



República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0700292-0 A**

(22) Data de Depósito: 08/01/2007  
(43) Data de Publicação: 26/08/2008  
(RPI 1964)



(51) *Int. Cl.:*  
**G01N 27/06 (2008.04)**  
**G01N 27/22 (2008.04)**

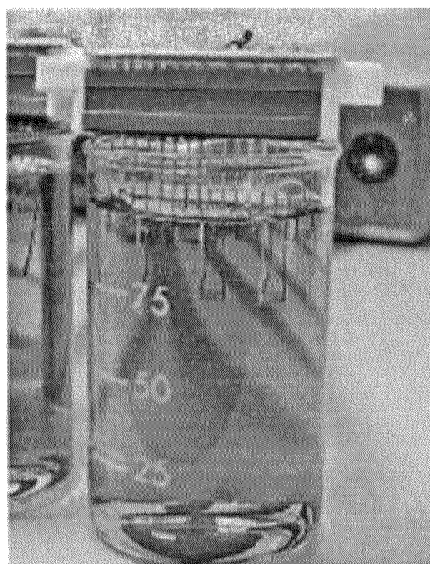
(54) Título: **INSTRUMENTO PARA USO EM LÍNGUA ELETRÔNICA**

(71) Depositante(s): Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (BR/SP), Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (BR/SP)

(72) Inventor(es): José Alberto Giacometti, Antonio Riul Junior, Bruno Barreto Bergamo, Flávio Pandur Albuquerque Cabral

(74) Procurador: Nova Marca Consultores Associados Ltda

(57) Resumo: INSTRUMENTO PARA USO EM LÍNGUA ELETRÔNICA. Refere-se a presente patente a um sistema de análise integrado, de baixo custo, pequenas dimensões e de grande versatilidade para geração, multiplexação de sinais, realização de medidas elétricas e análise de resultados de unidades sensoriais compondo um dispositivo comumente chamado de "língua eletrônica", além da aquisição de dados, cuja tecnologia poderá ser utilizada em indústrias de alimentos e bebidas, farmacológicas, podendo, ainda, ser estendida para avaliação de contaminantes ambientais e combustíveis, entre outras aplicações.



## INSTRUMENTO PARA USO EM LÍNGUA ELETRÔNICA

A presente patente diz respeito a um sistema de geração e multiplexação de sinais entre unidades sensoriais compondo um dispositivo comumente chamado de "língua eletrônica", além da aquisição de dados, cuja tecnologia poderá ser utilizada em Indústrias de alimentos e bebidas, farmacológicas, podendo, ainda, ser estendida para avaliação de contaminantes ambientais e combustíveis, entre outras aplicações.

10 Para melhor compreensão do invento ora proposto, vale ressaltar que entende-se como "língua eletrônica" um dispositivo capaz de avaliar sistemas líquidos complexos de maneira rápida e eficiente utilizando um conjunto de elementos transdutores não específicos aos meios em que estão imersos

15 [K. Toko, *Measur. Sci. Technol.* Vol 9, p. 1919 (1998), Y. Vlasov, A. Legin, A. Rudnitskaya, *Sensors and Actuators B*, Vol 44, p.532 (1997), A.Riul Jr, D.S. dos Santos Jr, K. Wohnrath, R. Di Tommazo, A.C.P.L.F. Carvalho, F.J. Fonseca, O.N. Oliveira Jr, D.M. Taylor, L.H.C. Mattoso, *Langmuir* 18,

20 239-245 (2002), e patentes PI 0103502-9, PI 0200409-7 e PCT/BR 02/00028].

O invento está baseado na miniaturização, simplificação e automação de um sistema de medidas de baixo custo que gera uma tensão elétrica alternada, realiza medidas em

25 várias unidades sensoriais compondo uma "língua eletrônica" (multiplexação entre as unidades sensoriais), mede automaticamente um conjunto de "línguas eletrônicas"

(multiplexação entre línguas eletrônicas), calcula através de um programa computacional os parâmetros de interesse (como a impedância elétrica da unidade sensorial e grandezas derivadas como capacitância elétrica, fator de perda, etc.) e agrupa os resultados automaticamente em uma base de dados para avaliação dos líquidos analisados através de forma totalmente integrada com métodos estatísticos e/ou computacionais.

Ressalta-se que o invento permite em uma única plataforma a integração do sistema para analisar os resultados das medidas com os programas de análise (análise por Componentes Principais, redes neurais artificiais e outros).

A invenção envolve uma eletrônica de baixo custo, realizando medidas com várias "línguas eletrônicas" através de um único aparelho, possuindo sensibilidade comparada aos medidores comerciais e integração com os programas de análise dos resultados, viabilizando grandemente a sua comercialização, tendo em vista que as "línguas eletrônicas" são monitoradas em uma única matriz, proporcionando uma diferença de resposta inferior a 0,1% quando comparado a equipamentos comerciais (medidores de impedância elétrica) e com integração a programas de análise de dados (como a análise estatística por componentes principais ou outro tipo de programa computacional que facilite a qualificação das amostras analisadas), permitindo, ainda, a sua adaptação a um computador tipo "laptop" ou a um "palmtop", viabilizando grandemente a realização de medidas em campo.

## ESTADO DA TÉCNICA

Tem-se conhecimento da existência de um produto semelhante da EMBRAPA/CNPQ em São Carlos (SP), porém menos funcional. Os similares estrangeiros diferem  
5 fundamentalmente em relação à técnica de medida utilizada para fabricação do sensor, e até o momento o presente invento apresenta os melhores resultados na literatura.

Antes de destacarmos os pontos nos quais a presente invenção supera o estado da arte relacionado a esse tipo de  
10 dispositivo, faremos uma breve apresentação e comparação dos tipos e métodos existentes em “*línguas eletrônicas*”.

Dentre as “*línguas eletrônicas*” encontradas na literatura a de maior sensibilidade é de titularidade da EMBRAPA de São Carlos/SP, requeridas como patentes através dos  
15 processos PI 0103502-9, PI 0200409-7 e PCT/BR 02/00028. Esse sensor tem como principal característica diferenciar paladares abaixo do sistema biológico (até mil vezes mais sensível que a língua humana), realizando também a distinção de bebidas com o mesmo paladar, como, por exemplo, vinhos de  
20 acordo com o tipo de uva, safra e produtor [A. Riul Jr, H.C. de Sousa, R.R. Malmegrim, D.S. dos Santos Jr, A.C.P.L.F. Carvalho, F.J. Fonseca, O.N. Oliveira Jr, L.H.C. Mattoso, **Sensors and Actuators B Vol 98, p.77 (2004)**], café, chá, água mineral, etc., de maneira mais rápida e simples que os métodos  
25 analíticos convencionais [A.Riul Jr, D.S. dos Santos Jr, K. Wohnrath, R. Di Tommazo, A.C.P.L.F. Carvalho, F.J. Fonseca, O.N. Oliveira Jr, D.M. Taylor, L.H.C. Mattoso, *Langmuir* 18,

239-245 (2002), e patentes PI 0103502-9, PI 0200409-7 e PCT/BR 02/00028]. O que viabiliza tamanha sensibilidade a essa “língua eletrônica” são medidas de impedância elétrica realizadas em um conjunto de eletrodos interdigitados de ouro cobertos com filmes nanoestruturados de diferentes materiais, que acabam formando as unidades sensoriais do dispositivo.

As medidas de impedância têm se mostrado mais viável nesse tipo de aplicação sensorial que outros métodos utilizados em “línguas eletrônicas”, como, por exemplo, medidas potenciométricas [K. Toko, *Measur. Sci. Technol.* Vol 9, p. 1919 (1998), Y. Vlasov, A. Legin, A. Rudnitskaya, *Sensors and Actuators B*, Vol 44, p.532 (1997) patente EP 0410356 A1] e voltamétricas [F. Winqvist, P. Wide, I. Lundström, *Analytica Chimica Acta*, Vol. 357, p. 21 (1997), patente WO 03/046554 A1], que além de necessitarem de um eletrodo de referência têm sensibilidade mais baixa na detecção de substâncias que não formam eletrólitos, como a sacarose [M. Iwakura, Y. Isomoto, T. Inoue, K. Toko, K. 2003, *Sensors and Materials*, Vol. 15, p. 371 (2003)]. Tem se mostrado, também, mais sensíveis que medidas ópticas utilizando micropartículas alojadas em microcavidades como elementos transdutores [patente US 6,908,770]. Os filmes nanoestruturados, por sua vez, permitem medidas mais rápidas, pois devido à baixa espessura não é necessário esperar a difusão do líquido no material transdutor, além de aumentar a sensibilidade do dispositivo e fornecer resultados menos dispersos que aqueles obtidos com filmes mais espessos [M.

**Ferreira, A. Riul Jr, K. Wohnrath, F.J. Fonseca, O.N. Oliveira, L.H.C. Mattoso, *Analytical Chemistry* vol. 75, p. 953 (2003)].**

As principais desvantagens da “língua eletrônica” em destaque acima são:

5 I) variabilidade das medidas em função da temperatura das soluções;

II) quando se usa um medidor comercial há a necessidade de um multiplexador para realizar medidas elétricas simultâneas das várias unidades sensoriais que compõem a “língua eletrônica”, caso contrário há um comprometimento na reprodutibilidade dos resultados. Adicionalmente, o tempo de medida fica excessivamente longo, inviabilizando medidas em campo;

15 III) os equipamentos existentes no mercado são de alto custo, requerendo adaptações (como o multiplexador) para este tipo de medida.

### **VANTAGENS DA INVENÇÃO EM RELAÇÃO AO ESTADO DA TÉCNICA**

20 O problema da temperatura pode ser facilmente controlado através de um banho térmico.

A solução do presente invento para a parte elétrica do aparelho deu-se através um sistema que pode ser ligado diretamente a um microcomputador, composto basicamente de um circuito eletrônico especialmente desenvolvido, ligado a uma placa de aquisição, a qual é encontrada no mercado para a digitalização dos sinais analógicos resultantes das medidas, o programa computacional para cálculo da impedância elétrica e

grandezas derivadas e com integração direta com programas de análise dos resultados. É um sistema simples, de dimensões reduzidas, facilmente programável para realizar medidas específicas, como, por exemplo, monitorar simultaneamente 5 várias “*línguas eletrônicas*”, uma medindo café, outra água, vinho, etc.. Essas várias “*línguas eletrônicas*” podem ser colocadas para trabalhar de maneira conjunta ou independente umas das outras, que é um passo fundamental para aplicações industriais diversas.

Apresenta baixo custo (US\$ ~600,00 da placa de 10 aquisição, US\$ ~100 da construção dos circuitos e US\$ ~500 de um micromputador) e possui desempenho comparável aos medidores de impedância comerciais, avaliados em sua grande maioria entre US\$ 10.000,00 e US\$ 30.000,00, mantendo elevada a sensibilidade do dispositivo, de importância fundamental para 15 reprodutibilidade dos resultados. Há medidores mais baratos (em torno de R\$ 900,00) que não realizam a multiplexação das medidas e não tem a sensibilidade necessária para as medidas com a “*língua eletrônica*”. Outra desvantagem dos medidores de impedância comerciais é a impossibilidade de realizar medidas 20 em campo devido ao seu tamanho.

### **BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS**

As figuras 1A a 1H, ilustram o protótipo com detalhes do circuito, sendo que:

- Fig. 1(A) – Uma língua eletrônica composta por 8 25 unidades sensoriais imersa em um líquido;
- Fig. 1(B) - Várias línguas eletrônicas (cinco), cada uma com 8 unidades sensoriais;

- Fig. 1(C) - Fotografia da placa principal com o multiplexador para 8 unidades sensoriais distintas;

- Fig. 1(D) - Fotografia de uma placa para multiplexação de várias línguas eletrônicas;

5 - Fig. 1(E) - Fotografias de um dos cabeçotes para encaixe das unidades sensoriais;

- Fig. 1(F) - Fotografia da placa da fonte de alimentação;

- Fig. 1(G) - Fotografia de todos circuitos do sistema;

10 e,

- Fig. 1(H) - Fotografia do protótipo.

As Figuras 2A e 2B, ilustram o Gráfico PCA das medidas realizadas em água; sendo que a figura 2A apresenta o sistema em desenvolvimento no DFQB e a figura 2B demonstra o sistema com um medidor de impedância comercial (Solartron, modelo 1260A).

### **DESCRIÇÃO DETALHADA DA MODALIDADE PREFERIDA**

O sistema elétrico do invento ora reivindicado é capaz de gerar uma tensão elétrica alternada (Figura 1) realizar as medidas através de amplificadores, fazer a leitura multiplexada de até 8 "*línguas eletrônicas*" (ver Fig. 1) contendo cada uma até 8 unidades sensoriais que a formam (ver Fig. 1) podendo ainda ser expandido para um número maior de "*línguas eletrônicas*" e unidades sensoriais, e ainda processar com um programa computacional os sinais para realizar os cálculos de impedância e outros parâmetros elétricos de interesse que são relevantes para avaliação de sistemas líquidos diversos. Outras vantagens do

invento são: a integração com os programas de análise dos resultados das medidas com a “*língua eletrônica*” (PCA, rede neural ou qualquer outro programa ou método de análise), e o acoplamento direto das unidades sensoriais da “*língua eletrônica*”  
5 no sistema de medidas (Figuras 1e e 1b), dispensado a utilização de soldas e fios, que podem interferir de maneira negativa nas medidas realizadas.

Ressaltamos outras vantagens e melhorias, como por exemplo a integração em uma única placa de circuito elétrico  
10 contendo o chip com um microprocessador digital (possuindo recursos para digitalização do sinal analógico e condicionamento dos sinais), permitindo que parte da programação computacional utilizada no nosso sistema seja inserida dentro do chip do microprocessador. Incluímos também a possibilidade de usar  
15 comunicação sem fio (wireless, buetooth, etc) e USB, tecnologias estas atualmente muito difundidas. As grandes vantagens deste novo sistema microprocessado são: a grande redução de tamanho e custo da instrumentação para a “*língua eletrônica*”, maior portabilidade do instrumento e a grande flexibilidade  
20 operacional para análises diversas em diferentes condições experimentais.

Com o uso de microprocessadores, pode-se ter as mesmas vantagens do sistema usando a placa de aquisição colocada no micro computador, como já descrito.

25 Nos últimos anos surgiram uma grande quantidade de microcontroladores no mercado, diminuindo os custos destes componentes e permitindo o lançamento de um grande número

de equipamentos que os utilizam para integrar as diversas partes de sistemas elétricos. Um microcontrolador é composto internamente de um processador, uma pequena quantidade de memória e portas digitais de entrada e saída. Existem também  
5 modelos com conversores A/D e D/A, além de portas de comunicação serial e temporizadores. Toda essa integração permite circuitos mais simples, com conseqüente redução de custos. Adicionalmente, o custo do componente tem diminuído muito, passando de U\$ 10,00 para menos de U\$ 4,00, com  
10 tendências a diminuir ainda mais já que passou a ser utilizado em grande quantidade em eletro-eletrônicos de grande produção.

O invento ora proposto possui desempenho idêntico aos mais caros e confiáveis medidores de impedância elétrica encontrados no mercado, como exemplificado na Figura 2 a  
15 seguir, que foi obtida através de um método estatístico de análise amplamente utilizado nesse tipo de aplicação sensorial conhecido como PCA (do inglês "*Principal Component Analysis*").

Medidas realizadas em capacitores comerciais e diferentes sistemas líquidos indicam uma diferença de resposta  
20 inferior a 0,1% entre o sistema proposto e um equipamento comercial de medidas de impedância elétrica (Solartron 1260A). Outra grande vantagem é que após as medidas, o sistema pode realizar os cálculos do PCA e a geração dos gráficos, tudo de uma forma integrada e sem a necessidade de outros programas  
25 ou sistemas. Para exemplificar, o trabalho para medir três amostras líquidas e organizar os dados em planilhas em um conjunto de seis unidades sensoriais no medidor de impedância

comercial é de aproximadamente 10 horas de trabalho contínuo. Com essa placa é possível realizar o mesmo trabalho em apenas 40 minutos.

## REIVINDICAÇÕES

**1 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, caracterizada por gerar uma tensão elétrica alternada, realizar as medidas através de amplificadores e fazer a leitura multiplexada de até 8 "*línguas eletrônicas*", sendo que  
5 cada "*língua eletrônica*" contém até 8 unidades sensoriais que a formam, podendo ainda ser expandido para um número maior de "*línguas eletrônicas*" e unidades sensoriais, fazendo com que as mesmas possam ser colocadas para trabalhar de maneira conjunta ou independente umas das outras e o acoplamento direto das  
10 unidades sensoriais da "*língua eletrônica*" no sistema de medidas, dispensado a utilização de soldas e fios.

**2 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com a reivindicação 1, é caracterizada por processar com um programa computacional os sinais para realizar os cálculos de impedância e outros parâmetros  
15 elétricos de interesse que são relevantes para avaliação de sistemas líquidos diversos.

**3 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com as reivindicações 1 e 2, é caracterizada por promover a integração com os programas de análise dos resultados das medidas com a "*língua eletrônica*" (PCA,  
20 rede neural ou qualquer outro programa ou método de análise),

**4 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3, é caracterizada por apresentar um sistema que pode ser ligado diretamente a um microcomputador, composto basicamente de um circuito eletrônico especialmente desenvolvido, ligado a uma placa  
25 de aquisição de sinais, a qual é encontrada no mercado para a digitalização dos sinais analógicos resultantes das medidas, o programa computacional para cálculo da impedância elétrica e

grandezas derivadas e com integração direta com programas de análise dos resultados.

**5 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com as reivindicações 1, 2 e 3, é caracterizada pela integração se dar também através de uma única placa de circuito elétrico contendo o chip com um microprocessador digital dedicado, possuindo recursos para digitalização do sinal analógico e condicionamento dos sinais, permitindo que parte da programação computacional utilizada seja inserida dentro do chip do microprocessador, sendo possível utilizar comunicação sem fio (wireless, buetooth, etc) e USB, o programa computacional para cálculo da impedância elétrica e grandezas derivadas e com integração direta com programas de análise dos resultados.

**6 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3 e 4, é caracterizada pela redução de tamanho e custo da instrumentação para a "*língua eletrônica*", maior portabilidade do instrumento e a grande flexibilidade operacional para análises diversas em diferentes condições experimentais.

**7 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, e 6, é caracterizada por apresentar medidas que indicam uma diferença de resposta inferior a 0,1%, podendo realizar os cálculos do PCA, rede neural ou qualquer outro programa ou método de análise. e a geração dos gráficos, tudo de uma forma integrada e sem a necessidade de outros programas ou sistemas.

**8 - LÍNGUA ELETRÔNICA**, de acordo com as reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, e 7, é caracterizada por controlar a variabilidade das medidas em função da temperatura das soluções através de um banho térmico.

Figura 1A

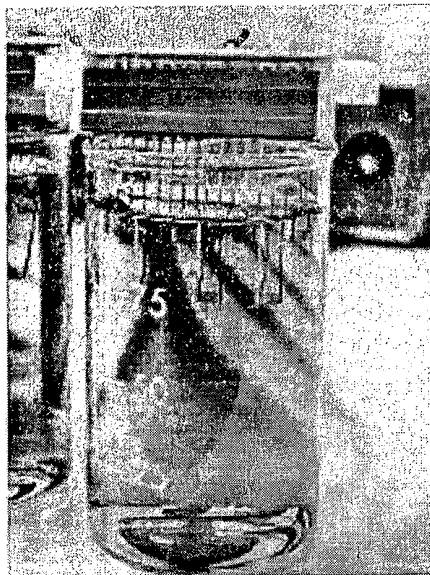


Figura 1B

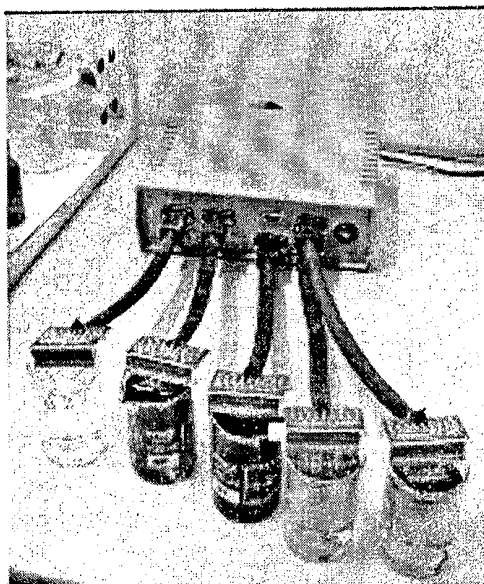


Figura 1C

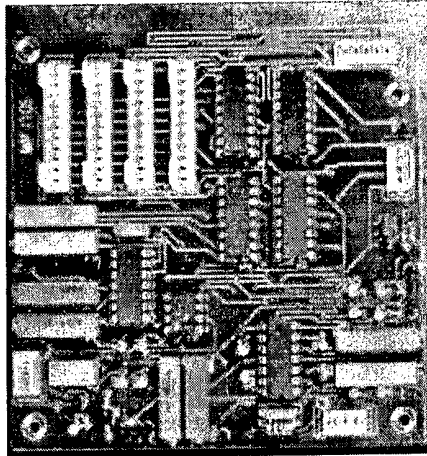


Figura 1D

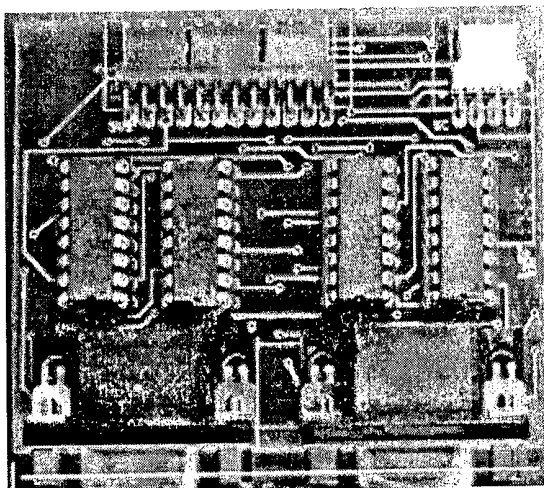


Figura 1E

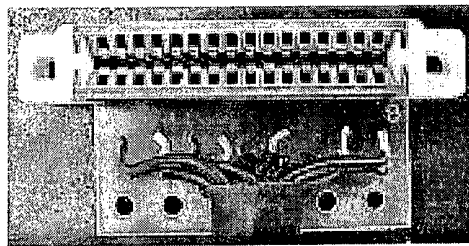


Figura 1F

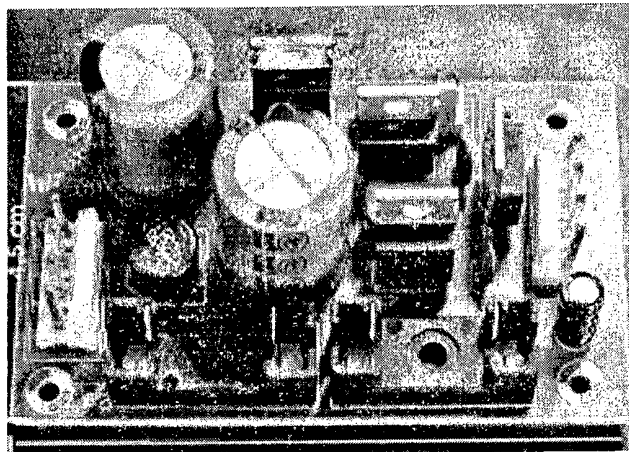


Figura 1G

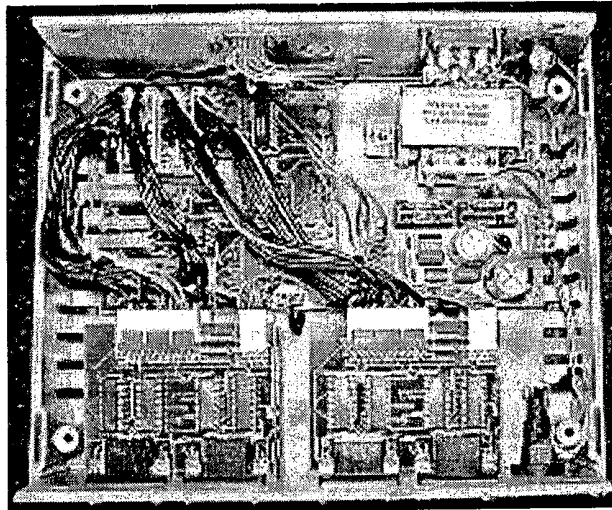


Figura 1H

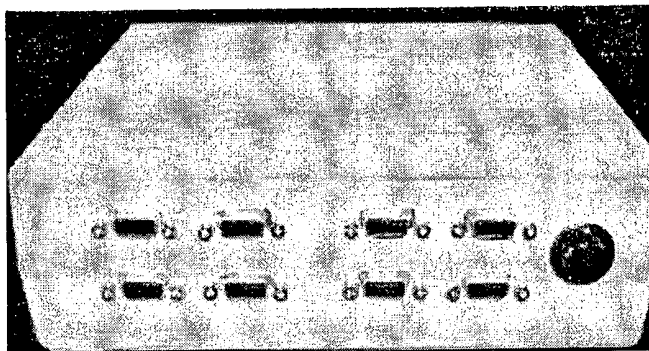


Figura 2A

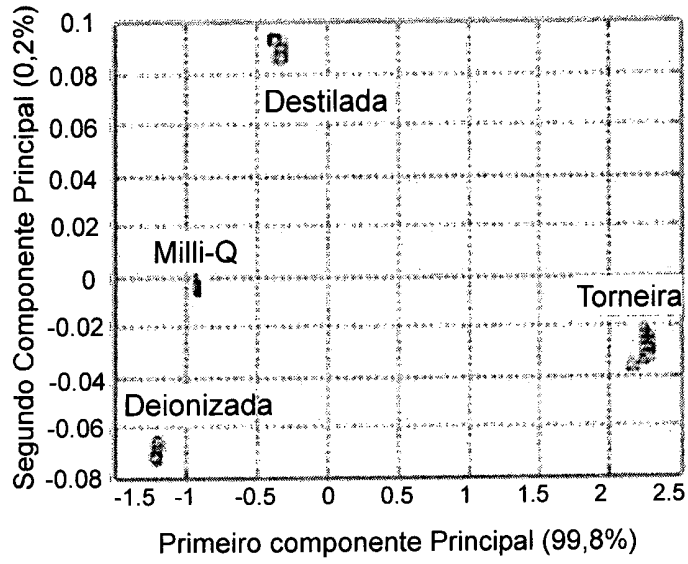
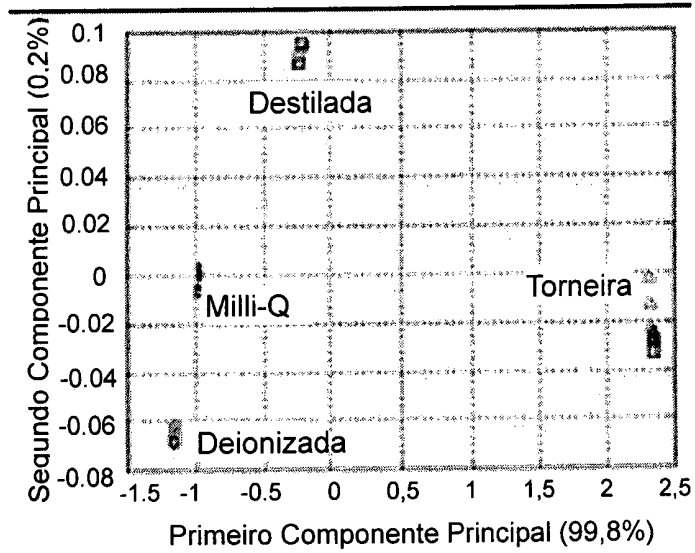


Figura 2B



## RESUMO

### Patente de Invenção, INSTRUMENTO PARA USO EM LÍNGUA ELETRÔNICA

Refere-se a presente patente a um sistema de análise  
5 integrado, de baixo custo, pequenas dimensões e de grande  
versatilidade para geração, multiplexação de sinais, realização de  
medidas elétricas e análise de resultados de unidades sensoriais  
compondo um dispositivo comumente chamado de "*língua*  
*eletrônica*", além da aquisição de dados, cuja tecnologia poderá  
10 ser utilizada em Indústrias de alimentos e bebidas,  
farmacológicas, podendo, ainda, ser estendida para avaliação de  
contaminantes ambientais e combustíveis, entre outras  
aplicações.