado>>0.212277 desejado>>0.200000 Erro>>0.000075359

Padrao Generalizacao>>62

calculado>>0.248067 desejado>>0.200000 Erro>>0.001155232

Padrao Generalizacao>>63

calculado>>0.237750 desejado>>0.200000 Erro>>0.000712541

Padrao Generalizacao>>64

calculado>>0.220396 desejado>>0.200000 Erro>>0.000207993

Padrao Generalizacao>>65

calculado>>0.273317 desejado>>0.300000 Erro>>0.000355985

Padrao Generalizacao>>66

calculado>>0.303828 desejado>>0.300000 Erro>>0.000007325

Padrao Generalizacao>>67

calculado>>0.247758 desejado>>0.300000 Erro>>0.001364607

Padrao Generalizacao>>68

calculado>>0.301560 desejado>>0.300000 Erro>>0.000001217

Padrao Generalizacao>>69

calculado>>0.256951 desejado>>0.300000 Erro>>0.000926598

Padrao Generalizacao>>70

calculado>>0.251876 desejado>>0.300000 Erro>>0.001157968

Padrao Generalizacao>>71

calculado>>0.284652 desejado>>0.300000 Erro>>0.000117784

Padrao Generalizacao>>72

calculado>>0.288238 desejado>>0.300000 Erro>>0.000069171

Padrao Generalizacao>>73

calculado>>0.281251 desejado>>0.300000 Erro>>0.000175764

Padrao Generalizacao>>74

calculado>>0.314284 desejado>>0.300000 Erro>>0.000102018

Padrao Generalizacao>>75

calculado>>0.279923 desejado>>0.300000 Erro>>0.000201538

Padrao Generalizacao>>76

calculado>>0.277813 desejado>>0.300000 Erro>>0.000246129

Padrao Generalizacao>>77

calculado>>0.337449 desejado>>0.300000 Erro>>0.000701198

Padrao Generalizacao>>78

calculado>>0.348420 desejado>>0.300000 Erro>>0.001172255

Padrao Generalizacao>>79

calculado>>0.308082 desejado>>0.300000 Erro>>0.000032656

Padrao Generalizacao>>80

calculado>>0.305421 desejado>>0.300000 Erro>>0.000014694

Padrao Generalizacao>>81

calculado>>0.278979 desejado>>0.300000 Erro>>0.000220949

Padrao Generalizacao>>82

calculado>>0.220706 desejado>>0.300000 Erro>>0.003143778

Padrao Generalizacao>>83

calculado>>0.272235 desejado>>0.300000 Erro>>0.000385460

Padrao Generalizacao>>84

calculado>>0.238750 desejado>>0.300000 Erro>>0.001875807

Padrao Generalizacao>>85

calculado>>0.251871 desejado>>0.300000 Erro>>0.001158221

Padrao Generalizacao>>86

calculado>>0.272307 desejado>>0.300000 Erro>>0.000383456

Padrao Generalizacao>>87

calculado>>0.252106 desejado>>0.300000 Erro>>0.001146917

Padrao Generalizacao>>88

calculado>>0.328795 desejado>>0.300000 Erro>>0.000414563

Erro Medio Quadratico>> 0.000004803

Após o treinamento da rede, caso o erro médio quadrático esteja em um nível satisfatório, ela poderá testar a generalização com dados que não foram utilizados no treinamento. São apresentados novos padrões na entrada da rede, assim, sendo processadas nas camadas intermediárias e de saída sendo os valores generalizados na camada de saída, como no treinamento, mas sem a retro propagação do erro. O estudo de generalização é bastante importante pois indica se a rede é capaz de predizer um padrão corretamente, sem que o mesmo tenha sido apresentado na etapa de treinamento da RNA. Abaixo há um teste de generalização:

Teste de Generalização

Padrao Testes>>0

calculado>>0.137051 desejado>>0.100000 Erro>>0.000686391

Padrao Testes>>1

calculado>>0.115348 desejado>>0.100000 Erro>>0.000117781

Padrao Testes>>2

calculado>>0.144216 desejado>>0.100000 Erro>>0.000977548

Padrao Testes>>3

calculado>>0.113915 desejado>>0.100000 Erro>>0.000096817

Padrao Testes>>4

calculado>>0.124050 desejado>>0.100000 Erro>>0.000289193

Padrao Testes>>5

calculado>>0.150902 desejado>>0.100000 Erro>>0.001295502

Padrao Testes>>6

calculado>>0.145686 desejado>>0.100000 Erro>>0.001043607

Padrao Testes>>7

calculado>>0.129005 desejado>>0.100000 Erro>>0.000420632

Padrao Testes>>8

calculado>>0.125807 desejado>>0.100000 Erro>>0.000332999

Padrao Testes>>9

calculado>>0.132489 desejado>>0.100000 Erro>>0.000527760

Padrao Testes>>10

calculado>>0.144607 desejado>>0.100000 Erro>>0.000994878

Padrao Testes>>11

calculado>>0.160069 desejado>>0.100000 Erro>>0.001804170

Padrao Testes>>12

calculado>>0.109969 desejado>>0.100000 Erro>>0.000049690

Padrao Testes>>13

calculado>>0.168915 desejado>>0.100000 Erro>>0.002374620

Padrao Testes>>14

calculado>>0.148370 desejado>>0.100000 Erro>>0.001169851

Padrao Testes>>15

calculado>>0.131456 desejado>>0.100000 Erro>>0.000494734

Padrao Testes>>16

calculado>>0.105590 desejado>>0.100000 Erro>>0.000015625

Padrao Testes>>17

calculado>>0.149949 desejado>>0.100000 Erro>>0.001247468

Padrao Testes>>18

calculado>>0.115692 desejado>>0.100000 Erro>>0.000123117

Padrao Testes>>19

calculado>>0.086694 desejado>>0.100000 Erro>>0.000088526

Padrao Testes>>20

calculado>>0.084943 desejado>>0.100000 Erro>>0.000113356

Padrao Testes>>21

calculado>>0.100112 desejado>>0.100000 Erro>>0.000000006

Padrao Testes>>22

calculado>>0.084795 desejado>>0.100000 Erro>>0.000115593

Padrao Testes>>23

calculado>>0.104091 desejado>>0.100000 Erro>>0.000008367

Padrao Testes>>24

calculado>>0.124507 desejado>>0.100000 Erro>>0.000300287

Padrao Testes>>25

calculado>>0.143088 desejado>>0.100000 Erro>>0.000928281

Padrao Testes>>26

calculado>>0.140276 desejado>>0.100000 Erro>>0.000811060

Padrao Testes>>27

calculado>>0.107548 desejado>>0.100000 Erro>>0.000028487

Padrao Testes>>28

calculado>>0.129751 desejado>>0.100000 Erro>>0.000442565

Padrao Testes>>29

calculado>>0.180416 desejado>>0.200000 Erro>>0.000191771

Padrao Testes>>30

calculado>>0.186513 desejado>>0.200000 Erro>>0.000090950

Padrao Testes>>31

calculado>>0.323521 desejado>>0.200000 Erro>>0.007628674

Padrao Testes>>32

calculado>>0.197450 desejado>>0.200000 Erro>>0.000003252

Padrao Testes>>33

calculado>>0.231891 desejado>>0.200000 Erro>>0.000508511

Padrao Testes>>34

calculado>>0.202449 desejado>>0.200000 Erro>>0.000003000

Padrao Testes>>35

calculado>>0.211481 desejado>>0.200000 Erro>>0.000065908

Padrao Testes>>36

calculado>>0.207852 desejado>>0.200000 Erro>>0.000030828

Padrao Testes>>37

calculado>>0.186135 desejado>>0.200000 Erro>>0.000096116

Padrao Testes>>38

calculado>>0.235782 desejado>>0.200000 Erro>>0.000640181

Padrao Testes>>39

calculado>>0.174144 desejado>>0.200000 Erro>>0.000334273

Padrao Testes>>40

calculado>>0.167489 desejado>>0.200000 Erro>>0.000528480

Padrao Testes>>41

calculado>>0.188602 desejado>>0.200000 Erro>>0.000064957

Padrao Testes>>42

calculado>>0.232073 desejado>>0.200000 Erro>>0.000514339

Padrao Testes>>43

calculado>>0.198156 desejado>>0.200000 Erro>>0.000001700

Padrao Testes>>44

calculado>>0.195284 desejado>>0.200000 Erro>>0.000011119

Padrao Testes>>45

calculado>>0.223747 desejado>>0.200000 Erro>>0.000281958

Padrao Testes>>46

calculado>>0.228667 desejado>>0.200000 Erro>>0.000410911

Padrao Testes>>47

calculado>>0.158179 desejado>>0.200000 Erro>>0.000874489

Padrao Testes>>48

calculado>>0.224773 desejado>>0.200000 Erro>>0.000306844

Padrao Testes>>49

calculado>>0.191175 desejado>>0.200000 Erro>>0.000038937

Padrao Testes>>50

calculado>>0.201017 desejado>>0.200000 Erro>>0.000000517

Padrao Testes>>51

calculado>>0.197318 desejado>>0.200000 Erro>>0.000003598

Padrao Testes>>52

calculado>>0.187945 desejado>>0.200000 Erro>>0.000072665

Padrao Testes>>53

calculado>>0.233858 desejado>>0.200000 Erro>>0.000573182

Padrao Testes>>54

calculado>>0.197670 desejado>>0.200000 Erro>>0.000002715

Padrao Testes>>55

calculado>>0.189298 desejado>>0.200000 Erro>>0.000057269

Padrao Testes>>56

calculado>>0.177895 desejado>>0.200000 Erro>>0.000244313

Padrao Testes>>57

calculado>>0.192396 desejado>>0.200000 Erro>>0.000028914

Padrao Testes>>58

calculado>>0.220630 desejado>>0.200000 Erro>>0.000212791

Padrao Testes>>59

calculado>>0.194284 desejado>>0.200000 Erro>>0.000016338

Padrao Testes>>60

calculado>>0.197160 desejado>>0.200000 Erro>>0.000004034

Padrao Testes>>61

calculado>>0.212277 desejado>>0.200000 Erro>>0.000075359

Padrao Testes>>62

calculado>>0.248067 desejado>>0.200000 Erro>>0.001155232

Padrao Testes>>63

calculado>>0.237750 desejado>>0.200000 Erro>>0.000712541

Padrao Testes>>64

calculado>>0.220396 desejado>>0.200000 Erro>>0.000207993

Padrao Testes>>65

calculado>>0.273317 desejado>>0.300000 Erro>>0.000355985

Padrao Testes>>66

calculado>>0.303828 desejado>>0.300000 Erro>>0.000007325

Padrao Testes>>67

calculado>>0.247758 desejado>>0.300000 Erro>>0.001364607

Padrao Testes>>68

calculado>>0.301560 desejado>>0.300000 Erro>>0.000001217

Padrao Testes>>69

calculado>>0.256951 desejado>>0.300000 Erro>>0.000926598

Padrao Testes>>70

calculado>>0.251876 desejado>>0.300000 Erro>>0.001157968

Padrao Testes>>71

calculado>>0.284652 desejado>>0.300000 Erro>>0.000117784

Padrao Testes>>72

calculado>>0.288238 desejado>>0.300000 Erro>>0.000069171

Padrao Testes>>73

calculado>>0.281251 desejado>>0.300000 Erro>>0.000175764

Padrao Testes>>74

calculado>>0.314284 desejado>>0.300000 Erro>>0.000102018

Padrao Testes>>75

calculado>>0.279923 desejado>>0.300000 Erro>>0.000201538

Padrao Testes>>76

calculado>>0.277813 desejado>>0.300000 Erro>>0.000246129

Padrao Testes>>77

calculado>>0.337449 desejado>>0.300000 Erro>>0.000701198

Padrao Testes>>78

calculado>>0.348420 desejado>>0.300000 Erro>>0.001172255

Padrao Testes>>79

calculado>>0.308082 desejado>>0.300000 Erro>>0.000032656

Padrao Testes>>80

calculado>>0.305421 desejado>>0.300000 Erro>>0.000014694

Padrao Testes>>81

calculado>>0.278979 desejado>>0.300000 Erro>>0.000220949

Padrao Testes>>82

calculado>>0.220706 desejado>>0.300000 Erro>>0.003143778

Padrao Testes>>83

calculado>>0.272235 desejado>>0.300000 Erro>>0.000385460

Padrao Testes>>84

calculado>>0.238750 desejado>>0.300000 Erro>>0.001875807

Padrao Testes>>85

calculado>>0.251871 desejado>>0.300000 Erro>>0.001158221

Padrao Testes>>86

calculado>>0.272307 desejado>>0.300000 Erro>>0.000383456

Padrao Testes>>87

calculado>>0.252106 desejado>>0.300000 Erro>>0.001146917

Padrao Testes>>88

calculado>>0.328795 desejado>>0.300000 Erro>>0.000414563

**4.1.5** *Testes intermediários com arquitetura de rede recorrente*

Realizaram-se outras simulações utilizando-se a RNA recorrente que implementa o algoritmo *backpropagation through time*, como as simulações com esse algoritmo apresentaram melhores resultados que o *backpropagation* direto, então o mesmo foi utilizado para realizar as simulações com outros *datasets.*

O algoritmo *backpropagation through time* possui a arquitetura de rede recorrente em que, diferente do *backpropagation direto*, a saída depende das entradas e de seu valor atual.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Treino**  **k-fold** | **Teste**  **k-fold** | **Erros** | **Acertos** | **Neurônios**  **Da**  **Camada**  **Intermediária** | **Taxa**  **Aprendizado** | **Épocas** | **Acertos**  **%** | **Acurácia** | **Media**  **Acertos**  **%** |
| D1 | D2 | 15 | 74 | 9 | 0,9 | 200000 | 83.15 | 0,83146 | 87,64 |
| D2 | D1 | 7 | 82 | 9 | 0,9 | 200000 | 92.13 | 0,92135 |
| D1 | D2 | 12 | 77 | 9 | 0,9 | 300000 | 86.52 | 0,86517 | 88,205 |
| D2 | D1 | 9 | 80 | 9 | 0,9 | 300000 | 89.89 | 0,89888 |
|  | | | | | | | | | |
| D1 | D2 | 8 | 81 | 9 | 0,9 | 200000 | 91.01% | 0,910112 | 93,26 |
| D2 | D1 | 4 | 85 | 9 | 0,9 | 200000 | 95.51% | 0,955056 |
| D1 | D2 | 6 | 83 | 9 | 0,9 | 300000 | 93.26% | 0,932584 | 93,8 |
| D2 | D1 | 5 | 84 | 9 | 0,9 | 300000 | 94.38% | 0,94382 |

Tabela 5 – Resultados de classificação e parâmetros de simulação obtidos para o *dataset Wine* para o algoritmo *backpropagation* direto (parte de superior a barra vermelha) e *backpropagation through time* (parte inferior a barra vermelha).

Visto que todos os resultados melhoraram utilizando a rede recorrente, foi decidido a utilização da mesma arquitetura de rede para o próximo *dataset*. Em uma breve comparação, com base na Tabela 5, pode-se observar que o melhor pior e melhor resultado utilizando o *backpropagation* direto são, respectivamente, 83,15% e 92,13% de acertos. Quando foi utilizado o *backpropagation through time* o pior e melhor resultado obtiveram, respectivamente, 91,01% e 95,51% de acertos.

**4.2 Car evaluation**

**4.2.1** *Obtenção e descrição da base de dados*

O segundo o *dataset* escolhido para a realização das simulações foi o Car Evaluation. Este *dataset* foi obtido do repositório: [https://archive.ics.uci.edu/ml/*dataset*s/car+evaluation](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/car+evaluation). A arquitetura de RNA utilizada foi uma rede recorrente que implementa o algoritmo *backpropagation through time*.

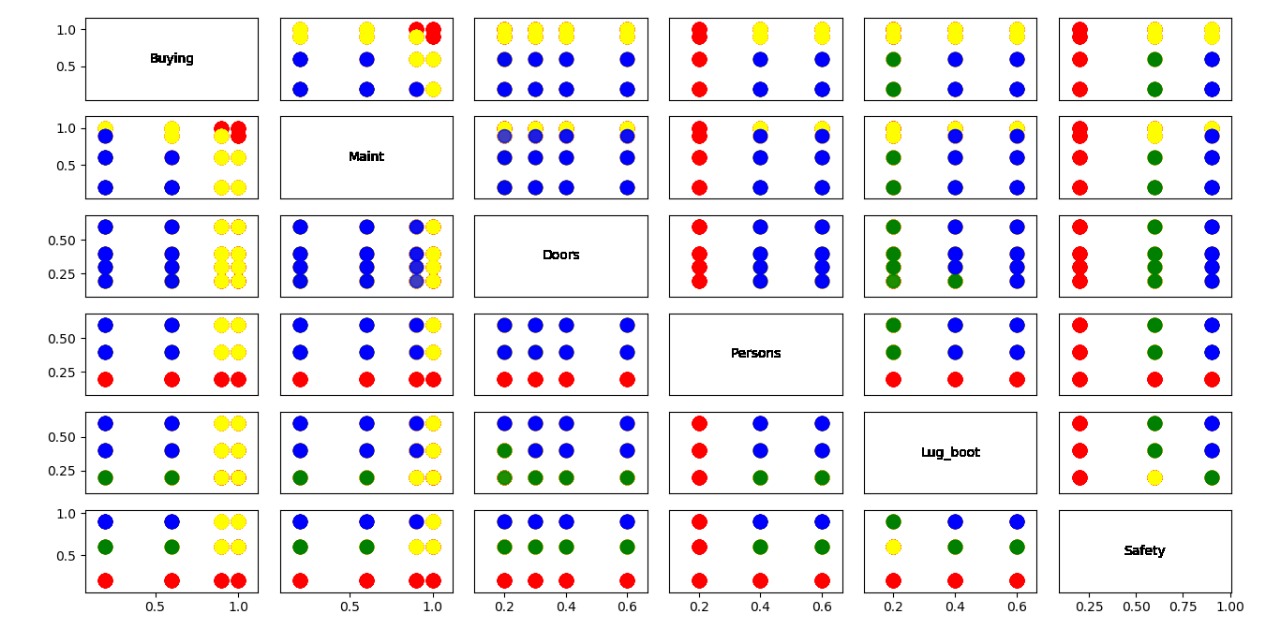
Os dados, desse dataset, são derivados de um modelo de decisão hierárquico retirados do artigo (Bohanec & Rajkovic, 1990) sobre aprendizado sobre aquisições e decisões com múltiplas variáveis. São avaliados 6 atributos e o resultado é a aceitabilidade do carro. Cada instância pertence a uma das 4 classes possíveis: inaceitável, aceitável, bom e muito bom.

Existem 1728 atributos no total no *dataset*, sendo que 1210 pertencentes a classe inaceitável, 384 pertencem a classe aceitável, 69 são bons e 65 são muito bons. Foi utilizada a técnica “*k-fold cross validation”* (k=4) para divisão randômica dos dados. Para melhor compreensão das etapas desenvolvidas é importante descrever os dados que compõem o *dataset Car Evaluation*. A Tabela 6, apresenta os atributos que compõe os registros.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atributos** | | | | |
| **1** | Preço de compra (buying) | | | |
| **2** | Preço de manutenção (maint) | | | |
| **3** | Conforto (doors) | | | |
| **4** | Número de portas (persons) | | | |
| **5** | Capacidade de pessoas (lug\_boot) | | | |
| **6** | Tamanho do assento (safety) | | | |
| **Classes** | | | | |
| Inaceitável ( Unacc) | | Aceitável (Acc) | Bom (Good) | Muito bom (V-good) |

Tabela 6 –Descrição dos atributos do *dataset Car Evaluation*.

A matriz de dispersão abaixo avalia as relações entre todos os pares de variáveis possíveis das entradas, onde os pontos vermelhos representam “Inaceitável”, amarelos representam “Aceitável”, verdes representam “Bom” e azuis representam “Muito bom”.



**Figura 2 -**  Matriz de dispersão das variáveis de entrada do *Dataset Car Evaluation*.

**4.2.2** *Pré-processamento e transformação dos dados*

Para que os dados ficassem adequados para o processamento foi realizada a normalização dos dados. Diferente do *dataset* anterior, esse possuía valores do tipo texto, porém o algoritmo aceita apenas dados que estão entre o intervalo [0,1] e para que isso ocorresse houve uma adaptação desses valores. Os valores foram adaptados de acordo com a tabela abaixo:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Atributos** | **Valores** | | | |
| **Buying** | v-high (1.0), high (0.9), med (0.6), low (0.2) | | | |
| **Maint** | v-high (1.0) , high (0.9), med (0.6), low (0.2) | | | |
| **Doors** | v-high (1.0) , high (0.9), med (0.6), low (0.2) | | | |
| **Persons** | 2 (0.2), 4 (0.4), more (0.6) | | | |
| **Lug\_boot** | small (0.2), med (0.4), big (0.6) | | | |
| **Safety** | low (0.2), med (0.6), high (0.9) | | | |
| **Classes** | | | | |
| Unacc (0.0) | | Acc (0.3) | Good (0.6) | V-good (0.9) |

Tabela 7 – Descrição da adaptação dos dados.

Assim como o *dataset* anterior, este utilizou o protótipo desenvolvido em Python para que os dados fossem normalizados e ficasse formato adequado para treinamento.

**4.2.3** *Treinamento e testes das redes neurais*

Da mesma forma do *dataset* anterior, este utilizou a técnica de validação cruzada “*K-Fold*” e para aplicar esta técnica foi utilizado o valor de k=4, ou seja, os 1728 registros que existem no *dataset*, foram divididos 4 subgrupos (D1, D2, D3, D4), cada um com 432 registros.

Em cada iteração do método de validação cruzada, ilustrada em cada linha da tabela 8, utilizaram-se para treino de cada rede neural os parâmetros que estão destacados na coluna 5 (número de neurônios na camada intermediaria), na coluna 6 (taxa de aprendizado), na coluna 7 (número de épocas de treinamento da rede neural). As colunas 3,4,6,8 e 9 apresentam-se os resultados dos testes das redes neurais. Na coluna 3 apresentam-se número de instâncias classificadas incorretamente, na coluna 4 a quantidade de instâncias classificadas corretamente, na coluna 8 apresentam-se as taxas de acertos, na coluna 10 a média total de acertos.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Treino**  **k-fold** | **Teste**  **k-fold** | **Erros** | **Acertos** | **Neurônios**  **Da**  **Camada**  **Intermediária** | **Taxa**  **Aprendizado** | **Épocas** | **Acertos**  **%** | **Acurácia** | **Media**  **Acertos**  **%** |
| **D1** | **D2** | 28 | 404 | 10 | 0,9 | 400000 | 93.52 | 0.935185 | 93,3666 |
| **D3** | 35 | 397 | 10 | 0,9 | 400000 | 91.90 | 0.918981 |
| **D4** | 23 | 409 | 10 | 0,9 | 400000 | 94.68 | 0.946759 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **D2** | **D1** | 27 | 405 | 10 | 0,9 | 400000 | 93.75 | 0.9375 | 95,1366 |
| **D3** | 18 | 414 | 10 | 0,9 | 400000 | 95.83 | 0.958333 |
| **D4** | 18 | 414 | 10 | 0,9 | 400000 | 95.83 | 0.958333 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **D3** | **D1** | 30 | 402 | 10 | 0,9 | 400000 | 93.06 | 0.930556 | 93,5966 |
| **D2** | 28 | 404 | 10 | 0,9 | 400000 | 93.52 | 0.935185 |
| **D4** | 25 | 407 | 10 | 0,9 | 400000 | 94.21 | 0.94213 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **D4** | **D1** | 28 | 404 | 10 | 0,9 | 400000 | 93.52 | 0.935185 | 92,7466 |
| **D2** | 35 | 397 | 10 | 0,9 | 400000 | 91.90 | 0.918981 |
| **D3** | 31 | 401 | 10 | 0,9 | 400000 | 92.82 | 0.928241 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Tabela 8 – Resultados de classificação e parâmetros de simulação obtidos para o *dataset Car Evaluation*.

Os testes foram feitos estimando parâmetros de forma aleatória, à medida que a rede respondia a cada alteração dos parâmetros, eram avaliados os resultados até ser obtida a melhor combinação de parâmetros para os quais a rede neural apresentava a maior taxa de acertos, sendo esses registrados na tabela 8. Variou-se, por exemplo, o número de neurônios na camada intermediária e os demais parâmetros foram mantidos constantes, o que se observou foi que o treinamento da rede convergia mais rápido quando se estipulou o valor 10 para o número de neurônios na camada intermediária. Para o número de épocas inicialmente foi utilizando o valor de 300000, porém utilizando 400000 houve melhora em todos os resultados e esse valor foi escolhido, ainda na tentativa de melhorar os resultados foram utilizados os valores de 450000 e 500000 porém os resultados foram piorando, em virtude disso o valor de 400000 foi mantido.

Para as simulações desse *dataset*, os melhores resultados foram obtidos utilizando os seguintes parâmetros: número de neurônios na camada de entrada=7, número de neurônio na camada intermediária=10, números de neurônios na camada de saída=1, taxa de aprendizado=0.9, número de épocas de treinamento=400000, erro médio quadrático=0.0001. Após o treinamento de cada rede neural, a mesma foi utilizada para testar a generalização com dados que não foram utilizados no treinamento. O estudo de generalização é bastante importante pois revela-se se a rede tem a capacidade de predizer um padrão corretamente, sem que o mesmo tenha sido apresentado para a mesma durante o treinamento.

Na tabela 8 é apresentada a porcentagem de acertos obtidos durante a validação. Diante disso, é visto que o pior e melhor resultado são, respectivamente, 91,90% e 95,1366%. O melhor resultado utilizou a base D2 para treino e as restantes (D1, D3, D4) para testes. No geral a média foi de 93,7116%, ou seja, houveram menos de 7% de erros durante a fase de validação. Abaixo está uma parte do treinamento desta rede:

Padrao Generalizacao>>0

calculado>>0.00133557 desejado>>0 Erro>>8.91872e-007

Padrao Generalizacao>>1

calculado>>0.000803045 desejado>>0 Erro>>3.22441e-007

Padrao Generalizacao>>2

calculado>>0.00205978 desejado>>0 Erro>>2.12134e-006

Padrao Generalizacao>>3

calculado>>0.00693569 desejado>>0 Erro>>2.40519e-005

Padrao Generalizacao>>4

calculado>>0.00312356 desejado>>0 Erro>>4.87831e-006

Padrao Generalizacao>>5

calculado>>0.0130013 desejado>>0 Erro>>8.45168e-005

Padrao Generalizacao>>6

calculado>>0.052381 desejado>>0 Erro>>0.00137188

Padrao Generalizacao>>7

calculado>>0.00159921 desejado>>0 Erro>>1.27873e-006

Padrao Generalizacao>>8

calculado>>0.00179365 desejado>>0 Erro>>1.60859e-006

Padrao Generalizacao>>9

calculado>>0.00458588 desejado>>0 Erro>>1.05152e-005

Padrao Generalizacao>>10

calculado>>0.00237413 desejado>>0 Erro>>2.81824e-006

Padrao Generalizacao>>11

calculado>>0.0083126 desejado>>0 Erro>>3.45496e-005

Padrao Generalizacao>>12

calculado>>0.0335437 desejado>>0 Erro>>0.00056259

Padrao Generalizacao>>13

calculado>>0.000831577 desejado>>0 Erro>>3.4576e-007

Padrao Generalizacao>>14

calculado>>0.00129406 desejado>>0 Erro>>8.37301e-007

Padrao Generalizacao>>15

calculado>>0.00376454 desejado>>0 Erro>>7.0859e-006

Padrao Generalizacao>>16

calculado>>0.00159149 desejado>>0 Erro>>1.26642e-006

Padrao Generalizacao>>17

calculado>>0.00643435 desejado>>0 Erro>>2.07004e-005

Padrao Generalizacao>>18

calculado>>0.0217665 desejado>>0 Erro>>0.000236889

Padrao Generalizacao>>19

calculado>>0.0153488 desejado>>0 Erro>>0.000117793

Padrao Generalizacao>>20

calculado>>0.00133554 desejado>>0 Erro>>8.91836e-007

Padrao Generalizacao>>21

calculado>>0.00278961 desejado>>0 Erro>>3.89096e-006

Padrao Generalizacao>>22

calculado>>0.00110297 desejado>>0 Erro>>6.08272e-007

Padrao Generalizacao>>23

calculado>>0.00444338 desejado>>0 Erro>>9.87183e-006

Padrao Generalizacao>>24

calculado>>0.0182258 desejado>>0 Erro>>0.00016609

Padrao Generalizacao>>25

calculado>>0.00932668 desejado>>0 Erro>>4.34935e-005

Padrao Generalizacao>>26

calculado>>0.0336568 desejado>>0 Erro>>0.000566389

Padrao Generalizacao>>27

calculado>>0.00396794 desejado>>0 Erro>>7.87228e-006

Padrao Generalizacao>>28

calculado>>0.000982669 desejado>>0 Erro>>4.82819e-007

Padrao Generalizacao>>29

calculado>>0.00291088 desejado>>0 Erro>>4.23662e-006

Padrao Generalizacao>>30

calculado>>0.0112861 desejado>>0 Erro>>6.36881e-005

Padrao Generalizacao>>31

calculado>>0.00513953 desejado>>0 Erro>>1.32074e-005

Padrao Generalizacao>>32

calculado>>0.0212314 desejado>>0 Erro>>0.000225387

Padrao Generalizacao>>33

calculado>>0.083037 desejado>>0 Erro>>0.00344757

Padrao Generalizacao>>34

calculado>>0.00477741 desejado>>0 Erro>>1.14118e-005

Padrao Generalizacao>>35

calculado>>0.00265008 desejado>>0 Erro>>3.51147e-006

Padrao Generalizacao>>36

calculado>>0.00726788 desejado>>0 Erro>>2.64111e-005

Padrao Generalizacao>>37

calculado>>0.00355885 desejado>>0 Erro>>6.33271e-006

Padrao Generalizacao>>38

calculado>>0.0133013 desejado>>0 Erro>>8.84626e-005

Padrao Generalizacao>>39

calculado>>0.0543563 desejado>>0 Erro>>0.0014773

Padrao Generalizacao>>40

calculado>>0.00153414 desejado>>0 Erro>>1.17679e-006

Padrao Generalizacao>>41

calculado>>0.00167804 desejado>>0 Erro>>1.40791e-006

Padrao Generalizacao>>42

calculado>>0.00577264 desejado>>0 Erro>>1.66617e-005

Padrao Generalizacao>>43

calculado>>0.00218134 desejado>>0 Erro>>2.37912e-006

Padrao Generalizacao>>44

calculado>>0.0100289 desejado>>0 Erro>>5.02892e-005

Padrao Generalizacao>>45

calculado>>0.0359646 desejado>>0 Erro>>0.000646725

Padrao Generalizacao>>46

calculado>>0.032205 desejado>>0 Erro>>0.00051858

Padrao Generalizacao>>47

calculado>>0.00258279 desejado>>0 Erro>>3.3354e-006

Padrao Generalizacao>>48

calculado>>0.00417102 desejado>>0 Erro>>8.69872e-006

Padrao Generalizacao>>49

calculado>>0.00136281 desejado>>0 Erro>>9.28623e-007

Padrao Generalizacao>>50

calculado>>0.00658843 desejado>>0 Erro>>2.17037e-005

Padrao Generalizacao>>51

calculado>>0.0294242 desejado>>0 Erro>>0.000432892

Padrao Generalizacao>>52

calculado>>0.0185175 desejado>>0 Erro>>0.000171449

Padrao Generalizacao>>53

calculado>>0.0559743 desejado>>0 Erro>>0.00156656

Padrao Generalizacao>>54

calculado>>0.0273215 desejado>>0 Erro>>0.000373231

Padrao Generalizacao>>55

calculado>>0.00409856 desejado>>0 Erro>>8.39911e-006

Padrao Generalizacao>>56

calculado>>0.00991693 desejado>>0 Erro>>4.91728e-005

Padrao Generalizacao>>57

calculado>>0.0134814 desejado>>0 Erro>>9.08741e-005

Padrao Generalizacao>>58

calculado>>0.0628816 desejado>>0 Erro>>0.00197705

Padrao Generalizacao>>59

calculado>>0.0354928 desejado>>0 Erro>>0.000629871

Padrao Generalizacao>>60

calculado>>0.00559912 desejado>>0 Erro>>1.5675e-005

Padrao Generalizacao>>61

calculado>>0.0110251 desejado>>0 Erro>>6.07761e-005

Padrao Generalizacao>>62

calculado>>0.0140604 desejado>>0 Erro>>9.88469e-005

Padrao Generalizacao>>63

calculado>>0.000854506 desejado>>0 Erro>>3.65091e-007

Padrao Generalizacao>>64

calculado>>0.00400417 desejado>>0 Erro>>8.01667e-006

Padrao Generalizacao>>65

calculado>>0.0214249 desejado>>0 Erro>>0.000229512

Padrao Generalizacao>>66

calculado>>0.0143508 desejado>>0 Erro>>0.000102973

Padrao Generalizacao>>67

calculado>>0.0354571 desejado>>0 Erro>>0.000628603

Padrao Generalizacao>>68

calculado>>0.00308726 desejado>>0 Erro>>4.76558e-006

Padrao Generalizacao>>69

calculado>>0.00781703 desejado>>0 Erro>>3.0553e-005

Padrao Generalizacao>>70

calculado>>0.0048595 desejado>>0 Erro>>1.18074e-005

Padrao Generalizacao>>71

calculado>>0.0163227 desejado>>0 Erro>>0.000133216

Padrao Generalizacao>>72

calculado>>0.0272688 desejado>>0 Erro>>0.000371793

Padrao Generalizacao>>73

calculado>>0.00762959 desejado>>0 Erro>>2.91053e-005

Padrao Generalizacao>>74

calculado>>0.021828 desejado>>0 Erro>>0.000238232

Padrao Generalizacao>>75

calculado>>0.0207142 desejado>>0 Erro>>0.000214538

Padrao Generalizacao>>76

calculado>>0.0706867 desejado>>0 Erro>>0.0024983

Padrao Generalizacao>>77

calculado>>0.0863979 desejado>>0 Erro>>0.0037323

Padrao Generalizacao>>78

calculado>>0.0357688 desejado>>0 Erro>>0.000639702

Padrao Generalizacao>>79

calculado>>0.040169 desejado>>0 Erro>>0.000806773

Padrao Generalizacao>>80

calculado>>0.0276687 desejado>>0 Erro>>0.000382778

Padrao Generalizacao>>81

calculado>>0.00218312 desejado>>0 Erro>>2.38302e-006

Padrao Generalizacao>>82

calculado>>0.00825275 desejado>>0 Erro>>3.40539e-005

Padrao Generalizacao>>83

calculado>>0.0463368 desejado>>0 Erro>>0.00107355

Padrao Generalizacao>>84

calculado>>0.024812 desejado>>0 Erro>>0.000307818

Padrao Generalizacao>>85

calculado>>0.0265466 desejado>>0 Erro>>0.000352361

Padrao Generalizacao>>86

calculado>>0.00303802 desejado>>0 Erro>>4.61479e-006

Padrao Generalizacao>>87

calculado>>0.010802 desejado>>0 Erro>>5.83417e-005

Padrao Generalizacao>>88

calculado>>0.00543309 desejado>>0 Erro>>1.47592e-005

Padrao Generalizacao>>89

calculado>>0.0100218 desejado>>0 Erro>>5.02179e-005

Padrao Generalizacao>>90

calculado>>0.0016596 desejado>>0 Erro>>1.37713e-006

Padrao Generalizacao>>91

calculado>>0.000798995 desejado>>0 Erro>>3.19197e-007

Padrao Generalizacao>>92

calculado>>0.00209473 desejado>>0 Erro>>2.19394e-006

Padrao Generalizacao>>93

calculado>>0.00723418 desejado>>0 Erro>>2.61667e-005

Padrao Generalizacao>>94

calculado>>0.0031757 desejado>>0 Erro>>5.04255e-006

Padrao Generalizacao>>95

calculado>>0.0134196 desejado>>0 Erro>>9.00425e-005

Padrao Generalizacao>>96

calculado>>0.0548415 desejado>>0 Erro>>0.0015038

Padrao Generalizacao>>97

calculado>>0.00169797 desejado>>0 Erro>>1.44155e-006

Padrao Generalizacao>>98

calculado>>0.00182483 desejado>>0 Erro>>1.665e-006

Padrao Generalizacao>>99

calculado>>0.00475203 desejado>>0 Erro>>1.12909e-005

Padrao Generalizacao>>100

calculado>>0.00239095 desejado>>0 Erro>>2.85831e-006

Padrao Generalizacao>>101

calculado>>0.00853427 desejado>>0 Erro>>3.64169e-005

Padrao Generalizacao>>102

calculado>>0.0350164 desejado>>0 Erro>>0.000613073

Padrao Generalizacao>>103

calculado>>0.000842381 desejado>>0 Erro>>3.54803e-007

Padrao Generalizacao>>104

calculado>>0.00130101 desejado>>0 Erro>>8.4631e-007

Padrao Generalizacao>>105

calculado>>0.00390721 desejado>>0 Erro>>7.63314e-006

Padrao Generalizacao>>106

calculado>>0.0015827 desejado>>0 Erro>>1.25247e-006

Padrao Generalizacao>>107

calculado>>0.00659681 desejado>>0 Erro>>2.1759e-005

Padrao Generalizacao>>108

calculado>>0.0226663 desejado>>0 Erro>>0.000256881

Padrao Generalizacao>>109

calculado>>0.0159422 desejado>>0 Erro>>0.000127076

Padrao Generalizacao>>110

calculado>>0.00135144 desejado>>0 Erro>>9.13193e-007

Padrao Generalizacao>>111

calculado>>0.00286454 desejado>>0 Erro>>4.1028e-006

Padrao Generalizacao>>112

calculado>>0.00107379 desejado>>0 Erro>>5.7651e-007

Padrao Generalizacao>>113

calculado>>0.00450029 desejado>>0 Erro>>1.01263e-005

Padrao Generalizacao>>114

calculado>>0.0189963 desejado>>0 Erro>>0.000180429

Padrao Generalizacao>>115

calculado>>0.00954569 desejado>>0 Erro>>4.55601e-005

Padrao Generalizacao>>116

calculado>>0.0344486 desejado>>0 Erro>>0.000593353

Padrao Generalizacao>>117

calculado>>0.00420824 desejado>>0 Erro>>8.85466e-006

Padrao Generalizacao>>118

calculado>>0.000974039 desejado>>0 Erro>>4.74376e-007

Padrao Generalizacao>>119

calculado>>0.00295874 desejado>>0 Erro>>4.37708e-006

Padrao Generalizacao>>120

calculado>>0.00402106 desejado>>0 Erro>>8.08448e-006

Padrao Generalizacao>>121

calculado>>0.0211233 desejado>>0 Erro>>0.000223098

Padrao Generalizacao>>122

calculado>>0.00330885 desejado>>0 Erro>>5.47425e-006

Padrao Generalizacao>>123

calculado>>0.000985687 desejado>>0 Erro>>4.8579e-007

Padrao Generalizacao>>124

calculado>>0.00321778 desejado>>0 Erro>>5.17704e-006

Padrao Generalizacao>>125

calculado>>0.00431439 desejado>>0 Erro>>9.30698e-006

Padrao Generalizacao>>126

calculado>>0.000508063 desejado>>0 Erro>>1.29064e-007

Padrao Generalizacao>>127

calculado>>0.00164287 desejado>>0 Erro>>1.3495e-006

Padrao Generalizacao>>128

calculado>>0.00599449 desejado>>0 Erro>>1.7967e-005

Padrao Generalizacao>>129

calculado>>0.00357506 desejado>>0 Erro>>6.39053e-006

Padrao Generalizacao>>130

calculado>>0.0133038 desejado>>0 Erro>>8.84951e-005

Padrao Generalizacao>>131

calculado>>0.000862263 desejado>>0 Erro>>3.71749e-007

Padrao Generalizacao>>132

calculado>>0.00286457 desejado>>0 Erro>>4.10287e-006

Padrao Generalizacao>>133

calculado>>0.00202982 desejado>>0 Erro>>2.06009e-006

Padrao Generalizacao>>134

calculado>>0.00788722 desejado>>0 Erro>>3.11041e-005

Padrao Generalizacao>>135

calculado>>0.00683899 desejado>>0 Erro>>2.33859e-005

Padrao Generalizacao>>136

calculado>>0.00192888 desejado>>0 Erro>>1.8603e-006

Padrao Generalizacao>>137

calculado>>0.00921003 desejado>>0 Erro>>4.24123e-005

Padrao Generalizacao>>138

calculado>>0.0126918 desejado>>0 Erro>>8.0541e-005

Padrao Generalizacao>>139

calculado>>0.0615683 desejado>>0 Erro>>0.00189533

Padrao Generalizacao>>140

calculado>>0.0355526 desejado>>0 Erro>>0.000631992

Padrao Generalizacao>>141

calculado>>0.00544653 desejado>>0 Erro>>1.48324e-005

Padrao Generalizacao>>142

calculado>>0.0108638 desejado>>0 Erro>>5.90109e-005

Padrao Generalizacao>>143

calculado>>0.0133518 desejado>>0 Erro>>8.91346e-005

Padrao Generalizacao>>144

calculado>>0.000778007 desejado>>0 Erro>>3.02648e-007

Padrao Generalizacao>>145

calculado>>0.00391502 desejado>>0 Erro>>7.66368e-006

Padrao Generalizacao>>146

calculado>>0.0219183 desejado>>0 Erro>>0.000240206

Padrao Generalizacao>>147

calculado>>0.0139212 desejado>>0 Erro>>9.69006e-005

Padrao Generalizacao>>148

calculado>>0.0332428 desejado>>0 Erro>>0.000552541

Padrao Generalizacao>>149

calculado>>0.00266711 desejado>>0 Erro>>3.55673e-006

Padrao Generalizacao>>150

calculado>>0.00747353 desejado>>0 Erro>>2.79268e-005

Padrao Generalizacao>>151

calculado>>0.00445235 desejado>>0 Erro>>9.91173e-006

Padrao Generalizacao>>152

calculado>>0.014895 desejado>>0 Erro>>0.000110931

Padrao Generalizacao>>153

calculado>>0.02567 desejado>>0 Erro>>0.000329473

Padrao Generalizacao>>154

calculado>>0.00653689 desejado>>0 Erro>>2.13655e-005

Padrao Generalizacao>>155

calculado>>0.0196221 desejado>>0 Erro>>0.000192512

Padrao Generalizacao>>156

calculado>>0.0174226 desejado>>0 Erro>>0.000151774

Padrao Generalizacao>>157

calculado>>0.0631158 desejado>>0 Erro>>0.0019918

Padrao Generalizacao>>158

calculado>>0.0760496 desejado>>0 Erro>>0.00289177

Padrao Generalizacao>>159

calculado>>0.0260128 desejado>>0 Erro>>0.000338334

Padrao Generalizacao>>160

calculado>>0.0300111 desejado>>0 Erro>>0.000450332

Padrao Generalizacao>>161

calculado>>0.0195979 desejado>>0 Erro>>0.00019204

Padrao Generalizacao>>162

calculado>>0.00140149 desejado>>0 Erro>>9.8209e-007

Padrao Generalizacao>>163

calculado>>0.00739674 desejado>>0 Erro>>2.73559e-005

Padrao Generalizacao>>164

calculado>>0.0444088 desejado>>0 Erro>>0.000986069

Padrao Generalizacao>>165

calculado>>0.0212925 desejado>>0 Erro>>0.000226685

Padrao Generalizacao>>166

calculado>>0.0219781 desejado>>0 Erro>>0.000241519

Padrao Generalizacao>>167

calculado>>0.00232743 desejado>>0 Erro>>2.70848e-006

Padrao Generalizacao>>168

calculado>>0.00972325 desejado>>0 Erro>>4.72708e-005

Padrao Generalizacao>>169

calculado>>0.00470448 desejado>>0 Erro>>1.10661e-005

Padrao Generalizacao>>170

calculado>>0.00871195 desejado>>0 Erro>>3.7949e-005

Padrao Generalizacao>>171

calculado>>0.00175484 desejado>>0 Erro>>1.53974e-006

Padrao Generalizacao>>172

calculado>>0.000760815 desejado>>0 Erro>>2.8942e-007

Padrao Generalizacao>>173

calculado>>0.00218779 desejado>>0 Erro>>2.39321e-006

Padrao Generalizacao>>174

calculado>>0.0027677 desejado>>0 Erro>>3.83007e-006

Padrao Generalizacao>>175

calculado>>0.0144594 desejado>>0 Erro>>0.000104537

Padrao Generalizacao>>176

calculado>>0.00217253 desejado>>0 Erro>>2.35995e-006

Padrao Generalizacao>>177

calculado>>0.000782585 desejado>>0 Erro>>3.0622e-007

Padrao Generalizacao>>178

calculado>>0.00235767 desejado>>0 Erro>>2.7793e-006

Padrao Generalizacao>>179

calculado>>0.00293775 desejado>>0 Erro>>4.31519e-006

Padrao Generalizacao>>180

calculado>>0.000430652 desejado>>0 Erro>>9.27307e-008

Padrao Generalizacao>>181

calculado>>0.00129887 desejado>>0 Erro>>8.43537e-007

Padrao Generalizacao>>182

calculado>>0.00442627 desejado>>0 Erro>>9.79592e-006

Padrao Generalizacao>>183

calculado>>0.00242848 desejado>>0 Erro>>2.94877e-006

Padrao Generalizacao>>184

calculado>>0.00887529 desejado>>0 Erro>>3.93854e-005

Padrao Generalizacao>>185

calculado>>0.000626289 desejado>>0 Erro>>1.96119e-007

Padrao Generalizacao>>186

calculado>>0.002125 desejado>>0 Erro>>2.25781e-006

Padrao Generalizacao>>187

calculado>>0.00144336 desejado>>0 Erro>>1.04164e-006

Padrao Generalizacao>>188

calculado>>0.00529066 desejado>>0 Erro>>1.39955e-005

Padrao Generalizacao>>189

calculado>>0.00222318 desejado>>0 Erro>>2.47127e-006

Padrao Generalizacao>>190

calculado>>0.000869386 desejado>>0 Erro>>3.77916e-007

Padrao Generalizacao>>191

calculado>>0.00307071 desejado>>0 Erro>>4.71462e-006

Padrao Generalizacao>>192

calculado>>0.00394725 desejado>>0 Erro>>7.79041e-006

Padrao Generalizacao>>193

calculado>>0.0225317 desejado>>0 Erro>>0.00025384

Padrao Generalizacao>>194

calculado>>0.00382052 desejado>>0 Erro>>7.29817e-006

Padrao Generalizacao>>195

calculado>>0.000917208 desejado>>0 Erro>>4.20635e-007

Padrao Generalizacao>>196

calculado>>0.0033101 desejado>>0 Erro>>5.47838e-006

Padrao Generalizacao>>197

calculado>>0.00416094 desejado>>0 Erro>>8.65672e-006

Padrao Generalizacao>>198

calculado>>0.000433501 desejado>>0 Erro>>9.39617e-008

Padrao Generalizacao>>199

calculado>>0.00163522 desejado>>0 Erro>>1.33697e-006

Padrao Generalizacao>>200

calculado>>0.00682351 desejado>>0 Erro>>2.32802e-005

Padrao Generalizacao>>201

calculado>>0.00349399 desejado>>0 Erro>>6.10397e-006

Padrao Generalizacao>>202

calculado>>0.012788 desejado>>0 Erro>>8.17659e-005

Padrao Generalizacao>>203

calculado>>0.000729499 desejado>>0 Erro>>2.66084e-007

Padrao Generalizacao>>204

calculado>>0.00283785 desejado>>0 Erro>>4.02671e-006

Padrao Generalizacao>>205

calculado>>0.00178936 desejado>>0 Erro>>1.60091e-006

Padrao Generalizacao>>206

calculado>>0.00710544 desejado>>0 Erro>>2.52436e-005

Padrao Generalizacao>>207

calculado>>0.00720624 desejado>>0 Erro>>2.59649e-005

Padrao Generalizacao>>208

calculado>>0.00166914 desejado>>0 Erro>>1.39301e-006

Padrao Generalizacao>>209

calculado>>0.00341882 desejado>>0 Erro>>5.84418e-006

Padrao Generalizacao>>210

calculado>>0.071886 desejado>>0 Erro>>0.0025838

Padrao Generalizacao>>211

calculado>>0.0212953 desejado>>0 Erro>>0.000226745

Padrao Generalizacao>>212

calculado>>0.0221958 desejado>>0 Erro>>0.000246326

Padrao Generalizacao>>213

calculado>>0.00402759 desejado>>0 Erro>>8.11074e-006

Padrao Generalizacao>>214

calculado>>0.0146013 desejado>>0 Erro>>0.000106599

Padrao Generalizacao>>215

calculado>>0.010572 desejado>>0 Erro>>5.58841e-005

Padrao Generalizacao>>216

calculado>>0.00178042 desejado>>0 Erro>>1.58495e-006

Padrao Generalizacao>>217

calculado>>0.00319095 desejado>>0 Erro>>5.09109e-006

Padrao Generalizacao>>218

calculado>>0.0203891 desejado>>0 Erro>>0.000207857

Padrao Generalizacao>>219

calculado>>0.00127055 desejado>>0 Erro>>8.07154e-007

Padrao Generalizacao>>220

calculado>>0.00636727 desejado>>0 Erro>>2.0271e-005

Padrao Generalizacao>>221

calculado>>0.00574001 desejado>>0 Erro>>1.64739e-005

Padrao Generalizacao>>222

calculado>>0.000602714 desejado>>0 Erro>>1.81632e-007

Padrao Generalizacao>>223

calculado>>0.00664619 desejado>>0 Erro>>2.20859e-005

Padrao Generalizacao>>224

calculado>>0.0489249 desejado>>0 Erro>>0.00119682

Padrao Generalizacao>>225

calculado>>0.0240468 desejado>>0 Erro>>0.000289124

Padrao Generalizacao>>226

calculado>>0.02276 desejado>>0 Erro>>0.000259009

Padrao Generalizacao>>227

calculado>>0.00228073 desejado>>0 Erro>>2.60086e-006

Padrao Generalizacao>>228

calculado>>0.0109928 desejado>>0 Erro>>6.04204e-005

Padrao Generalizacao>>229

calculado>>0.0074994 desejado>>0 Erro>>2.81205e-005

Padrao Generalizacao>>230

calculado>>0.000606479 desejado>>0 Erro>>1.83908e-007

Padrao Generalizacao>>231

calculado>>0.00565628 desejado>>0 Erro>>1.59967e-005

Padrao Generalizacao>>232

calculado>>0.0407307 desejado>>0 Erro>>0.000829495

Padrao Generalizacao>>233

calculado>>0.0146249 desejado>>0 Erro>>0.000106943

Padrao Generalizacao>>234

calculado>>0.0045302 desejado>>0 Erro>>1.02613e-005

Padrao Generalizacao>>235

calculado>>0.020821 desejado>>0 Erro>>0.000216756

Padrao Generalizacao>>236

calculado>>0.00317476 desejado>>0 Erro>>5.03954e-006

Padrao Generalizacao>>237

calculado>>0.00591797 desejado>>0 Erro>>1.75112e-005

Padrao Generalizacao>>238

calculado>>0.0018889 desejado>>0 Erro>>1.78397e-006

Padrao Generalizacao>>239

calculado>>0.000676028 desejado>>0 Erro>>2.28507e-007

Padrao Generalizacao>>240

calculado>>0.00227835 desejado>>0 Erro>>2.59545e-006

Padrao Generalizacao>>241

calculado>>0.00261461 desejado>>0 Erro>>3.4181e-006

Padrao Generalizacao>>242

calculado>>0.0160119 desejado>>0 Erro>>0.00012819

Padrao Generalizacao>>243

calculado>>0.00262294 desejado>>0 Erro>>3.43992e-006

Padrao Generalizacao>>244

calculado>>0.000684733 desejado>>0 Erro>>2.3443e-007

Padrao Generalizacao>>245

calculado>>0.00242498 desejado>>0 Erro>>2.94027e-006

Padrao Generalizacao>>246

calculado>>0.00271205 desejado>>0 Erro>>3.67762e-006

Padrao Generalizacao>>247

calculado>>0.000335033 desejado>>0 Erro>>5.61236e-008

Padrao Generalizacao>>248

calculado>>0.00128323 desejado>>0 Erro>>8.23334e-007

Padrao Generalizacao>>249

calculado>>0.00551442 desejado>>0 Erro>>1.52044e-005

Padrao Generalizacao>>250

calculado>>0.00229424 desejado>>0 Erro>>2.63176e-006

Padrao Generalizacao>>251

calculado>>0.00834552 desejado>>0 Erro>>3.48239e-005

Padrao Generalizacao>>252

calculado>>0.000481068 desejado>>0 Erro>>1.15713e-007

Padrao Generalizacao>>253

calculado>>0.00211206 desejado>>0 Erro>>2.2304e-006

Padrao Generalizacao>>254

calculado>>0.0011837 desejado>>0 Erro>>7.00572e-007

Padrao Generalizacao>>255

calculado>>0.00453711 desejado>>0 Erro>>1.02927e-005

Padrao Generalizacao>>256

calculado>>0.00251461 desejado>>0 Erro>>3.16163e-006

Padrao Generalizacao>>257

calculado>>0.000749107 desejado>>0 Erro>>2.8058e-007

Padrao Generalizacao>>258

calculado>>0.00144101 desejado>>0 Erro>>1.03825e-006

Padrao Generalizacao>>259

calculado>>0.0338509 desejado>>0 Erro>>0.000572942

Padrao Generalizacao>>260

calculado>>0.00240713 desejado>>0 Erro>>2.89713e-006

Padrao Generalizacao>>261

calculado>>0.00448263 desejado>>0 Erro>>1.0047e-005

Padrao Generalizacao>>262

calculado>>0.00096874 desejado>>0 Erro>>4.69228e-007

Padrao Generalizacao>>263

calculado>>0.00601375 desejado>>0 Erro>>1.80826e-005

Padrao Generalizacao>>264

calculado>>0.00305237 desejado>>0 Erro>>4.65848e-006

Padrao Generalizacao>>265

calculado>>0.000723561 desejado>>0 Erro>>2.6177e-007

Padrao Generalizacao>>266

calculado>>0.0014151 desejado>>0 Erro>>1.00126e-006

Padrao Generalizacao>>267

calculado>>0.0105801 desejado>>0 Erro>>5.59688e-005

Padrao Generalizacao>>268

calculado>>0.000511852 desejado>>0 Erro>>1.30996e-007

Padrao Generalizacao>>269

calculado>>0.00273744 desejado>>0 Erro>>3.7468e-006

Padrao Generalizacao>>270

calculado>>0.0024501 desejado>>0 Erro>>3.00149e-006

Padrao Generalizacao>>271

calculado>>0.000293556 desejado>>0 Erro>>4.30875e-008

Padrao Generalizacao>>272

calculado>>0.00313628 desejado>>0 Erro>>4.91813e-006

Padrao Generalizacao>>273

calculado>>0.0263355 desejado>>0 Erro>>0.000346779

Padrao Generalizacao>>274

calculado>>0.0143703 desejado>>0 Erro>>0.000103252

Padrao Generalizacao>>275

calculado>>0.0241902 desejado>>0 Erro>>0.000292583

Padrao Generalizacao>>276

calculado>>0.00127257 desejado>>0 Erro>>8.09715e-007

Padrao Generalizacao>>277

calculado>>0.00624933 desejado>>0 Erro>>1.95271e-005

Padrao Generalizacao>>278

calculado>>0.00525796 desejado>>0 Erro>>1.38231e-005

Padrao Generalizacao>>279

calculado>>0.000290459 desejado>>0 Erro>>4.21832e-008

Padrao Generalizacao>>280

calculado>>0.0030615 desejado>>0 Erro>>4.68639e-006

Padrao Generalizacao>>281

calculado>>0.0276035 desejado>>0 Erro>>0.000380976

Padrao Generalizacao>>282

calculado>>0.0127898 desejado>>0 Erro>>8.17893e-005

Padrao Generalizacao>>283

calculado>>0.00241777 desejado>>0 Erro>>2.9228e-006

Padrao Generalizacao>>284

calculado>>0.0141646 desejado>>0 Erro>>0.000100318

Padrao Generalizacao>>285

calculado>>0.00167624 desejado>>0 Erro>>1.40489e-006

Padrao Generalizacao>>286

calculado>>0.0067686 desejado>>0 Erro>>2.2907e-005

Padrao Generalizacao>>287

calculado>>0.0178427 desejado>>0 Erro>>0.000159182

Padrao Generalizacao>>288

calculado>>0.00240529 desejado>>0 Erro>>2.89271e-006

Padrao Generalizacao>>289

calculado>>0.00259852 desejado>>0 Erro>>3.37614e-006

Padrao Generalizacao>>290

calculado>>0.0701008 desejado>>0 Erro>>0.00245706

Padrao Generalizacao>>291

calculado>>0.0267914 desejado>>0 Erro>>0.000358891

Padrao Generalizacao>>292

calculado>>0.0515308 desejado>>0 Erro>>0.00132771

Padrao Generalizacao>>293

calculado>>0.0070283 desejado>>0 Erro>>2.46985e-005

Padrao Generalizacao>>294

calculado>>0.00616472 desejado>>0 Erro>>1.90019e-005

Padrao Generalizacao>>295

calculado>>0.0152866 desejado>>0 Erro>>0.00011684

Padrao Generalizacao>>296

calculado>>0.00193429 desejado>>0 Erro>>1.87074e-006

Padrao Generalizacao>>297

calculado>>0.00220496 desejado>>0 Erro>>2.43093e-006

Padrao Generalizacao>>298

calculado>>0.00653479 desejado>>0 Erro>>2.13518e-005

Padrao Generalizacao>>299

calculado>>0.000760297 desejado>>0 Erro>>2.89025e-007

Padrao Generalizacao>>300

calculado>>0.00642434 desejado>>0 Erro>>2.06361e-005

Padrao Generalizacao>>301

calculado>>0.00325807 desejado>>0 Erro>>5.30752e-006

Padrao Generalizacao>>302

calculado>>0.00524351 desejado>>0 Erro>>1.37472e-005

Padrao Generalizacao>>303

calculado>>0.028937 desejado>>0.3 Erro>>0.0367376

Padrao Generalizacao>>304

calculado>>0.15042 desejado>>0.3 Erro>>0.0111871

Padrao Generalizacao>>305

calculado>>0.231256 desejado>>0.3 Erro>>0.00236284

Padrao Generalizacao>>306

calculado>>0.240038 desejado>>0.3 Erro>>0.00179772

Padrao Generalizacao>>307

calculado>>0.26297 desejado>>0.3 Erro>>0.000685604

Padrao Generalizacao>>308

calculado>>0.240503 desejado>>0.3 Erro>>0.00176993

Padrao Generalizacao>>309

calculado>>0.253391 desejado>>0.3 Erro>>0.00108619

Padrao Generalizacao>>310

calculado>>0.2896 desejado>>0.3 Erro>>5.40757e-005

Padrao Generalizacao>>311

calculado>>0.255311 desejado>>0.3 Erro>>0.000998551

Padrao Generalizacao>>312

calculado>>0.255729 desejado>>0.3 Erro>>0.000979978

Padrao Generalizacao>>313

calculado>>0.342481 desejado>>0.3 Erro>>0.000902322

Padrao Generalizacao>>314

calculado>>0.389376 desejado>>0.3 Erro>>0.00399406

Padrao Generalizacao>>315

calculado>>0.311188 desejado>>0.3 Erro>>6.25804e-005

Padrao Generalizacao>>316

calculado>>0.346844 desejado>>0.3 Erro>>0.00109716

Padrao Generalizacao>>317

calculado>>0.28249 desejado>>0.3 Erro>>0.000153297

Padrao Generalizacao>>318

calculado>>0.310891 desejado>>0.3 Erro>>5.93015e-005

Padrao Generalizacao>>319

calculado>>0.388289 desejado>>0.3 Erro>>0.00389745

Padrao Generalizacao>>320

calculado>>0.321399 desejado>>0.3 Erro>>0.000228954

Padrao Generalizacao>>321

calculado>>0.240849 desejado>>0.3 Erro>>0.00174943

Padrao Generalizacao>>322

calculado>>0.259482 desejado>>0.3 Erro>>0.000820871

Padrao Generalizacao>>323

calculado>>0.25841 desejado>>0.3 Erro>>0.000864846

Padrao Generalizacao>>324

calculado>>0.236693 desejado>>0.3 Erro>>0.00200389

Padrao Generalizacao>>325

calculado>>0.238258 desejado>>0.3 Erro>>0.00190603

Padrao Generalizacao>>326

calculado>>0.22576 desejado>>0.3 Erro>>0.00275579

Padrao Generalizacao>>327

calculado>>0.223632 desejado>>0.3 Erro>>0.00291601

Padrao Generalizacao>>328

calculado>>0.252997 desejado>>0.3 Erro>>0.00110464

Padrao Generalizacao>>329

calculado>>0.238947 desejado>>0.3 Erro>>0.00186374

Padrao Generalizacao>>330

calculado>>0.237303 desejado>>0.3 Erro>>0.00196548

Padrao Generalizacao>>331

calculado>>0.29066 desejado>>0.3 Erro>>4.36217e-005

Padrao Generalizacao>>332

calculado>>0.307107 desejado>>0.3 Erro>>2.52582e-005

Padrao Generalizacao>>333

calculado>>0.261738 desejado>>0.3 Erro>>0.000732

Padrao Generalizacao>>334

calculado>>0.281717 desejado>>0.3 Erro>>0.000167142

Padrao Generalizacao>>335

calculado>>0.24904 desejado>>0.3 Erro>>0.00129848

Padrao Generalizacao>>336

calculado>>0.26572 desejado>>0.3 Erro>>0.000587556

Padrao Generalizacao>>337

calculado>>0.30955 desejado>>0.3 Erro>>4.55976e-005

Padrao Generalizacao>>338

calculado>>0.267041 desejado>>0.3 Erro>>0.000543145

Padrao Generalizacao>>339

calculado>>0.270214 desejado>>0.3 Erro>>0.0004436

Padrao Generalizacao>>340

calculado>>0.374724 desejado>>0.3 Erro>>0.00279185

Padrao Generalizacao>>341

calculado>>0.439319 desejado>>0.3 Erro>>0.00970482

Padrao Generalizacao>>342

calculado>>0.348991 desejado>>0.3 Erro>>0.00120008

Padrao Generalizacao>>343

calculado>>0.393727 desejado>>0.3 Erro>>0.00439234

Padrao Generalizacao>>344

calculado>>0.312508 desejado>>0.3 Erro>>7.82213e-005

Padrao Generalizacao>>345

calculado>>0.349279 desejado>>0.3 Erro>>0.00121422

Padrao Generalizacao>>346

calculado>>0.44591 desejado>>0.3 Erro>>0.0106448

Padrao Generalizacao>>347

calculado>>0.368888 desejado>>0.3 Erro>>0.00237279

Padrao Generalizacao>>348

calculado>>0.260276 desejado>>0.3 Erro>>0.000789007

Padrao Generalizacao>>349

calculado>>0.28424 desejado>>0.3 Erro>>0.000124187

Padrao Generalizacao>>350

calculado>>0.287537 desejado>>0.3 Erro>>7.76656e-005

Padrao Generalizacao>>351

calculado>>0.251115 desejado>>0.3 Erro>>0.00119489

Padrao Generalizacao>>352

calculado>>0.257422 desejado>>0.3 Erro>>0.000906452

Padrao Generalizacao>>353

calculado>>0.235989 desejado>>0.3 Erro>>0.00204868

Padrao Generalizacao>>354

calculado>>0.237009 desejado>>0.3 Erro>>0.0019839

Padrao Generalizacao>>355

calculado>>0.277977 desejado>>0.3 Erro>>0.000242506

Padrao Generalizacao>>356

calculado>>0.254387 desejado>>0.3 Erro>>0.00104029

Padrao Generalizacao>>357

calculado>>0.23608 desejado>>0.3 Erro>>0.00204289

Padrao Generalizacao>>358

calculado>>0.289775 desejado>>0.3 Erro>>5.2274e-005

Padrao Generalizacao>>359

calculado>>0.306422 desejado>>0.3 Erro>>2.06198e-005

Padrao Generalizacao>>360

calculado>>0.262536 desejado>>0.3 Erro>>0.000701759

Padrao Generalizacao>>361

calculado>>0.278567 desejado>>0.3 Erro>>0.000229688

Padrao Generalizacao>>362

calculado>>0.248464 desejado>>0.3 Erro>>0.00132799

Padrao Generalizacao>>363

calculado>>0.259953 desejado>>0.3 Erro>>0.000801884

Padrao Generalizacao>>364

calculado>>0.307434 desejado>>0.3 Erro>>2.76305e-005

Padrao Generalizacao>>365

calculado>>0.269156 desejado>>0.3 Erro>>0.000475686

Padrao Generalizacao>>366

calculado>>0.255346 desejado>>0.3 Erro>>0.00099699

Padrao Generalizacao>>367

calculado>>0.32513 desejado>>0.3 Erro>>0.00031577

Padrao Generalizacao>>368

calculado>>0.276569 desejado>>0.3 Erro>>0.00027451

Padrao Generalizacao>>369

calculado>>0.315482 desejado>>0.3 Erro>>0.000119845

Padrao Generalizacao>>370

calculado>>0.330423 desejado>>0.3 Erro>>0.000462778

Padrao Generalizacao>>371

calculado>>0.342837 desejado>>0.3 Erro>>0.000917502

Padrao Generalizacao>>372

calculado>>0.354266 desejado>>0.3 Erro>>0.00147237

Padrao Generalizacao>>373

calculado>>0.365085 desejado>>0.3 Erro>>0.00211805

Padrao Generalizacao>>374

calculado>>0.344231 desejado>>0.3 Erro>>0.000978176

Padrao Generalizacao>>375

calculado>>0.317384 desejado>>0.3 Erro>>0.000151101

Padrao Generalizacao>>376

calculado>>0.305442 desejado>>0.3 Erro>>1.48064e-005

Padrao Generalizacao>>377

calculado>>0.371394 desejado>>0.3 Erro>>0.00254854

Padrao Generalizacao>>378

calculado>>0.351235 desejado>>0.3 Erro>>0.00131251

Padrao Generalizacao>>379

calculado>>0.349008 desejado>>0.3 Erro>>0.00120091

Padrao Generalizacao>>380

calculado>>0.411408 desejado>>0.3 Erro>>0.00620586

Padrao Generalizacao>>381

calculado>>0.328435 desejado>>0.3 Erro>>0.00040428

Padrao Generalizacao>>382

calculado>>0.374547 desejado>>0.3 Erro>>0.00277866

Padrao Generalizacao>>383

calculado>>0.303882 desejado>>0.3 Erro>>7.53659e-006

Padrao Generalizacao>>384

calculado>>0.345857 desejado>>0.3 Erro>>0.00105145

Padrao Generalizacao>>385

calculado>>0.435141 desejado>>0.3 Erro>>0.00913152

Padrao Generalizacao>>386

calculado>>0.43811 desejado>>0.3 Erro>>0.00953724

Padrao Generalizacao>>387

calculado>>0.351255 desejado>>0.3 Erro>>0.00131355

Padrao Generalizacao>>388

calculado>>0.399351 desejado>>0.3 Erro>>0.0049353

Padrao Generalizacao>>389

calculado>>0.319444 desejado>>0.3 Erro>>0.00018904

Padrao Generalizacao>>390

calculado>>0.290438 desejado>>0.3 Erro>>4.57123e-005

Padrao Generalizacao>>391

calculado>>0.287593 desejado>>0.3 Erro>>7.69659e-005

Padrao Generalizacao>>392

calculado>>0.283251 desejado>>0.3 Erro>>0.000140264

Padrao Generalizacao>>393

calculado>>0.291138 desejado>>0.3 Erro>>3.92668e-005

Padrao Generalizacao>>394

calculado>>0.324475 desejado>>0.3 Erro>>0.000299509

Padrao Generalizacao>>395

calculado>>0.317039 desejado>>0.3 Erro>>0.000145172

Padrao Generalizacao>>396

calculado>>0.374893 desejado>>0.3 Erro>>0.00280449

Padrao Generalizacao>>397

calculado>>0.473263 desejado>>0.3 Erro>>0.01501

Padrao Generalizacao>>398

calculado>>0.531061 desejado>>0.3 Erro>>0.0266945

Padrao Generalizacao>>399

calculado>>0.472835 desejado>>0.6 Erro>>0.00808549

Padrao Generalizacao>>400

calculado>>0.571695 desejado>>0.6 Erro>>0.000400573

Padrao Generalizacao>>401

calculado>>0.513442 desejado>>0.6 Erro>>0.0037461

Padrao Generalizacao>>402

calculado>>0.569472 desejado>>0.6 Erro>>0.000465991

Padrao Generalizacao>>403

calculado>>0.49211 desejado>>0.6 Erro>>0.00582015

Padrao Generalizacao>>404

calculado>>0.490795 desejado>>0.6 Erro>>0.00596283

Padrao Generalizacao>>405

calculado>>0.586154 desejado>>0.6 Erro>>9.58621e-005

Padrao Generalizacao>>406

calculado>>0.523656 desejado>>0.6 Erro>>0.00291419

Padrao Generalizacao>>407

calculado>>0.57735 desejado>>0.6 Erro>>0.000256519

Padrao Generalizacao>>408

calculado>>0.489982 desejado>>0.6 Erro>>0.00605193

Padrao Generalizacao>>409

calculado>>0.492741 desejado>>0.6 Erro>>0.00575227

Padrao Generalizacao>>410

calculado>>0.67636 desejado>>0.6 Erro>>0.00291542

Padrao Generalizacao>>411

calculado>>0.708741 desejado>>0.6 Erro>>0.00591234

Padrao Generalizacao>>412

calculado>>0.77715 desejado>>0.6 Erro>>0.015691

Padrao Generalizacao>>413

calculado>>0.732532 desejado>>0.6 Erro>>0.00878237

Padrao Generalizacao>>414

calculado>>0.746255 desejado>>0.6 Erro>>0.0106952

Padrao Generalizacao>>415

calculado>>0.799695 desejado>>0.6 Erro>>0.019939

Padrao Generalizacao>>416

calculado>>0.668659 desejado>>0.9 Erro>>0.0267592

Padrao Generalizacao>>417

calculado>>0.602508 desejado>>0.9 Erro>>0.0442507

Padrao Generalizacao>>418

calculado>>0.581915 desejado>>0.9 Erro>>0.050589

Padrao Generalizacao>>419

calculado>>0.675205 desejado>>0.9 Erro>>0.0252664

Padrao Generalizacao>>420

calculado>>0.698909 desejado>>0.9 Erro>>0.0202188

Padrao Generalizacao>>421

calculado>>0.724725 desejado>>0.9 Erro>>0.0153606

Padrao Generalizacao>>422

calculado>>0.656508 desejado>>0.9 Erro>>0.0296442

Padrao Generalizacao>>423

calculado>>0.631906 desejado>>0.9 Erro>>0.0359371

Padrao Generalizacao>>424

calculado>>0.62714 desejado>>0.9 Erro>>0.0372264

Padrao Generalizacao>>425

calculado>>0.643521 desejado>>0.9 Erro>>0.0328909

Padrao Generalizacao>>426

calculado>>0.684076 desejado>>0.9 Erro>>0.0233116

Padrao Generalizacao>>427

calculado>>0.711726 desejado>>0.9 Erro>>0.0177236

Padrao Generalizacao>>428

calculado>>0.737637 desejado>>0.9 Erro>>0.0131809

Padrao Generalizacao>>429

calculado>>0.815074 desejado>>0.9 Erro>>0.00360624

Padrao Generalizacao>>430

calculado>>0.829737 desejado>>0.9 Erro>>0.00246845

Padrao Generalizacao>>431

calculado>>0.835606 desejado>>0.9 Erro>>0.00207327

Após o treinamento da rede caso o erro médio quadrático esteja em um nível satisfatório, ela poderá ser utilizada testar a generalização com dados que não foram utilizados no treinamento. Apresentam-se esses novos padrões na entrada da rede, assim, sendo processadas nas camadas intermediárias e de saída sendo os valores generalizados na camada de saída, como no treinamento, mas sem a retro propagação do erro. O estudo de generalização é de suma importância, pois indica se a rede é capaz de predizer um padrão corretamente, sem que o mesmo tenha siso utilizado na etapa de treinamento da RNA. Um Teste de generalização é mostrado a seguir:

Padrao Testes>>0

calculado>>0.00133557 desejado>>0 Erro>>8.91872e-007

Padrao Testes>>1

calculado>>0.000803045 desejado>>0 Erro>>3.22441e-007

Padrao Testes>>2

calculado>>0.00205978 desejado>>0 Erro>>2.12134e-006

Padrao Testes>>3

calculado>>0.00693569 desejado>>0 Erro>>2.40519e-005

Padrao Testes>>4

calculado>>0.00312356 desejado>>0 Erro>>4.87831e-006

Padrao Testes>>5

calculado>>0.0130013 desejado>>0 Erro>>8.45168e-005

Padrao Testes>>6

calculado>>0.052381 desejado>>0 Erro>>0.00137188

Padrao Testes>>7

calculado>>0.00159921 desejado>>0 Erro>>1.27873e-006

Padrao Testes>>8

calculado>>0.00179365 desejado>>0 Erro>>1.60859e-006

Padrao Testes>>9

calculado>>0.00458588 desejado>>0 Erro>>1.05152e-005

Padrao Testes>>10

calculado>>0.00237413 desejado>>0 Erro>>2.81824e-006

Padrao Testes>>11

calculado>>0.0083126 desejado>>0 Erro>>3.45496e-005

Padrao Testes>>12

calculado>>0.0335437 desejado>>0 Erro>>0.00056259

Padrao Testes>>13

calculado>>0.000831577 desejado>>0 Erro>>3.4576e-007

Padrao Testes>>14

calculado>>0.00129406 desejado>>0 Erro>>8.37301e-007

Padrao Testes>>15

calculado>>0.00376454 desejado>>0 Erro>>7.0859e-006

Padrao Testes>>16

calculado>>0.00159149 desejado>>0 Erro>>1.26642e-006

Padrao Testes>>17

calculado>>0.00643435 desejado>>0 Erro>>2.07004e-005

Padrao Testes>>18

calculado>>0.0217665 desejado>>0 Erro>>0.000236889

Padrao Testes>>19

calculado>>0.0153488 desejado>>0 Erro>>0.000117793

Padrao Testes>>20

calculado>>0.00133554 desejado>>0 Erro>>8.91836e-007

Padrao Testes>>21

calculado>>0.00278961 desejado>>0 Erro>>3.89096e-006

Padrao Testes>>22

calculado>>0.00110297 desejado>>0 Erro>>6.08272e-007

Padrao Testes>>23

calculado>>0.00444338 desejado>>0 Erro>>9.87183e-006

Padrao Testes>>24

calculado>>0.0182258 desejado>>0 Erro>>0.00016609

Padrao Testes>>25

calculado>>0.00932668 desejado>>0 Erro>>4.34935e-005

Padrao Testes>>26

calculado>>0.0336568 desejado>>0 Erro>>0.000566389

Padrao Testes>>27

calculado>>0.00396794 desejado>>0 Erro>>7.87228e-006

Padrao Testes>>28

calculado>>0.000982669 desejado>>0 Erro>>4.82819e-007

Padrao Testes>>29

calculado>>0.00291088 desejado>>0 Erro>>4.23662e-006

Padrao Testes>>30

calculado>>0.0112861 desejado>>0 Erro>>6.36881e-005

Padrao Testes>>31

calculado>>0.00513953 desejado>>0 Erro>>1.32074e-005

Padrao Testes>>32

calculado>>0.0212314 desejado>>0 Erro>>0.000225387

Padrao Testes>>33

calculado>>0.083037 desejado>>0 Erro>>0.00344757

Padrao Testes>>34

calculado>>0.00477741 desejado>>0 Erro>>1.14118e-005

Padrao Testes>>35

calculado>>0.00265008 desejado>>0 Erro>>3.51147e-006

Padrao Testes>>36

calculado>>0.00726788 desejado>>0 Erro>>2.64111e-005

Padrao Testes>>37

calculado>>0.00355885 desejado>>0 Erro>>6.33271e-006

Padrao Testes>>38

calculado>>0.0133013 desejado>>0 Erro>>8.84626e-005

Padrao Testes>>39

calculado>>0.0543563 desejado>>0 Erro>>0.0014773

Padrao Testes>>40

calculado>>0.00153414 desejado>>0 Erro>>1.17679e-006

Padrao Testes>>41

calculado>>0.00167804 desejado>>0 Erro>>1.40791e-006

Padrao Testes>>42

calculado>>0.00577264 desejado>>0 Erro>>1.66617e-005

Padrao Testes>>43

calculado>>0.00218134 desejado>>0 Erro>>2.37912e-006

Padrao Testes>>44

calculado>>0.0100289 desejado>>0 Erro>>5.02892e-005

Padrao Testes>>45

calculado>>0.0359646 desejado>>0 Erro>>0.000646725

Padrao Testes>>46

calculado>>0.032205 desejado>>0 Erro>>0.00051858

Padrao Testes>>47

calculado>>0.00258279 desejado>>0 Erro>>3.3354e-006

Padrao Testes>>48

calculado>>0.00417102 desejado>>0 Erro>>8.69872e-006

Padrao Testes>>49

calculado>>0.00136281 desejado>>0 Erro>>9.28623e-007

Padrao Testes>>50

calculado>>0.00658843 desejado>>0 Erro>>2.17037e-005

Padrao Testes>>51

calculado>>0.0294242 desejado>>0 Erro>>0.000432892

Padrao Testes>>52

calculado>>0.0185175 desejado>>0 Erro>>0.000171449

Padrao Testes>>53

calculado>>0.0559743 desejado>>0 Erro>>0.00156656

Padrao Testes>>54

calculado>>0.0273215 desejado>>0 Erro>>0.000373231

Padrao Testes>>55

calculado>>0.00409856 desejado>>0 Erro>>8.39911e-006

Padrao Testes>>56

calculado>>0.00991693 desejado>>0 Erro>>4.91728e-005

Padrao Testes>>57

calculado>>0.0134814 desejado>>0 Erro>>9.08741e-005

Padrao Testes>>58

calculado>>0.0628816 desejado>>0 Erro>>0.00197705

Padrao Testes>>59

calculado>>0.0354928 desejado>>0 Erro>>0.000629871

Padrao Testes>>60

calculado>>0.00559912 desejado>>0 Erro>>1.5675e-005

Padrao Testes>>61

calculado>>0.0110251 desejado>>0 Erro>>6.07761e-005

Padrao Testes>>62

calculado>>0.0140604 desejado>>0 Erro>>9.88469e-005

Padrao Testes>>63

calculado>>0.000854506 desejado>>0 Erro>>3.65091e-007

Padrao Testes>>64

calculado>>0.00400417 desejado>>0 Erro>>8.01667e-006

Padrao Testes>>65

calculado>>0.0214249 desejado>>0 Erro>>0.000229512

Padrao Testes>>66

calculado>>0.0143508 desejado>>0 Erro>>0.000102973

Padrao Testes>>67

calculado>>0.0354571 desejado>>0 Erro>>0.000628603

Padrao Testes>>68

calculado>>0.00308726 desejado>>0 Erro>>4.76558e-006

Padrao Testes>>69

calculado>>0.00781703 desejado>>0 Erro>>3.0553e-005

Padrao Testes>>70

calculado>>0.0048595 desejado>>0 Erro>>1.18074e-005

Padrao Testes>>71

calculado>>0.0163227 desejado>>0 Erro>>0.000133216

Padrao Testes>>72

calculado>>0.0272688 desejado>>0 Erro>>0.000371793

Padrao Testes>>73

calculado>>0.00762959 desejado>>0 Erro>>2.91053e-005

Padrao Testes>>74

calculado>>0.021828 desejado>>0 Erro>>0.000238232

Padrao Testes>>75

calculado>>0.0207142 desejado>>0 Erro>>0.000214538

Padrao Testes>>76

calculado>>0.0706867 desejado>>0 Erro>>0.0024983

Padrao Testes>>77

calculado>>0.0863979 desejado>>0 Erro>>0.0037323

Padrao Testes>>78

calculado>>0.0357688 desejado>>0 Erro>>0.000639702

Padrao Testes>>79

calculado>>0.040169 desejado>>0 Erro>>0.000806773

Padrao Testes>>80

calculado>>0.0276687 desejado>>0 Erro>>0.000382778

Padrao Testes>>81

calculado>>0.00218312 desejado>>0 Erro>>2.38302e-006

Padrao Testes>>82

calculado>>0.00825275 desejado>>0 Erro>>3.40539e-005

Padrao Testes>>83

calculado>>0.0463368 desejado>>0 Erro>>0.00107355

Padrao Testes>>84

calculado>>0.024812 desejado>>0 Erro>>0.000307818

Padrao Testes>>85

calculado>>0.0265466 desejado>>0 Erro>>0.000352361

Padrao Testes>>86

calculado>>0.00303802 desejado>>0 Erro>>4.61479e-006

Padrao Testes>>87

calculado>>0.010802 desejado>>0 Erro>>5.83417e-005

Padrao Testes>>88

calculado>>0.00543309 desejado>>0 Erro>>1.47592e-005

Padrao Testes>>89

calculado>>0.0100218 desejado>>0 Erro>>5.02179e-005

Padrao Testes>>90

calculado>>0.0016596 desejado>>0 Erro>>1.37713e-006

Padrao Testes>>91

calculado>>0.000798995 desejado>>0 Erro>>3.19197e-007

Padrao Testes>>92

calculado>>0.00209473 desejado>>0 Erro>>2.19394e-006

Padrao Testes>>93

calculado>>0.00723418 desejado>>0 Erro>>2.61667e-005

Padrao Testes>>94

calculado>>0.0031757 desejado>>0 Erro>>5.04255e-006

Padrao Testes>>95

calculado>>0.0134196 desejado>>0 Erro>>9.00425e-005

Padrao Testes>>96

calculado>>0.0548415 desejado>>0 Erro>>0.0015038

Padrao Testes>>97

calculado>>0.00169797 desejado>>0 Erro>>1.44155e-006

Padrao Testes>>98

calculado>>0.00182483 desejado>>0 Erro>>1.665e-006

Padrao Testes>>99

calculado>>0.00475203 desejado>>0 Erro>>1.12909e-005

Padrao Testes>>100

calculado>>0.00239095 desejado>>0 Erro>>2.85831e-006

Padrao Testes>>101

calculado>>0.00853427 desejado>>0 Erro>>3.64169e-005

Padrao Testes>>102

calculado>>0.0350164 desejado>>0 Erro>>0.000613073

Padrao Testes>>103

calculado>>0.000842381 desejado>>0 Erro>>3.54803e-007

Padrao Testes>>104

calculado>>0.00130101 desejado>>0 Erro>>8.4631e-007

Padrao Testes>>105

calculado>>0.00390721 desejado>>0 Erro>>7.63314e-006

Padrao Testes>>106

calculado>>0.0015827 desejado>>0 Erro>>1.25247e-006

Padrao Testes>>107

calculado>>0.00659681 desejado>>0 Erro>>2.1759e-005

Padrao Testes>>108

calculado>>0.0226663 desejado>>0 Erro>>0.000256881

Padrao Testes>>109

calculado>>0.0159422 desejado>>0 Erro>>0.000127076

Padrao Testes>>110

calculado>>0.00135144 desejado>>0 Erro>>9.13193e-007

Padrao Testes>>111

calculado>>0.00286454 desejado>>0 Erro>>4.1028e-006

Padrao Testes>>112

calculado>>0.00107379 desejado>>0 Erro>>5.7651e-007

Padrao Testes>>113

calculado>>0.00450029 desejado>>0 Erro>>1.01263e-005

Padrao Testes>>114

calculado>>0.0189963 desejado>>0 Erro>>0.000180429

Padrao Testes>>115

calculado>>0.00954569 desejado>>0 Erro>>4.55601e-005

Padrao Testes>>116

calculado>>0.0344486 desejado>>0 Erro>>0.000593353

Padrao Testes>>117

calculado>>0.00420824 desejado>>0 Erro>>8.85466e-006

Padrao Testes>>118

calculado>>0.000974039 desejado>>0 Erro>>4.74376e-007

Padrao Testes>>119

calculado>>0.00295874 desejado>>0 Erro>>4.37708e-006

Padrao Testes>>120

calculado>>0.00402106 desejado>>0 Erro>>8.08448e-006

Padrao Testes>>121

calculado>>0.0211233 desejado>>0 Erro>>0.000223098

Padrao Testes>>122

calculado>>0.00330885 desejado>>0 Erro>>5.47425e-006

Padrao Testes>>123

calculado>>0.000985687 desejado>>0 Erro>>4.8579e-007

Padrao Testes>>124

calculado>>0.00321778 desejado>>0 Erro>>5.17704e-006

Padrao Testes>>125

calculado>>0.00431439 desejado>>0 Erro>>9.30698e-006

Padrao Testes>>126

calculado>>0.000508063 desejado>>0 Erro>>1.29064e-007

Padrao Testes>>127

calculado>>0.00164287 desejado>>0 Erro>>1.3495e-006

Padrao Testes>>128

calculado>>0.00599449 desejado>>0 Erro>>1.7967e-005

Padrao Testes>>129

calculado>>0.00357506 desejado>>0 Erro>>6.39053e-006

Padrao Testes>>130

calculado>>0.0133038 desejado>>0 Erro>>8.84951e-005

Padrao Testes>>131

calculado>>0.000862263 desejado>>0 Erro>>3.71749e-007

Padrao Testes>>132

calculado>>0.00286457 desejado>>0 Erro>>4.10287e-006

Padrao Testes>>133

calculado>>0.00202982 desejado>>0 Erro>>2.06009e-006

Padrao Testes>>134

calculado>>0.00788722 desejado>>0 Erro>>3.11041e-005

Padrao Testes>>135

calculado>>0.00683899 desejado>>0 Erro>>2.33859e-005

Padrao Testes>>136

calculado>>0.00192888 desejado>>0 Erro>>1.8603e-006

Padrao Testes>>137

calculado>>0.00921003 desejado>>0 Erro>>4.24123e-005

Padrao Testes>>138

calculado>>0.0126918 desejado>>0 Erro>>8.0541e-005

Padrao Testes>>139

calculado>>0.0615683 desejado>>0 Erro>>0.00189533

Padrao Testes>>140

calculado>>0.0355526 desejado>>0 Erro>>0.000631992

Padrao Testes>>141

calculado>>0.00544653 desejado>>0 Erro>>1.48324e-005

Padrao Testes>>142

calculado>>0.0108638 desejado>>0 Erro>>5.90109e-005

Padrao Testes>>143

calculado>>0.0133518 desejado>>0 Erro>>8.91346e-005

Padrao Testes>>144

calculado>>0.000778007 desejado>>0 Erro>>3.02648e-007

Padrao Testes>>145

calculado>>0.00391502 desejado>>0 Erro>>7.66368e-006

Padrao Testes>>146

calculado>>0.0219183 desejado>>0 Erro>>0.000240206

Padrao Testes>>147

calculado>>0.0139212 desejado>>0 Erro>>9.69006e-005

Padrao Testes>>148

calculado>>0.0332428 desejado>>0 Erro>>0.000552541

Padrao Testes>>149

calculado>>0.00266711 desejado>>0 Erro>>3.55673e-006

Padrao Testes>>150

calculado>>0.00747353 desejado>>0 Erro>>2.79268e-005

Padrao Testes>>151

calculado>>0.00445235 desejado>>0 Erro>>9.91173e-006

Padrao Testes>>152

calculado>>0.014895 desejado>>0 Erro>>0.000110931

Padrao Testes>>153

calculado>>0.02567 desejado>>0 Erro>>0.000329473

Padrao Testes>>154

calculado>>0.00653689 desejado>>0 Erro>>2.13655e-005

Padrao Testes>>155

calculado>>0.0196221 desejado>>0 Erro>>0.000192512

Padrao Testes>>156

calculado>>0.0174226 desejado>>0 Erro>>0.000151774

Padrao Testes>>157

calculado>>0.0631158 desejado>>0 Erro>>0.0019918

Padrao Testes>>158

calculado>>0.0760496 desejado>>0 Erro>>0.00289177

Padrao Testes>>159

calculado>>0.0260128 desejado>>0 Erro>>0.000338334

Padrao Testes>>160

calculado>>0.0300111 desejado>>0 Erro>>0.000450332

Padrao Testes>>161

calculado>>0.0195979 desejado>>0 Erro>>0.00019204

Padrao Testes>>162

calculado>>0.00140149 desejado>>0 Erro>>9.8209e-007

Padrao Testes>>163

calculado>>0.00739674 desejado>>0 Erro>>2.73559e-005

Padrao Testes>>164

calculado>>0.0444088 desejado>>0 Erro>>0.000986069

Padrao Testes>>165

calculado>>0.0212925 desejado>>0 Erro>>0.000226685

Padrao Testes>>166

calculado>>0.0219781 desejado>>0 Erro>>0.000241519

Padrao Testes>>167

calculado>>0.00232743 desejado>>0 Erro>>2.70848e-006

Padrao Testes>>168

calculado>>0.00972325 desejado>>0 Erro>>4.72708e-005

Padrao Testes>>169

calculado>>0.00470448 desejado>>0 Erro>>1.10661e-005

Padrao Testes>>170

calculado>>0.00871195 desejado>>0 Erro>>3.7949e-005

Padrao Testes>>171

calculado>>0.00175484 desejado>>0 Erro>>1.53974e-006

Padrao Testes>>172

calculado>>0.000760815 desejado>>0 Erro>>2.8942e-007

Padrao Testes>>173

calculado>>0.00218779 desejado>>0 Erro>>2.39321e-006

Padrao Testes>>174

calculado>>0.0027677 desejado>>0 Erro>>3.83007e-006

Padrao Testes>>175

calculado>>0.0144594 desejado>>0 Erro>>0.000104537

Padrao Testes>>176

calculado>>0.00217253 desejado>>0 Erro>>2.35995e-006

Padrao Testes>>177

calculado>>0.000782585 desejado>>0 Erro>>3.0622e-007

Padrao Testes>>178

calculado>>0.00235767 desejado>>0 Erro>>2.7793e-006

Padrao Testes>>179

calculado>>0.00293775 desejado>>0 Erro>>4.31519e-006

Padrao Testes>>180

calculado>>0.000430652 desejado>>0 Erro>>9.27307e-008

Padrao Testes>>181

calculado>>0.00129887 desejado>>0 Erro>>8.43537e-007

Padrao Testes>>182

calculado>>0.00442627 desejado>>0 Erro>>9.79592e-006

Padrao Testes>>183

calculado>>0.00242848 desejado>>0 Erro>>2.94877e-006

Padrao Testes>>184

calculado>>0.00887529 desejado>>0 Erro>>3.93854e-005

Padrao Testes>>185

calculado>>0.000626289 desejado>>0 Erro>>1.96119e-007

Padrao Testes>>186

calculado>>0.002125 desejado>>0 Erro>>2.25781e-006

Padrao Testes>>187

calculado>>0.00144336 desejado>>0 Erro>>1.04164e-006

Padrao Testes>>188

calculado>>0.00529066 desejado>>0 Erro>>1.39955e-005

Padrao Testes>>189

calculado>>0.00222318 desejado>>0 Erro>>2.47127e-006

Padrao Testes>>190

calculado>>0.000869386 desejado>>0 Erro>>3.77916e-007

Padrao Testes>>191

calculado>>0.00307071 desejado>>0 Erro>>4.71462e-006

Padrao Testes>>192

calculado>>0.00394725 desejado>>0 Erro>>7.79041e-006

Padrao Testes>>193

calculado>>0.0225317 desejado>>0 Erro>>0.00025384

Padrao Testes>>194

calculado>>0.00382052 desejado>>0 Erro>>7.29817e-006

Padrao Testes>>195

calculado>>0.000917208 desejado>>0 Erro>>4.20635e-007

Padrao Testes>>196

calculado>>0.0033101 desejado>>0 Erro>>5.47838e-006

Padrao Testes>>197

calculado>>0.00416094 desejado>>0 Erro>>8.65672e-006

Padrao Testes>>198

calculado>>0.000433501 desejado>>0 Erro>>9.39617e-008

Padrao Testes>>199

calculado>>0.00163522 desejado>>0 Erro>>1.33697e-006

Padrao Testes>>200

calculado>>0.00682351 desejado>>0 Erro>>2.32802e-005

Padrao Testes>>201

calculado>>0.00349399 desejado>>0 Erro>>6.10397e-006

Padrao Testes>>202

calculado>>0.012788 desejado>>0 Erro>>8.17659e-005

Padrao Testes>>203

calculado>>0.000729499 desejado>>0 Erro>>2.66084e-007

Padrao Testes>>204

calculado>>0.00283785 desejado>>0 Erro>>4.02671e-006

Padrao Testes>>205

calculado>>0.00178936 desejado>>0 Erro>>1.60091e-006

Padrao Testes>>206

calculado>>0.00710544 desejado>>0 Erro>>2.52436e-005

Padrao Testes>>207

calculado>>0.00720624 desejado>>0 Erro>>2.59649e-005

Padrao Testes>>208

calculado>>0.00166914 desejado>>0 Erro>>1.39301e-006

Padrao Testes>>209

calculado>>0.00341882 desejado>>0 Erro>>5.84418e-006

Padrao Testes>>210

calculado>>0.071886 desejado>>0 Erro>>0.0025838

Padrao Testes>>211

calculado>>0.0212953 desejado>>0 Erro>>0.000226745

Padrao Testes>>212

calculado>>0.0221958 desejado>>0 Erro>>0.000246326

Padrao Testes>>213

calculado>>0.00402759 desejado>>0 Erro>>8.11074e-006

Padrao Testes>>214

calculado>>0.0146013 desejado>>0 Erro>>0.000106599

Padrao Testes>>215

calculado>>0.010572 desejado>>0 Erro>>5.58841e-005

Padrao Testes>>216

calculado>>0.00178042 desejado>>0 Erro>>1.58495e-006

Padrao Testes>>217

calculado>>0.00319095 desejado>>0 Erro>>5.09109e-006

Padrao Testes>>218

calculado>>0.0203891 desejado>>0 Erro>>0.000207857

Padrao Testes>>219

calculado>>0.00127055 desejado>>0 Erro>>8.07154e-007

Padrao Testes>>220

calculado>>0.00636727 desejado>>0 Erro>>2.0271e-005

Padrao Testes>>221

calculado>>0.00574001 desejado>>0 Erro>>1.64739e-005

Padrao Testes>>222

calculado>>0.000602714 desejado>>0 Erro>>1.81632e-007

Padrao Testes>>223

calculado>>0.00664619 desejado>>0 Erro>>2.20859e-005

Padrao Testes>>224

calculado>>0.0489249 desejado>>0 Erro>>0.00119682

Padrao Testes>>225

calculado>>0.0240468 desejado>>0 Erro>>0.000289124

Padrao Testes>>226

calculado>>0.02276 desejado>>0 Erro>>0.000259009

Padrao Testes>>227

calculado>>0.00228073 desejado>>0 Erro>>2.60086e-006

Padrao Testes>>228

calculado>>0.0109928 desejado>>0 Erro>>6.04204e-005

Padrao Testes>>229

calculado>>0.0074994 desejado>>0 Erro>>2.81205e-005

Padrao Testes>>230

calculado>>0.000606479 desejado>>0 Erro>>1.83908e-007

Padrao Testes>>231

calculado>>0.00565628 desejado>>0 Erro>>1.59967e-005

Padrao Testes>>232

calculado>>0.0407307 desejado>>0 Erro>>0.000829495

Padrao Testes>>233

calculado>>0.0146249 desejado>>0 Erro>>0.000106943

Padrao Testes>>234

calculado>>0.0045302 desejado>>0 Erro>>1.02613e-005

Padrao Testes>>235

calculado>>0.020821 desejado>>0 Erro>>0.000216756

Padrao Testes>>236

calculado>>0.00317476 desejado>>0 Erro>>5.03954e-006

Padrao Testes>>237

calculado>>0.00591797 desejado>>0 Erro>>1.75112e-005

Padrao Testes>>238

calculado>>0.0018889 desejado>>0 Erro>>1.78397e-006

Padrao Testes>>239

calculado>>0.000676028 desejado>>0 Erro>>2.28507e-007

Padrao Testes>>240

calculado>>0.00227835 desejado>>0 Erro>>2.59545e-006

Padrao Testes>>241

calculado>>0.00261461 desejado>>0 Erro>>3.4181e-006

Padrao Testes>>242

calculado>>0.0160119 desejado>>0 Erro>>0.00012819

Padrao Testes>>243

calculado>>0.00262294 desejado>>0 Erro>>3.43992e-006

Padrao Testes>>244

calculado>>0.000684733 desejado>>0 Erro>>2.3443e-007

Padrao Testes>>245

calculado>>0.00242498 desejado>>0 Erro>>2.94027e-006

Padrao Testes>>246

calculado>>0.00271205 desejado>>0 Erro>>3.67762e-006

Padrao Testes>>247

calculado>>0.000335033 desejado>>0 Erro>>5.61236e-008

Padrao Testes>>248

calculado>>0.00128323 desejado>>0 Erro>>8.23334e-007

Padrao Testes>>249

calculado>>0.00551442 desejado>>0 Erro>>1.52044e-005

Padrao Testes>>250

calculado>>0.00229424 desejado>>0 Erro>>2.63176e-006

Padrao Testes>>251

calculado>>0.00834552 desejado>>0 Erro>>3.48239e-005

Padrao Testes>>252

calculado>>0.000481068 desejado>>0 Erro>>1.15713e-007

Padrao Testes>>253

calculado>>0.00211206 desejado>>0 Erro>>2.2304e-006

Padrao Testes>>254

calculado>>0.0011837 desejado>>0 Erro>>7.00572e-007

Padrao Testes>>255

calculado>>0.00453711 desejado>>0 Erro>>1.02927e-005

Padrao Testes>>256

calculado>>0.00251461 desejado>>0 Erro>>3.16163e-006

Padrao Testes>>257

calculado>>0.000749107 desejado>>0 Erro>>2.8058e-007

Padrao Testes>>258

calculado>>0.00144101 desejado>>0 Erro>>1.03825e-006

Padrao Testes>>259

calculado>>0.0338509 desejado>>0 Erro>>0.000572942

Padrao Testes>>260

calculado>>0.00240713 desejado>>0 Erro>>2.89713e-006

Padrao Testes>>261

calculado>>0.00448263 desejado>>0 Erro>>1.0047e-005

Padrao Testes>>262

calculado>>0.00096874 desejado>>0 Erro>>4.69228e-007

Padrao Testes>>263

calculado>>0.00601375 desejado>>0 Erro>>1.80826e-005

Padrao Testes>>264

calculado>>0.00305237 desejado>>0 Erro>>4.65848e-006

Padrao Testes>>265

calculado>>0.000723561 desejado>>0 Erro>>2.6177e-007

Padrao Testes>>266

calculado>>0.0014151 desejado>>0 Erro>>1.00126e-006

Padrao Testes>>267

calculado>>0.0105801 desejado>>0 Erro>>5.59688e-005

Padrao Testes>>268

calculado>>0.000511852 desejado>>0 Erro>>1.30996e-007

Padrao Testes>>269

calculado>>0.00273744 desejado>>0 Erro>>3.7468e-006

Padrao Testes>>270

calculado>>0.0024501 desejado>>0 Erro>>3.00149e-006

Padrao Testes>>271

calculado>>0.000293556 desejado>>0 Erro>>4.30875e-008

Padrao Testes>>272

calculado>>0.00313628 desejado>>0 Erro>>4.91813e-006

Padrao Testes>>273

calculado>>0.0263355 desejado>>0 Erro>>0.000346779

Padrao Testes>>274

calculado>>0.0143703 desejado>>0 Erro>>0.000103252

Padrao Testes>>275

calculado>>0.0241902 desejado>>0 Erro>>0.000292583

Padrao Testes>>276

calculado>>0.00127257 desejado>>0 Erro>>8.09715e-007

Padrao Testes>>277

calculado>>0.00624933 desejado>>0 Erro>>1.95271e-005

Padrao Testes>>278

calculado>>0.00525796 desejado>>0 Erro>>1.38231e-005

Padrao Testes>>279

calculado>>0.000290459 desejado>>0 Erro>>4.21832e-008

Padrao Testes>>280

calculado>>0.0030615 desejado>>0 Erro>>4.68639e-006

Padrao Testes>>281

calculado>>0.0276035 desejado>>0 Erro>>0.000380976

Padrao Testes>>282

calculado>>0.0127898 desejado>>0 Erro>>8.17893e-005

Padrao Testes>>283

calculado>>0.00241777 desejado>>0 Erro>>2.9228e-006

Padrao Testes>>284

calculado>>0.0141646 desejado>>0 Erro>>0.000100318

Padrao Testes>>285

calculado>>0.00167624 desejado>>0 Erro>>1.40489e-006

Padrao Testes>>286

calculado>>0.0067686 desejado>>0 Erro>>2.2907e-005

Padrao Testes>>287

calculado>>0.0178427 desejado>>0 Erro>>0.000159182

Padrao Testes>>288

calculado>>0.00240529 desejado>>0 Erro>>2.89271e-006

Padrao Testes>>289

calculado>>0.00259852 desejado>>0 Erro>>3.37614e-006

Padrao Testes>>290

calculado>>0.0701008 desejado>>0 Erro>>0.00245706

Padrao Testes>>291

calculado>>0.0267914 desejado>>0 Erro>>0.000358891

Padrao Testes>>292

calculado>>0.0515308 desejado>>0 Erro>>0.00132771

Padrao Testes>>293

calculado>>0.0070283 desejado>>0 Erro>>2.46985e-005

Padrao Testes>>294

calculado>>0.00616472 desejado>>0 Erro>>1.90019e-005

Padrao Testes>>295

calculado>>0.0152866 desejado>>0 Erro>>0.00011684

Padrao Testes>>296

calculado>>0.00193429 desejado>>0 Erro>>1.87074e-006

Padrao Testes>>297

calculado>>0.00220496 desejado>>0 Erro>>2.43093e-006

Padrao Testes>>298

calculado>>0.00653479 desejado>>0 Erro>>2.13518e-005

Padrao Testes>>299

calculado>>0.000760297 desejado>>0 Erro>>2.89025e-007

Padrao Testes>>300

calculado>>0.00642434 desejado>>0 Erro>>2.06361e-005

Padrao Testes>>301

calculado>>0.00325807 desejado>>0 Erro>>5.30752e-006

Padrao Testes>>302

calculado>>0.00524351 desejado>>0 Erro>>1.37472e-005

Padrao Testes>>303

calculado>>0.028937 desejado>>0.3 Erro>>0.0367376

Padrao Testes>>304

calculado>>0.15042 desejado>>0.3 Erro>>0.0111871

Padrao Testes>>305

calculado>>0.231256 desejado>>0.3 Erro>>0.00236284

Padrao Testes>>306

calculado>>0.240038 desejado>>0.3 Erro>>0.00179772

Padrao Testes>>307

calculado>>0.26297 desejado>>0.3 Erro>>0.000685604

Padrao Testes>>308

calculado>>0.240503 desejado>>0.3 Erro>>0.00176993

Padrao Testes>>309

calculado>>0.253391 desejado>>0.3 Erro>>0.00108619

Padrao Testes>>310

calculado>>0.2896 desejado>>0.3 Erro>>5.40757e-005

Padrao Testes>>311

calculado>>0.255311 desejado>>0.3 Erro>>0.000998551

Padrao Testes>>312

calculado>>0.255729 desejado>>0.3 Erro>>0.000979978

Padrao Testes>>313

calculado>>0.342481 desejado>>0.3 Erro>>0.000902322

Padrao Testes>>314

calculado>>0.389376 desejado>>0.3 Erro>>0.00399406

Padrao Testes>>315

calculado>>0.311188 desejado>>0.3 Erro>>6.25804e-005

Padrao Testes>>316

calculado>>0.346844 desejado>>0.3 Erro>>0.00109716

Padrao Testes>>317

calculado>>0.28249 desejado>>0.3 Erro>>0.000153297

Padrao Testes>>318

calculado>>0.310891 desejado>>0.3 Erro>>5.93015e-005

Padrao Testes>>319

calculado>>0.388289 desejado>>0.3 Erro>>0.00389745

Padrao Testes>>320

calculado>>0.321399 desejado>>0.3 Erro>>0.000228954

Padrao Testes>>321

calculado>>0.240849 desejado>>0.3 Erro>>0.00174943

Padrao Testes>>322

calculado>>0.259482 desejado>>0.3 Erro>>0.000820871

Padrao Testes>>323

calculado>>0.25841 desejado>>0.3 Erro>>0.000864846

Padrao Testes>>324

calculado>>0.236693 desejado>>0.3 Erro>>0.00200389

Padrao Testes>>325

calculado>>0.238258 desejado>>0.3 Erro>>0.00190603

Padrao Testes>>326

calculado>>0.22576 desejado>>0.3 Erro>>0.00275579

Padrao Testes>>327

calculado>>0.223632 desejado>>0.3 Erro>>0.00291601

Padrao Testes>>328

calculado>>0.252997 desejado>>0.3 Erro>>0.00110464

Padrao Testes>>329

calculado>>0.238947 desejado>>0.3 Erro>>0.00186374

Padrao Testes>>330

calculado>>0.237303 desejado>>0.3 Erro>>0.00196548

Padrao Testes>>331

calculado>>0.29066 desejado>>0.3 Erro>>4.36217e-005

Padrao Testes>>332

calculado>>0.307107 desejado>>0.3 Erro>>2.52582e-005

Padrao Testes>>333

calculado>>0.261738 desejado>>0.3 Erro>>0.000732

Padrao Testes>>334

calculado>>0.281717 desejado>>0.3 Erro>>0.000167142

Padrao Testes>>335

calculado>>0.24904 desejado>>0.3 Erro>>0.00129848

Padrao Testes>>336

calculado>>0.26572 desejado>>0.3 Erro>>0.000587556

Padrao Testes>>337

calculado>>0.30955 desejado>>0.3 Erro>>4.55976e-005

Padrao Testes>>338

calculado>>0.267041 desejado>>0.3 Erro>>0.000543145

Padrao Testes>>339

calculado>>0.270214 desejado>>0.3 Erro>>0.0004436

Padrao Testes>>340

calculado>>0.374724 desejado>>0.3 Erro>>0.00279185

Padrao Testes>>341

calculado>>0.439319 desejado>>0.3 Erro>>0.00970482

Padrao Testes>>342

calculado>>0.348991 desejado>>0.3 Erro>>0.00120008

Padrao Testes>>343

calculado>>0.393727 desejado>>0.3 Erro>>0.00439234

Padrao Testes>>344

calculado>>0.312508 desejado>>0.3 Erro>>7.82213e-005

Padrao Testes>>345

calculado>>0.349279 desejado>>0.3 Erro>>0.00121422

Padrao Testes>>346

calculado>>0.44591 desejado>>0.3 Erro>>0.0106448

Padrao Testes>>347

calculado>>0.368888 desejado>>0.3 Erro>>0.00237279

Padrao Testes>>348

calculado>>0.260276 desejado>>0.3 Erro>>0.000789007

Padrao Testes>>349

calculado>>0.28424 desejado>>0.3 Erro>>0.000124187

Padrao Testes>>350

calculado>>0.287537 desejado>>0.3 Erro>>7.76656e-005

Padrao Testes>>351

calculado>>0.251115 desejado>>0.3 Erro>>0.00119489

Padrao Testes>>352

calculado>>0.257422 desejado>>0.3 Erro>>0.000906452

Padrao Testes>>353

calculado>>0.235989 desejado>>0.3 Erro>>0.00204868

Padrao Testes>>354

calculado>>0.237009 desejado>>0.3 Erro>>0.0019839

Padrao Testes>>355

calculado>>0.277977 desejado>>0.3 Erro>>0.000242506

Padrao Testes>>356

calculado>>0.254387 desejado>>0.3 Erro>>0.00104029

Padrao Testes>>357

calculado>>0.23608 desejado>>0.3 Erro>>0.00204289

Padrao Testes>>358

calculado>>0.289775 desejado>>0.3 Erro>>5.2274e-005

Padrao Testes>>359

calculado>>0.306422 desejado>>0.3 Erro>>2.06198e-005

Padrao Testes>>360

calculado>>0.262536 desejado>>0.3 Erro>>0.000701759

Padrao Testes>>361

calculado>>0.278567 desejado>>0.3 Erro>>0.000229688

Padrao Testes>>362

calculado>>0.248464 desejado>>0.3 Erro>>0.00132799

Padrao Testes>>363

calculado>>0.259953 desejado>>0.3 Erro>>0.000801884

Padrao Testes>>364

calculado>>0.307434 desejado>>0.3 Erro>>2.76305e-005

Padrao Testes>>365

calculado>>0.269156 desejado>>0.3 Erro>>0.000475686

Padrao Testes>>366

calculado>>0.255346 desejado>>0.3 Erro>>0.00099699

Padrao Testes>>367

calculado>>0.32513 desejado>>0.3 Erro>>0.00031577

Padrao Testes>>368

calculado>>0.276569 desejado>>0.3 Erro>>0.00027451

Padrao Testes>>369

calculado>>0.315482 desejado>>0.3 Erro>>0.000119845

Padrao Testes>>370

calculado>>0.330423 desejado>>0.3 Erro>>0.000462778

Padrao Testes>>371

calculado>>0.342837 desejado>>0.3 Erro>>0.000917502

Padrao Testes>>372

calculado>>0.354266 desejado>>0.3 Erro>>0.00147237

Padrao Testes>>373

calculado>>0.365085 desejado>>0.3 Erro>>0.00211805

Padrao Testes>>374

calculado>>0.344231 desejado>>0.3 Erro>>0.000978176

Padrao Testes>>375

calculado>>0.317384 desejado>>0.3 Erro>>0.000151101

Padrao Testes>>376

calculado>>0.305442 desejado>>0.3 Erro>>1.48064e-005

Padrao Testes>>377

calculado>>0.371394 desejado>>0.3 Erro>>0.00254854

Padrao Testes>>378

calculado>>0.351235 desejado>>0.3 Erro>>0.00131251

Padrao Testes>>379

calculado>>0.349008 desejado>>0.3 Erro>>0.00120091

Padrao Testes>>380

calculado>>0.411408 desejado>>0.3 Erro>>0.00620586

Padrao Testes>>381

calculado>>0.328435 desejado>>0.3 Erro>>0.00040428

Padrao Testes>>382

calculado>>0.374547 desejado>>0.3 Erro>>0.00277866

Padrao Testes>>383

calculado>>0.303882 desejado>>0.3 Erro>>7.53659e-006

Padrao Testes>>384

calculado>>0.345857 desejado>>0.3 Erro>>0.00105145

Padrao Testes>>385

calculado>>0.435141 desejado>>0.3 Erro>>0.00913152

Padrao Testes>>386

calculado>>0.43811 desejado>>0.3 Erro>>0.00953724

Padrao Testes>>387

calculado>>0.351255 desejado>>0.3 Erro>>0.00131355

Padrao Testes>>388

calculado>>0.399351 desejado>>0.3 Erro>>0.0049353

Padrao Testes>>389

calculado>>0.319444 desejado>>0.3 Erro>>0.00018904

Padrao Testes>>390

calculado>>0.290438 desejado>>0.3 Erro>>4.57123e-005

Padrao Testes>>391

calculado>>0.287593 desejado>>0.3 Erro>>7.69659e-005

Padrao Testes>>392

calculado>>0.283251 desejado>>0.3 Erro>>0.000140264

Padrao Testes>>393

calculado>>0.291138 desejado>>0.3 Erro>>3.92668e-005

Padrao Testes>>394

calculado>>0.324475 desejado>>0.3 Erro>>0.000299509

Padrao Testes>>395

calculado>>0.317039 desejado>>0.3 Erro>>0.000145172

Padrao Testes>>396

calculado>>0.374893 desejado>>0.3 Erro>>0.00280449

Padrao Testes>>397

calculado>>0.473263 desejado>>0.3 Erro>>0.01501

Padrao Testes>>398

calculado>>0.531061 desejado>>0.3 Erro>>0.0266945

Padrao Testes>>399

calculado>>0.472835 desejado>>0.6 Erro>>0.00808549

Padrao Testes>>400

calculado>>0.571695 desejado>>0.6 Erro>>0.000400573

Padrao Testes>>401

calculado>>0.513442 desejado>>0.6 Erro>>0.0037461

Padrao Testes>>402

calculado>>0.569472 desejado>>0.6 Erro>>0.000465991

Padrao Testes>>403

calculado>>0.49211 desejado>>0.6 Erro>>0.00582015

Padrao Testes>>404

calculado>>0.490795 desejado>>0.6 Erro>>0.00596283

Padrao Testes>>405

calculado>>0.586154 desejado>>0.6 Erro>>9.58621e-005

Padrao Testes>>406

calculado>>0.523656 desejado>>0.6 Erro>>0.00291419

Padrao Testes>>407

calculado>>0.57735 desejado>>0.6 Erro>>0.000256519

Padrao Testes>>408

calculado>>0.489982 desejado>>0.6 Erro>>0.00605193

Padrao Testes>>409

calculado>>0.492741 desejado>>0.6 Erro>>0.00575227

Padrao Testes>>410

calculado>>0.67636 desejado>>0.6 Erro>>0.00291542

Padrao Testes>>411

calculado>>0.708741 desejado>>0.6 Erro>>0.00591234

Padrao Testes>>412

calculado>>0.77715 desejado>>0.6 Erro>>0.015691

Padrao Testes>>413

calculado>>0.732532 desejado>>0.6 Erro>>0.00878237

Padrao Testes>>414

calculado>>0.746255 desejado>>0.6 Erro>>0.0106952

Padrao Testes>>415

calculado>>0.799695 desejado>>0.6 Erro>>0.019939

Padrao Testes>>416

calculado>>0.668659 desejado>>0.9 Erro>>0.0267592

Padrao Testes>>417

calculado>>0.602508 desejado>>0.9 Erro>>0.0442507

Padrao Testes>>418

calculado>>0.581915 desejado>>0.9 Erro>>0.050589

Padrao Testes>>419

calculado>>0.675205 desejado>>0.9 Erro>>0.0252664

Padrao Testes>>420

calculado>>0.698909 desejado>>0.9 Erro>>0.0202188

Padrao Testes>>421

calculado>>0.724725 desejado>>0.9 Erro>>0.0153606

Padrao Testes>>422

calculado>>0.656508 desejado>>0.9 Erro>>0.0296442

Padrao Testes>>423

calculado>>0.631906 desejado>>0.9 Erro>>0.0359371

Padrao Testes>>424

calculado>>0.62714 desejado>>0.9 Erro>>0.0372264

Padrao Testes>>425

calculado>>0.643521 desejado>>0.9 Erro>>0.0328909

Padrao Testes>>426

calculado>>0.684076 desejado>>0.9 Erro>>0.0233116

Padrao Testes>>427

calculado>>0.711726 desejado>>0.9 Erro>>0.0177236

Padrao Testes>>428

calculado>>0.737637 desejado>>0.9 Erro>>0.0131809

Padrao Testes>>429

calculado>>0.815074 desejado>>0.9 Erro>>0.00360624

Padrao Testes>>430

calculado>>0.829737 desejado>>0.9 Erro>>0.00246845

Padrao Testes>>431

calculado>>0.835606 desejado>>0.9 Erro>>0.00207327

Para este *dataset*, a forma de calcular os acertos foi igual ao anterior. Foi utilizado o ponto médio entre os possíveis resultados. Para os resultados da classe 0,0 estavam listados entre 0 e 0,15, os da classe 0,3 estavam entre 0,15 e 0,45, os da classe 0,6 estavam entre 0,45 e 0,75 e os da classe 0.9 estavam entre 0,75 e 1,05, no entanto o valor de 1,05 foi arredondado para 1 pois o código não trabalha com valores superiores a 1. Abaixo é mostrada a matriz de confusão para a RNR que melhor consegui generalizar.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Unacc (0.0)** | **Acc (0.3)** | **Good (0.6)** | **V-Good (0.9)** |
| **303** | 0 | 0 | 0 |
| 1 | **93** | 2 | 0 |
| 0 | 0 | **15** | 2 |
| 0 | 0 | 13 | **3** |
|  | | |  |
| Total: | | | **95,83%** |

Tabela 9 – Matriz de confusão da melhor simulação do *dataset* *car evaluation* utilizando a rede recorrente.

Além dos *datasets* que foram apresentados, ainda terá outros *dataset*s de diferentes complexidades que serão simulados no decorrer do projeto. A respeito dos resultados, podemos observar que o algoritmo *backpropagation through time* obteve melhores resultados em relação ao *backpropagation* direto, tanto o de 3 como o de 4 camadas para ambas as simulações.

Apesar de serem realizadas simulações apenas em 2 datasets houve muitas simulações utilizando os mesmos. Com o *dataset Wine* testamos o algoritmo *backpropagation* direto de 3 e 4 camadas além de fazer 2 pares de simulações com o algoritmo *backpropagation through time*. O *dataset* *car evaluation* teve testes exclusivamente com a rede recorrente visto que essa arquitetura de rede trouxe melhores resultados, ou seja, foi capaz de classificar os dados de forma mais eficaz.

**4.3 Predição de energia Elétrica**

Adicionalmente as atividades de classificação descritas anterioremente, realizaram-se atividades de predição de séries temporais utilizando o sistema ADEANN (*Artificial Development and Evolution of Artificial Neural Networks*) (De Campos, 2016). Este sistema é um sistema hibrido que utiliza um algoritmo genético para evoluir redes neurais, espera-se que a cada nova geração as RNAs evoluídas sejam melhores que as anteriores.

**4.3.1** *Migração para a linguagem Python*

A primeira parte desta atividade foi a migração do sistema para a linguagem Python. O algoritmo, originalmente desenvolvido em C, foi convertido para Python pelo fato de a linguagem ter uma boa maturidade na área de inteligência artificial, especialmente em deep learning. Em virtude disso, o subsistema rede neural do sistema anterior foi substituída pelas implementações disponíveis no Keras, que é uma biblioteca disponível na linguagem Python que faz implementações de redes neurais artificiais. Além disso, será possível fazer a integração com diversos tipos de frameworks para auxiliar na análise de dados.

Com a migração foi possível fazer a geração de gráficos estatísticos automaticamente, fazendo com que os resultados sejam interpretados de forma mais simples. Além disso, outras métricas de erros foram adicionadas, anteriormente era utilizado apenas o Erro Médio Quadrático (RMSE), no entanto foi adicionado o Erro Absoluto Médio Percentual (MAPE) e o Erro Absoluto Médio (MAE). Com essas novas métricas é possível ter um entendimento melhor dos resultados obtidos.

**4.3.2** *Keras*

O Keras é uma biblioteca para fazer a implementação de redes neurais artificiais com foco em deep learning. A biblioteca facilita a implementação das redes e em poucas linhas de código consegue-se fazer uma rede totalmente funcional.

Para o treinamento do keras, além de sua documentação oficial, foi utilizado o livro “Deep learning with Keras” do autor Frank Millstrein e o curso online “Deep Learning com Python de A à Z”, ambos disponibilizados pelo professor. Esse período de aprendizagem em conjunto com a migração de linguagem do código durou cerca de 3 meses para ser concluída. A partir disso, iniciaram-se as simulações com o dataset do preço de energia elétrica fornecido pelo professor e obtido junto a L-Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL

**4.3.3** *Obtenção e descrição da base de dados*

A previsão do preço da energia elétrica é muito importante para todos os participantes do mercado com o intuito de decidir estratégias de lance e fazer contratos bilaterais, maximizando os lucros e minimizando os riscos (FILHO et al., 2016).

O dataset de energia elétrica possui dados sobre o preço da energia elétrica durante os anos de 2001 até 2009 e possui dados das regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste/Centro-Oeste. Ambos possuem os mesmos atributos e a quantidade de dados varia pouco entre os mesmos, com aproximadamente 440 dados em cada. Esse dataset contém a variação de preço da energia elétrica (PLD), no período citado, e são categorizados em PLD Leve, PLD Médio e PLD Pesado. As simulações foram divididas por regiões e por categoria do PLD (Leve, Médio e Pesado) e nessa pesquisa realizaram-ses simulações para a região Norte e Sul.

Para melhor entendimento das etapas desenvolvidas é importante descrever os dados que compõem o *dataset* de energia elétrica. A Tabela 10 apresenta os atributos que compõe os registros.

|  |  |
| --- | --- |
| **Atributos** | |
| **1** | Energia armazenada em reservatórios (% MLT) |
| **2** | Influência de energia nos reservatórios (% MLT) |
| **3** | Geração hídrica total (MWmed) |
| **4** | Geração térmica total (MWmed) |
| **5** | Carga de potência do sistema (MWmed) |

Tabela 10 – Descrição dos atributos do *dataset de energia elétrica.*

Diferente das tarefas de classificação, a predição é mais complexa de se avaliar se o algoritmo está tendo bons resultados pois não possui classes e sim valores a predizer. Para isso, como citado anteriormente, estão sendo utilizadas diferentes tipos de métricas para o cálculo dos erros. Além disso, utilizaram-se gráficos para fazer a comparação entre os valores reais e os valores preditos, após as simulações.

Para avaliar a eficácia do algoritmo ADEANN na linguagem Python e fazer uma análise de resultados deste dataset, os resultados obtidos são comparados com o artigo de (FILHO et al., 2016).

**4.3.4** *Preparação dos dados*

Com relação ao pré-processamento realizado no dataset, utilizou-se a mesma metodologia utilizada por (FILHO et al., 2016). Os autores observam que na maior parte dos dados o PLD está abaixo de R$100,00 e raramente os valores estão acima de R$300,00. Como se sabe, as redes neurais são sensíveis a dados não balanceados, uma vez que isso causa dificuldades no processo de aprendizado e pode deteriorar a acurácia do modelo . Por isso, antes de realizar as simulações, tentou-se balancear os dados. Os dados que estão abaixo de 2002 foram removidos para tentar aproximar dos testes realizados por (FILHO et al., 2016).

|  |  |
| --- | --- |
| **Região Norte** | |
|  |  |
| **Região Sul** | |
|  |  |

**Figura 3 -** Dados balanceados da região norte e sul.

Os histogramas mostram como os dados estão concentrados. Na figura 3 estão os histogramas das regiões sul e norte, estes estão divididos em intervalos de R$10,00 e trazem os valores de PLD de cada região. Do lado direito mostra-se o histograma com os dados balanceados e ao lado esquerdo sem o balanceamento. Observa-se que entre R$10,00 e R$20,00 estão concentrados a maior parte dos dados com, aproximadamente, 150 para a região sul e 175 para a região norte. Para evitar que a aprendizagem da rede neural seja afetada foram removidos cerca de 45 dados na região sul e 65 dados na região norte. Como descrito anteriormente, existem poucos resultados acima de R$300,00 e estes foram mantidos.

Nota-se que mesmo após o tratamento dos dados, os mesmos não foram bem balanceados. No entanto, com as simulações após o balanceamento obtiveram resultados bem superiores. Apesar disso, ainda será feito mais estudos com o balanceamento de dados. Além da retirada de dados, deverá ser feito uma análise nas variáveis que possuem mais influência, sendo assim, fazendo com que as futuras simulações possam trazer melhores resultados.

**4.3.5** *Resultados obtidos*

Para as atividades de predição da tarifa de energia elétrica foi implementada uma arquitetura de aprendizagem profunda com 4 camadas no ADEANN. As simulações foram executadas seguindo a estratégia de predição de 36 passos à frente, ou seja, o sistema tentará prever o comportamento do preço da tarifa elétrica das 36 semanas consecutivas.

Como padrão, foi fixado o total de 5 gerações com 10 indivíduos cada, totalizando 50 redes simuladas a cada execução. Como se trata de um problema de predição, não há número de acertos como os problemas de classificação, sendo assim, o algoritmo considera um valor como correto se o valor predito estiver entre 15%, para mais ou para menos, do valor esperado. Essa porcentagem de acertos é a fitness do avaliada pelo ADEANN.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Sul** | | | | **Norte** | | |
|  | **RMSE** | **MAE** | **MAPE** | **RMSE** | **MAE** | **MAPE** |
| **Leve** | 10.22349 | 1.88792 | 0.20294 | 10.3868 | 1.09816 | 0.23731 |
| **Médio** | 10.66951 | 1.85902 | 0.20447 | 11.1137 | 2.01749 | 0.24848 |
| **Pesado** | 9.90737 | 1.61331 | 0.18759 | 11.0905 | 1.67746 | 0.23977 |
| **Média** | **10.2669** | **1.78675** | **0.19833** | **10.8636** | **1.5977** | **0.24185** |

Tabela 11 – Resultados RMSE, MAE e MAPE para as regiões Norte e Sul (valores em R$/Mhw)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

**Figura 4 –** Comparativo do desempenho de simulações realizadas por (FILHO et al., 2016).em comparação com o ADEANN.

Para comparação de resultados, a figura 4 apresenta os resultados obtidos por (FILHO et al., 2016). Neste são realizadas simulações em outros métodos tradicionais como ARIMA, Exponential Smooth, GARCH e Redes Neurais. Além disso mostra um modelo Híbrido que obteve os melhores resultados que esses.

Os testes foram realizados por (FILHO et al., 2016), considerando 12 semanas a frente, enquanto no ADEANN foram utilizadas 36 semanas a frente. A tabela 11 possui as métricas de erros utilizadas pelo ADEANN.

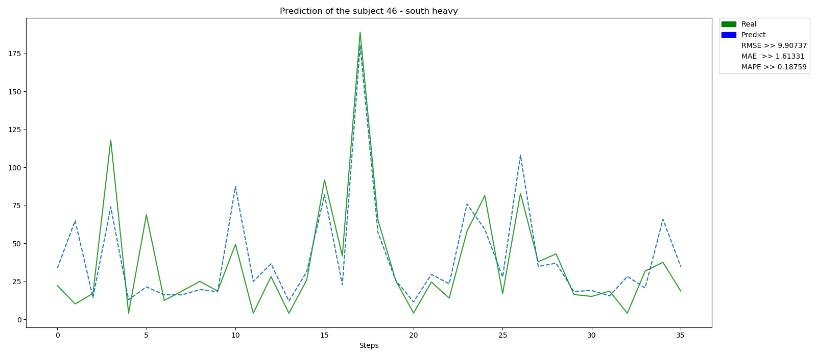
Para a região Sul, nota-se que o erro médio quadrático (RMSE), obtido pelo ADEANN foi 10.2669 R$/Mwh sendo maior do que 9 R$/Mwh, obtido pelo modelo Híbrido (FILHO et al., 2016). Porém, o MAE e MAPE, obtidos pelo ADEANN, foram respectivamente, 1.78675 R$/Mwh e 0.19833 R$/Mwh, sendo, portanto, menores dos que os obtidos pelo método hibrido (FILHO et al., 2016), cujos valores obtidos foram 3 R$/Mwh e 5 R$/Mwh, respectivamente.

Para a região Norte percebe-se uma diferença maior, o erro médio quadrático (RMSE), obtido pelo ADEANN ficou acima do RMSE obtido pelo modelo Híbrido (FILHO et al., 2016), tendo o ADEANN uma média de 10.8636 R$/Mwh , enquanto o modelo Hibrido obteve, aproximadamente, 7.5 R$/Mwh. O MAE e MAPE, obtidos com o ADEANN foram 1.5977 R$/Mwh e 0.24185 R$/Mwh, respectivamente, enquanto o modelo Híbrido obteve, aproximadamente, 2.5 R$/Mwh e 4.8 R$/Mwh. Sendo, portanto, os valores de MAE e MAPE obtidos pelo ADEANN superiores aos obtidos pelo sistema hibrido (FILHO et al., 2016).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Região** | **PLD** | **Camadas** | **Camada intermediária 1** | **Camada intermediária 2** | **Taxa de aprendizado** | **Epócas** |
| **Sul** | Leve | 4 | 10 | 11 | 0.01 | 10000 |
| Médio | 14 | 11 | 0.01 | 10000 |
| Pesado | 10 | 11 | 0.01 | 10000 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| **Norte** | Leve | 4 | 15 | 11 | 0.01 | 10000 |
| Médio | 11 | 10 | 0.01 | 10000 |
| Pesado | 10 | 14 | 0.01 | 10000 |

Tabela 12 – Parâmetros utilizados nas melhores simulações para as regiões Norte e Sul

Na tabela 12 mostra os parâmetros utilizados nas simulações que obtiveram os melhores resultados. Como citado anteriormente, foi implementado uma rede de aprendizagem profunda com 4 camadas no ADEANN, sendo a primeira de entrada com 5 neurônios, duas intermediárias variando entre 10 e 15 neurônios e ambas utilizando a função de ativação relu e uma de saída com apenas um neurônio utilizando a função de ativação linear. As taxas de aprendizado utilizadas foram de 0.01 e 10000 épocas para todas as simulações.



**Figura 5** – Série temporal com 36 passos (Região Sul).

A figura 5 mostra a série temporal com 36 passos com o melhor resultado obtido pelo ADEANN utilizando a região sul. Os valores reais estão em verde e os preditos em azul. Nota-se que o gráfico acompanha o padrão, porém, em certos pontos, ocorrem algumas divergências.

1. **Atividades FUTURAS:**

Possível melhora dos resultados da última simulação utilizando o dataset de tarifa de energia elétrica. Apesar de os resultados estarem dentro do esperado, pode-se melhorar fazendo um balanceamento melhor, análise dos atributos que mais influenciam na rede, etc. Além disso pode-se variar alguns parâmetros da rede neural, fazendo com que ela consiga predizer resultados com maior precisão.

1. **DIFICULDADES:**

Infraestrutura pequena para desenvolvimento do projeto.

1. **Referências bibliográficas:**

Bohanec, M. Rajkovic V. DEX: Expert system for decision making. Sistemica 1, pp. 145-157, 1990.

De Campos, Lídio Mauro Lima; de Oliveira, Roberto Célio Limão; Roisenberg, Mauro. Optimization of neural networks through grammatical evolution and a genetic algorithm, Expert Systems with Applications, Volume 56, 1 September 2016, Pages 368-384, ISSN 0957-4174, [http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2016.03.012.](http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2016.03.012)

FILHO, José C. Reston et al. Energy price prediction multi-step ahead using hybrid model in the Brazilian market. 2013

**PARECER DO ORIENTADOR:** Manifestação do orientador sobre o desenvolvimento das atividades do aluno.

**DATA:** \_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**ASSINATURA DO ORIENTADOR**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**ASSINATURA DO ALUNO**