

Disciplina PSI 3472 – Prof. Emilio - 2018 (com Profs Hae e Márcio)

Prof. Dr. Emilio Del Moral Hernandez

Graduação em Engenharia Elétrica na EPUSP

Doutorado em Engenharia Elétrica pela
University of Pennsylvania (Upenn – Philadelphia)



Livre Docente da EPUSP, na área de
Neurocomputação Eletrônica e Sistemas Adaptativos

Atuante no IEEE e nas atividades técnicas da IEEE - CIS

Contato: emilio.delmoral@usp.br / emilio@lsi.usp.br

Site do Grupo de Pesquisa: www.lsi.usp.br/ICONE



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

PSI3472-2018: SALA B2 x

https://edisciplinas.usp.br/mod/forum/discuss.php?id=422737

Listar respostas Transfira esta discussão para ... Mover Destacar

 **SALA B2-09 - Aulas / Atividades de PSI3472 (Profs Hae/Emilio/Marcio) ocorrerão na SALA B2-09**
por Emilio Del Moral Hernandez - domingo, 9 set 2018, 10:08

Caros/as aluno/as de PSI3472,

Nesta nossa aula de segunda feira começamos novas temáticas no nosso curso PSI3472: abordaremos "Fusão de Informações e Sistemas Multi-Sensores" (em torno de 4 aulas) e "Sistemas Inteligentes para Sinais de Tempo" (também em torno de mais 4 aulas).

As aulas e as atividades práticas desta semana ocorrerão na sala B2-09 (não na C1-10) - nesta semana de 10 e 11 de setembro.

Abcs,
Emilio.

Link direto | Editar | Excluir | **RESPONDER**

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

https://edisciplinas.usp.br/course/view.php?id=64146

Temáticas em sistemas multissensores e fusão de informação - Prof Emilio

-  Metas principais das 4 aulas em fusão de informações e sistemas multi-sensores
-  MBP: Ambiente para Redes Neurais - Veja no browser os tutoriais #1 brevemente e #2 a #7 em detalhe e em seguida instale o MBP no seu computador (ou identifique um ambiente equivalente de sua preferência e instale-o).
-  Link Teses USP para baixar a dissertação de Raphael Garcia Moreira e entender os detalhes de um sistema multisensor que ensaiaremos
-  Tabelas de Dados Vindos da Dissertacao Raphael - Recuperacao Natural apenas - para STOA
-  Zipado com vários projetos de 5o ano em regressores e reconhecedores

PSI3472-2018: Metas pr x + v

https://edisciplinas.usp.br/mod/page/view.php?id=2413157

Metas principais das 4 aulas em fusão de informações e sistemas multi-sensores

Em uma sequência de 4 aulas de PSI 3472 (iniciando em 10 de setembro) abordaremos um tema importante em sistemas eletrônicos inteligentes e em inteligência computacional de uma forma geral: a Fusão de Informações e os Sistemas Multi-Sensores. Tal temática tem aplicação importante em Instrumentação Inteligente, Sistemas Embarcados, Robótica, IoT, Ciência dos Dados, e também em várias outras áreas que elencaremos em conjunto (professores e alunos) nas atividades em sala de aula que teremos nos 4 dias. Uma das ilustrações concretas simples em que os conceitos e as técnicas estudadas nestas 4 aulas serão trabalhados envolverá a fusão de informações geradas por diversos sensores de gás com características de alguma maneira complementares e que serão empregados no contexto de medida de concentração de substâncias de interesse: o conceito de fusão de sensores se aplica à construção de "narizes eletrônicos" e de "línguas eletrônicas", neste último caso usando sensores de substâncias líquidas; vários sensores que operam com precisão pequena ou limitada nesses contextos podem ser conjugados para o aumento de precisão das medidas e/ou para o aumento da taxa de acerto no reconhecimento de padrões. Neste cenário simples de um sistema multi-sensores de gás, poderemos estudar os conceitos de sensores / medidas / estimativas que não são 100% específicos/as (aprenderemos que a especificidade 100% é algo idealizado e impossível de obter na maior parte de situações práticas); aprenderemos também os conceitos de elementos interferentes nas operações desses sensores / medidores / estimadores e avaliaremos o quanto esses elementos interferentes degradam a precisão de sistemas reais de sensoriamento / medida / estimativa; aprenderemos finalmente como a estratégia de fusão de informações múltiplas pode reduzir significativamente tal degradação pelos interferentes. Os ensaios e os estudos de conceitos realizados pelos alunos nesse cenário relativamente simples poderão então ser transportados pelos próprios alunos para outros cenários distintos do ilustrado e ensaiado por eles, eventualmente mais complexos, eventualmente úteis em outras áreas de aplicação da lista citada anteriormente neste mesmo texto: Sistemas Embarcados, Robótica, IoT, Ciência dos Dados, etc.

Para aqueles que quiserem adiantar o estudo para as atividades deste tópico, os seguintes materiais estão/estarão disponíveis em breve:

- Instruções neste STOA para a instalação do simulador de redes neurais "MBP". Esse simulador ou outro equivalente pode ser usado como fusão de informações com estratégias tanto lineares (matrizes combinando linearmente as informações) quanto não lineares.
- Links para ilustrações de sistemas desenvolvidos por alunos de graduação (na disciplina PSI2672) que empregam o conceito de fusão de informações múltiplas para a precisão aumentada.
- Uma seleção de dados experimentais gerados em trabalho desenvolvido aqui na Poli para a caracterização de 3 sensores de gases não 100% seletivos (isso sempre ocorre, mirando medir concentrações de CH₄ (metano), CO (monóxido de carbono) e H₂ (Hidrogênio), e que usamos para exercitar o conceito de fusão de informação em sistemas multi-sensores / sistemas multi-medidas / sistemas multi-informação. Estes dados serão exercitados pelos alunos e servirão de modelo para que eles obtenham dados em outras aplicações em que os conceitos estudados se apliquem.
- O link para baixar o Tese USP a dissertação de mestrado (de Raphael Garcia Moreira, orientado pelo Prof. Sebastião) em que a coleta desses dados selecionados para nosso ensaio de aprendizado está bastante detalhada; caso tenha interesse em se aprofundar na temática e em entender detalhes de como as tabelas de dados empíricos foram obtidas, esta é a referência que responderá suas perguntas!

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

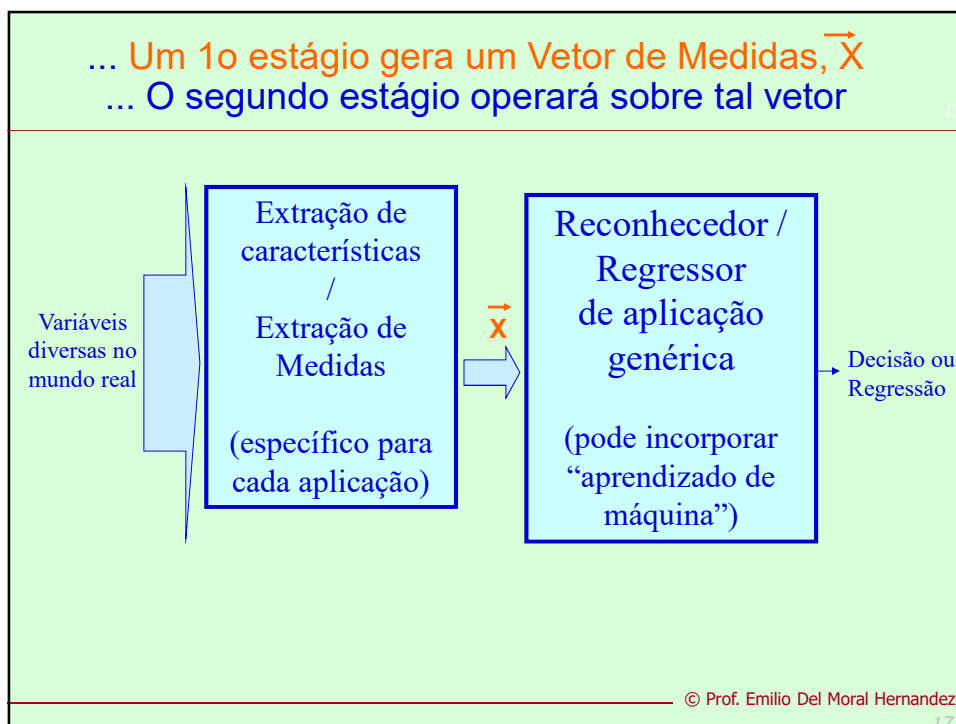
s pr × + ∨

s://edisciplinas.usp.br/mod/page/view.php?id=2413157

das 4 aulas em fusão de informações e sistemas multi-sensores

aulas de PSI 3472 (iniciando em 10 de setembro) abordaremos um tema importante em sistemas eletrônico
 são de Informações e os Sistemas Multi-Sensores. Tal temática tem aplicação importante em Instrumentação
 Dados, e também em várias outras áreas que elencaremos em conjunto (professores e alunos) nas atividades
 retas simples em que os conceitos e as técnicas estudadas nestas 4 aulas serão trabalhados envolverá a fu
 características de alguma maneira complementares e que serão empregados no contexto de medida de conce
 aplica à construção de "narizes eletrônicos" e de "línguas eletrônicas", neste último caso usando sensores d
 quena ou limitada nesses contextos podem ser conjugados para o aumento de precisão das medidas e/ou
 tes. Neste cenário simples de um sistema multi-sensores de gás, poderemos estudar os conceitos de senso
 mos que a especificidade 100% é algo idealizado e impossível de obter na maior parte de situações prática
 as operações desses sensores / medidores / estimadores e avaliaremos o quanto esses elementos interfer
 da / estimativa; aprenderemos finalmente como a estratégia de fusão de informações múltiplas pode redu
 e os estudos de conceitos realizados pelos alunos nesse cenário relativamente simples poderão então ser
 do ilustrado e ensaiado por eles, eventualmente mais complexos, eventualmente úteis em outras áreas de
 mbarcados, Robótica, IoT, Ciência dos Dados, etc.

m adiantar o estudo para as atividades deste tópico, os seguintes materiais estão/estarão disponíveis em b

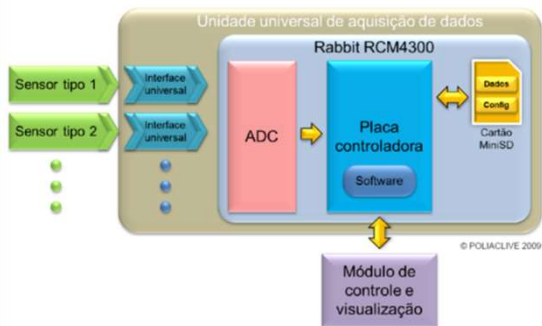


Sistema de fusão de sensores: por exemplo pressão e temperatura

18

Introdução

Eletrônica embarcada



projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

18

Língua Eletrônica para controle de qualidade alimentar e detecção de substâncias nocivas

19



1. Gordura
2. Proteína
3. Lactose
4. pH

- Sistema com 4 sensores;
- Sistema com 5 frequências diferentes em cada sensor;
 - $4 \times 5 = 20$ entradas para a RNA

projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

19

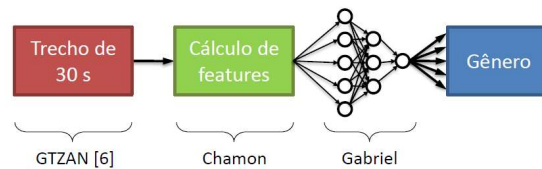
Classificação automática de generos musicais

25

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Categorizar músicas em gêneros automaticamente baseado em trechos de suas gravações e exemplos rotulados *a priori*

A SOLUÇÃO



- 1) Blues
- 2) Classical
- 3) Country
- 4) Disco
- 5) Hip-Hop
- 6) Jazz
- 7) Metal
- 8) Pop
- 9) Reggae
- 10) Rock

projeto de alunos em PSI-2672

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

25

Os sensores não são 100% seletivos ...

26

(☹ Eles não são perfeitos!!!)

Uma presença constante em virtualmente qualquer situação prática

...

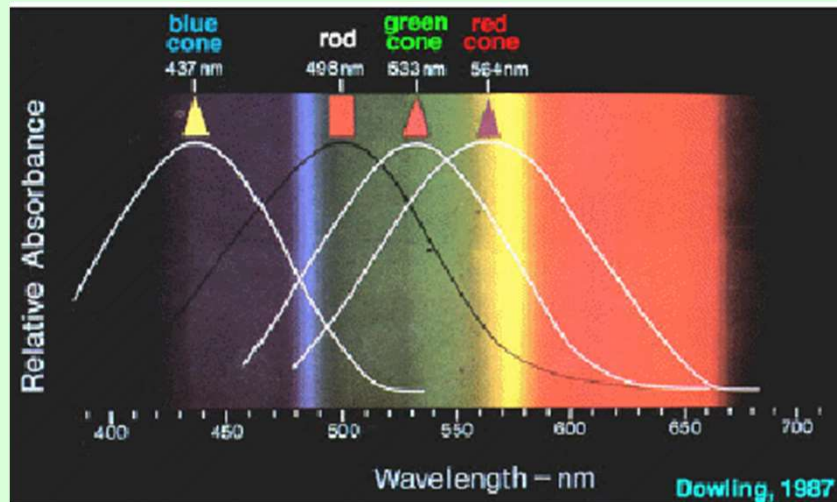
Tanto no universo de sensores propriamente ditos quanto em ciência de dados, IoT, robótica, imagens, etc etc

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

26

Exemplo de sensores não específicos no sistema visual humano

27

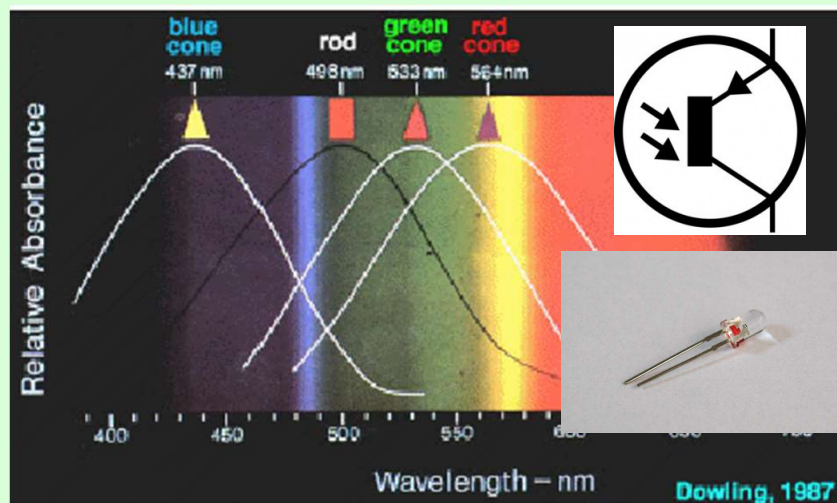


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

27

Sensibilidade não específica similar também ocorre em foto-transistores

28



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

28

Sensibilidade não específica similar também ocorre em sensores em línguas eletrônicas

29



E-Tongue na análise de uma amostra de café

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

29

Sensibilidade não específica similar também ocorre em sensores em línguas eletrônicas

30



Foto de um conjunto de eletrodos de ouro, que compõe uma língua eletrônica, recoberto com filmes ultrafinos (Imagem: Osvaldo Novais)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

30

Entendendo o básico do contexto que usaremos para os ensaios dirigidos (com especificação do problema fechada)

31

The slide displays two overlapping windows. The background window is a PDF viewer showing a document titled "111-DISSERTACAO..." by Raphael Garcia Moreira. The document's title is "SENSORIAMENTO DE MISTURAS DE H₂, CH₄ E CO POR MEIO DE UMA MATRIZ DE QUIMIOSENSORES". The foreground window is a web browser showing the "Link Teses USP" page for the same document. The page includes a search bar, a login button, and a link to the full text of the dissertation.

Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Entendendo o básico do contexto que usaremos para os ensaios dirigidos (com especificação do problema fechada)

32

The slide displays a web browser window showing the "Teses USP" page for the document "10.11606/D.3.2014.tde-13102014-150854". The page includes a sidebar with navigation links and a main content area with the document's metadata and abstract.

Sensoriamento de mist

teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3140/tde-13102014-150854/pt-br.php

Dissertação de Mestrado

DOI: 10.11606/D.3.2014.tde-13102014-150854

Documento

Dissertação de Mestrado

Autor

Moreira, Raphael Garcia (Catálogo USP)

Nome completo

Raphael Garcia Moreira

E-mail

E-mail

Unidade da USP

Escola Politécnica

Área do Conhecimento

Microeletrônica

Data de Defesa

2014-02-20

Impressão

São Paulo, 2014

Orientador

Santos Filho, Sebastião Gomes dos (Catálogo USP)

Banca examinadora

Santos Filho, Sebastião Gomes dos (Presidente)
Oka, Mauricio Massazumi
Ries, Ronaldo Willian

Título em português

Sensoriamento de misturas de H₂, CH₄ e CO por meio de uma matriz de quimiosensores

Palavras-chave em português

Gás proveniente de gasificação
Quimiosensores
Redes neurais artificiais

Resumo em português

A determinação de cada espécie que compõe uma mistura gasosa tem sido alvo de muitas pesquisas. Existem equipamentos para tal finalidade tais como, cromatografia gasosa, espectroscopia de infravermelho e sensores. A fim de viabilizar uma aplicação de baixo custo para a determinação da concentração de espécies em uma mistura gasosa, neste trabalho, é proposto um aparato para sensoriamento de H₂, CH₄ e CO encontrados em gases combustíveis. O sensoriamento é efetuado por quimiosensores de SnO₂ comercialmente disponíveis. O aparato consiste de um sistema de coleta da mistura gasosa e de sua diluição antes de seguir a análise feita pelos sensores, obedecendo aos requisitos de segurança contra explosões. O aparato foi submetido a 125 diferentes misturas oriundas da combinação das concentrações de 0, 200, 800, 1500 e 2000 ppm de cada espécie gasosa utilizando o nitrogênio (99,999%) como gás de arraste. As amostragens foram avaliadas sob dois diferentes métodos de recuperação dos sensores: forçado e natural. Através dos resultados experimentais obtidos, foi observado que a sensibilidade cruzada dos sensores de CO e de CH₄ é bastante elevada enquanto que o sensor de H₂ apresentou maior seletividade e o método de recuperação natural apresentou melhores resultados em função da estabilidade térmica do sistema. Uma rede neural artificial foi desenvolvida e treinada com o objetivo de superar o problema das sensibilidades cruzadas. Os resultados obtidos pela rede neural são promissores e apresentaram erro máximo de 0,1 % para o hidrogênio, 25% para o metano e 20% para o monóxido de carbono para a obtenção da concentração absoluta de H₂, CH₄ e CO encontrados em misturas com composições conhecidas de antemão.

Título em inglês

Sensing mixtures of H₂, CH₄ and CO through an array of chemiresistors.

Palavras-chave em inglês

Artificial neural networks
Chemiresistors
Gas from gasification

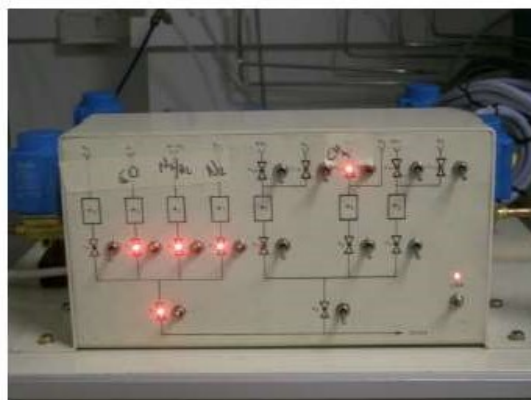
Resumo em inglês

The achievement of the content of each component of a gas mixture from gasifiers has been a matter of several studies. There are specific techniques for this purpose, such as gas chromatography, infrared spectroscopy and sensors. In order to allow a low cost application for obtaining the concentrations in a gas mixture, this study proposes a set up for sensing H₂, CH₄ and CO found in fuel gases produced by gasifiers. The sensing is performed by commercially available chemiresistors of SnO₂. The proposed set up collects the gas mixture and dilutes it before proceeding the sensing step, based on the safety requirements to avoid explosion. 125 different gas mixtures were prepared from the combination of 0, 200, 800, 1500 and 2000 ppm of H₂, CH₄ and CO using nitrogen (99.999%) as the

Prof. Emilio Del Moral Hernandez

147952R1BM – MKS Instruments Inc. controlados por um sistema Readout - modelo 247D – MKS Instruments Inc. (Figura 7) também foram utilizados.

Figura 6 – Painel de controle das válvulas pneumáticas de cada um dos gases.



Fonte: ACERVO PESSOAL, 2013.

6 -- 6b - DISSERTACAO Raphael_Garcia_Moreira.pdf (PROTEGIDO) - Adobe Acrobat Reader DC

Arquivo Editar Visualizar Janela Ajuda

Início Ferramentas 6 -- 6b - DISSERTA... x Fazer login

46 / 119 123%

45

Figura 7 – Painel de controle (READ-WRITE) dos Mass-flows.

Fonte: ACERVO PESSOAL, 2013.

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Figura 12 – Montagem dos sensores.



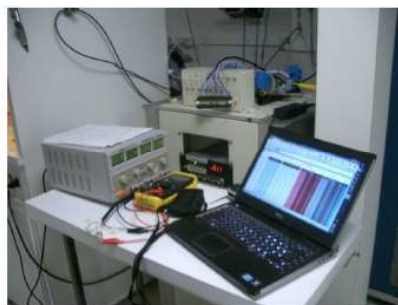
Fonte: ACERVO PESSOAL, 2013.

Uma visão geral da disposição do sistema de sensoriamento montado é apresentada na Figura 13:

Figura 13 – Visão geral do experimento.

Uma visão geral da disposição do sistema de sensoriamento montado é apresentada na Figura 13:

Figura 13 – Visão geral do experimento.



Fonte: ACERVO PESSOAL, 2013.

O sistema foi mantido na sala limpa do Laboratório de Sistemas Integráveis da EPUSP a 20 °C e 65 % de umidade relativa. As

111-Tabelas_de_Da... x

Ensaio com medidas de R_{CH_4} do sensor de Metano (CH₄): Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13 da tese:

Tabela 1 - Ensaio com 0 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	4,64	3,74	2,99	2,67	2,45
200	1,85	1,2	1,1	1,12	1,11
800	1,17	0,87	0,82	0,8	0,81
1500	0,87	0,72	0,66	0,67	0,67
2000	0,79	0,67	0,65	0,62	0,59

Tabela 2 - ... agora com 200 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	4,43	3,06	2,61	2,41	2,24
200	1,55	1,16	1,04	1,06	1,03
800	1,09	0,82	0,76	0,79	0,75
1500	0,82	0,64	0,62	0,64	0,61
2000	0,75	0,62	0,57	0,58	0,59

Tabela 3 - ... agora com 800 ppm de monóxido de carbono (CO).

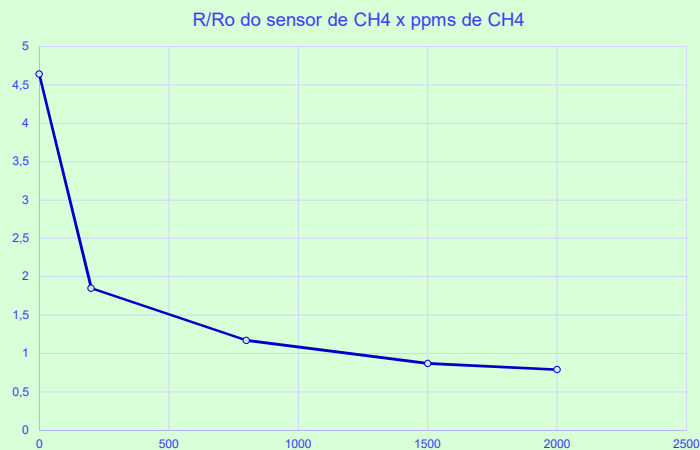
CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	3,69	3,11	2,55	2,37	2,14
200	1,56	1,15	1,03	0,97	1,02
800	1,04	0,81	0,81	0,78	0,76
1500	0,78	0,63	0,61	0,59	0,58
2000	0,7	0,63	0,62	0,59	0,57

Tabela 4 - ... agora com 1500 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	3,58	2,93	2,36	2,23	2,21
200	1,6	1,08	1,03	1	0,94

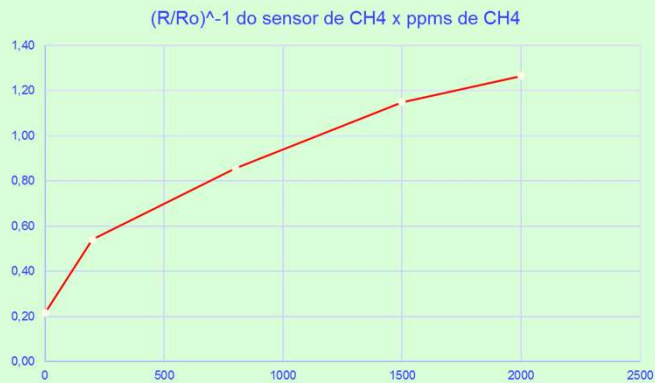
Sensor de CH₄ estimulado por CH₄ apenas (CO 0ppm e H₂ 0ppm);
Concentração de CH₄ de 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

0	4,64
200	1,85
800	1,17
1500	0,87
2000	0,79



Sensor de CH4 estimulado por CH4 apenas (CO 0ppm e H2 0ppm);
Concentração de CH4 de 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

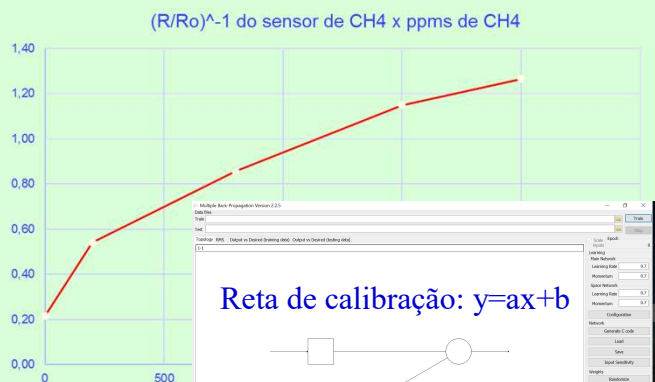
		1/sensor
0	4,64	0,22
200	1,85	0,54
800	1,17	0,85
1500	0,87	1,15
2000	0,79	1,27



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sensor de CH4 estimulado por CH4 apenas (CO 0ppm e H2 0ppm);
Concentração de CH4 de 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

		1/sensor
0	4,64	0,22
200	1,85	0,54
800	1,17	0,85
1500	0,87	1,15
2000	0,79	1,27



Reta de calibração: $y=ax+b$

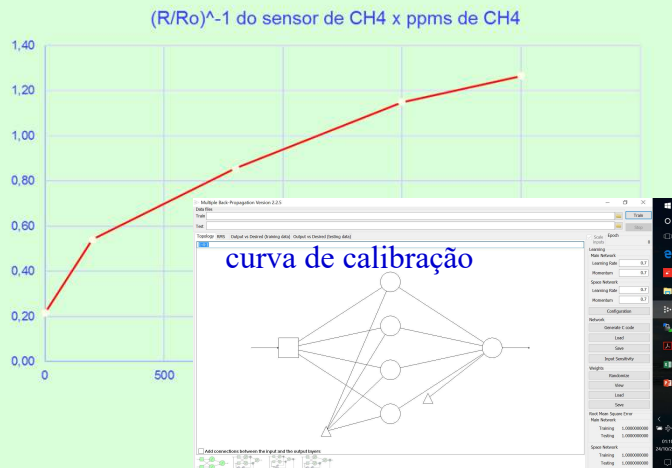


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sensor de CH4 estimulado por CH4 apenas (CO 0ppm e H2 0ppm);
Concentração de CH4 de 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

42

		1/sensor
0	4,64	0,22
200	1,85	0,54
800	1,17	0,85
1500	0,87	1,15
2000	0,79	1,27



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

43

Redes Neurais Artificiais

43

São: sistemas computacionais, de implementação em hardware ou software, que imitam as habilidades computacionais do sistema nervoso biológico, usando um grande número de processadores simples (neurônios artificiais) e interconectados entre si.

Emprestam da biologia:

- A estrutura de processamento microscópico (processamento de informação de neurônios individuais)
- Em algum grau, aspectos da organização de redes neurais biológicas – como os neurônios se interligam
- O aprendizado através de exemplos (através de casos)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

43

Temos pois duas componentes de cálculo complementares no neurônio:

44

1) Uma linear (soma ponderada das entradas)

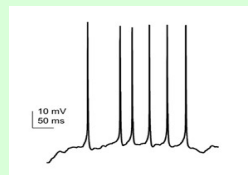
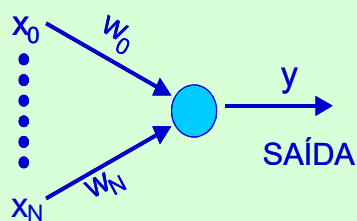
2) Outra não linear (Função de transferência da classe sigmoidal)

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

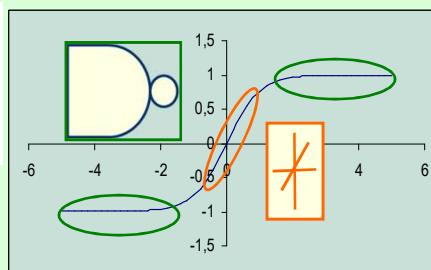
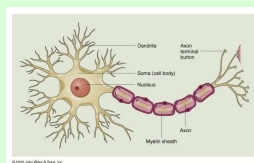
44

**Computação linear e não linear,
com codificação frequencial**

45



$$y = f_T(\sum w_i x_i)$$

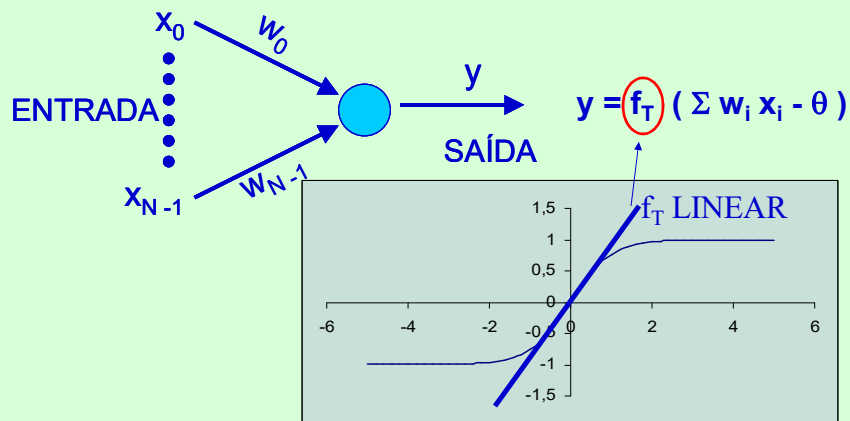


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

45

Caso particular do nó com comportamento linear
... $f_T(\text{arg}) = k \cdot \text{arg}$

46

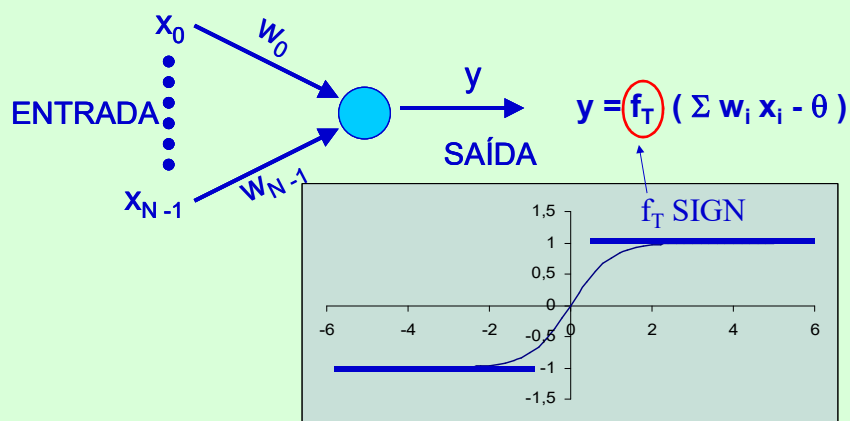


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

46

Caso particular do nó com comportamento binário
... $f_T(\text{arg}) = \text{sign}(\text{arg})$

47



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

47

111-Tabelas_de_Da... x

Ensaio com medidas de R_{CH_4} do sensor de Metano (CH₄): Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13 da tese:

Tabela 1 - Ensaio com 0 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	4,64	3,74	2,99	2,67	2,45
200	1,85	1,2	1,1	1,12	1,11
800	1,17	0,87	0,82	0,8	0,81
1500	0,87	0,72	0,66	0,67	0,67
2000	0,79	0,67	0,65	0,62	0,59

Tabela 2 - ... agora com 200 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	4,43	3,06	2,61	2,41	2,24
200	1,55	1,16	1,04	1,06	1,03
800	1,09	0,82	0,76	0,79	0,75
1500	0,82	0,64	0,62	0,64	0,61
2000	0,75	0,62	0,57	0,58	0,59

Tabela 3 - ... agora com 800 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	3,69	3,11	2,55	2,37	2,14
200	1,56	1,15	1,03	0,97	1,02
800	1,04	0,81	0,81	0,78	0,76
1500	0,78	0,63	0,61	0,59	0,58
2000	0,7	0,63	0,62	0,59	0,57

Tabela 4 - ... agora com 1500 ppm de monóxido de carbono (CO).

CH ₄	H ₂ :0	H ₂ :200	H ₂ :800	H ₂ :1500	H ₂ :2000
0	3,58	2,93	2,36	2,23	2,21
200	1,6	1,08	1,03	1	0,94

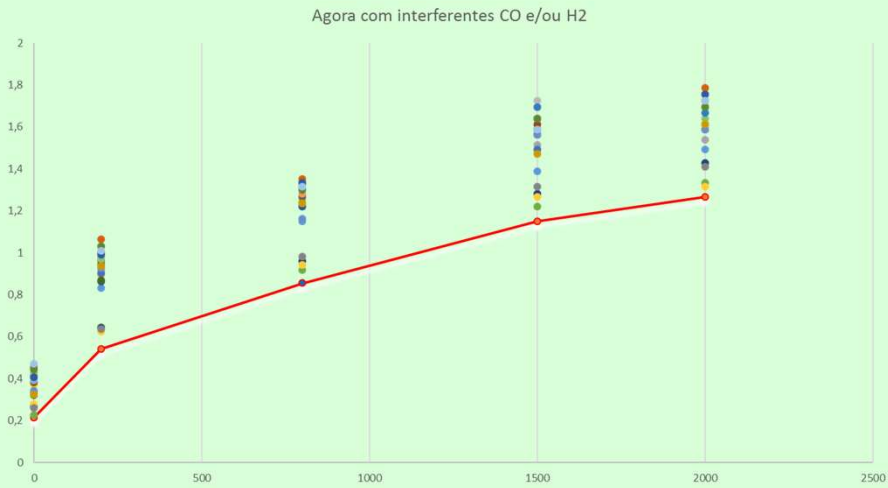
Sensor de CH₄ estimulado por CH₄ & também mesclado com CO e H₂ como interferentes ; 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

Sensor de CH₄ estimulado por CH₄ & também mesclado com CO e H₂ como interferentes ; 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

51

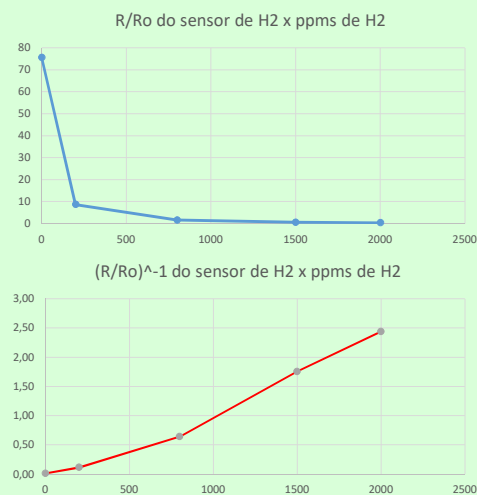


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

51

Sensor de H₂ estimulado apenas por H₂ (CO 0ppm e H₂ 0ppm);
Concentração de H₂ de 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

52

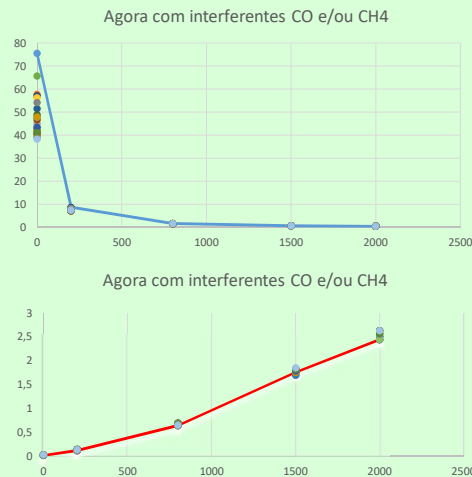


© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

52

Sensor de H₂ estimulado por H₂ & também mesclado com CH₄ e CO como interferentes ; 0ppm, 200ppm, 1500ppm e 2000ppm

53



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

53

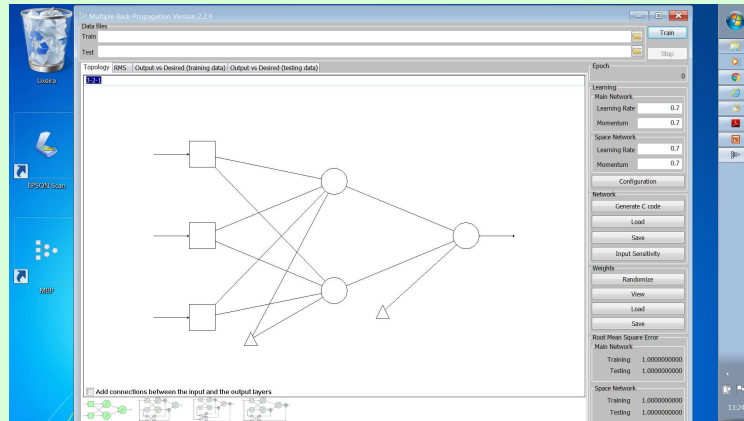
*A fusão de informações
oferecidas pelo array /
conjunto de sensores
através de redes neurais
(ou técnica equivalente)*

© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

54

Instale o MBP e digite “3-2-1” no campo Topology, ;-)

55



© Prof. Emilio Del Moral Hernandez

55