

# **Eletrofisiologia visual - Introdução e implementação utilizando o sistema ViSaGE e Spike2**

---

Diego Lima

6 de Agosto de 2019

Instituto de Psicologia - Universidade de São Paulo

1. A técnica de potencial visual evocado de varredura
2. O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP
3. Configurações de amostragem (antes da coleta)
4. Janelas de dados (durante a coleta)
5. Exportando e analisando os dados (depois da coleta)
6. Biblioteca ViSaGE

## **A técnica de potencial visual evocado de varredura**

---

A técnica de potencial visual evocado de **varredura** (sweep VEP) é uma modalidade do exame de PVE de **estado estável** (steady-state) especialmente útil para determinar limiares psicofísicos em populações com repertório verbal ou motor limitado.

O termo **varredura** é uma referência ao incremento gradual de alguma propriedade do estímulo.

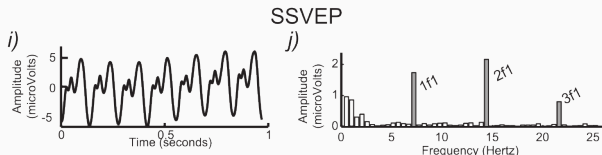
O termo **estado estável** diz respeito à estimulação persistente e de frequência temporal constante. A ideia é gerar um padrão de sinal estereotipado facilmente localizável no domínio frequência.

A técnica permite calcular limiares em um tempo relativamente curto, o que torna o exame adequado para populações que não toleram os tempos mais longos de testagem exigidos pelo potencial evocado transiente (p. ex. bebês).

# A técnica de potencial visual evocado de varredura

A resposta do sistema visual a estímulos transientes é distribuída por várias componentes senoidais no domínio frequência. Para se detectar o sinal, uma média do sinal no domínio tempo precisa ser calculada.

No PVE de estado estável a resposta é localizada no domínio frequência<sup>1</sup>: a análise das componentes cujas frequências estão relacionadas à frequência de estimulação é suficiente para determinar a capacidade de resolver o estímulo.



<sup>1</sup>Norcia, A. M., Appelbaum, L. G., Ales, J. M., Cottureau, B. R., Rossion, B. (2015). The steady-state visual evoked potential in vision research: a review. Journal of vision, 15(6), 4-4.

# A técnica de potencial visual evocado de varredura

Suponha que o participante esteja observando um padrão variando em  $f$  Hz durante uma janela temporal  $t = [0 \dots T]$ . O coeficiente da transformada de Fourier relacionado a esta frequência pode ser calculado como:

$$c_f = \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T v(t) e(t, f)$$

Onde  $v(t)$  é o sinal de eletroencefalograma registrado dentro desta janela temporal, e  $e(t, f)$  é uma senoide complexa de mesma frequência temporal  $f$  da frequência de estimulação (ou de um múltiplo inteiro desta, como  $2f$ ,  $3f$ ).

# A técnica de potencial visual evocado de varredura

Em seguida, os valores de **magnitude** e **fase** são extraídos do coeficiente:

A **magnitude** pode ser calculada como:  $|c_f| = \sqrt{\text{Re}(c_f)^2 + \text{Im}(c_f)^2}$ . Este valor pode ser interpretado como o "ganho" do sistema visual ao estímulo apresentado.

E a **fase** pode ser calculada como:  $\angle c_f = \text{atan}\left(\frac{\text{Im}(c_f)}{\text{Re}(c_f)}\right)$ . A fase pode ser interpretada como o atraso do processamento do estímulo relativo ao monitor:  $\frac{\angle c_f}{2\pi T(s)}$  É o atraso em segundos relativo ao padrão apresentado no monitor.

Este cálculo é repetido para todos os valores do estímulo cobertos pela varredura.

## A técnica de potencial visual evocado de varredura

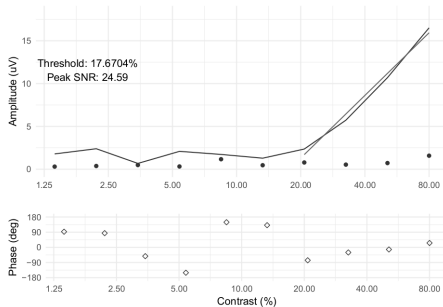
No protocolo de varredura, a amplitude aumenta com o contraste ou resolução espacial do estímulo.

Apesar de a resposta do sistema visual ser no geral não-linear, o que se observa é que ela pode ser aproximada por uma função linear próxima do limiar de detecção do observador.

A média de várias varreduras é realizada para melhorar a estimativa de amplitude e fase de cada passo da varredura.



# A técnica de potencial visual evocado de varredura



contrast	amplitude	phase	noise	snr
1.40	1.79	92.85	0.30	2.66
2.19	2.39	84.28	0.37	3.56
3.44	0.68	-52.29	0.49	1.01
5.39	2.08	-150.52	0.32	3.10
8.45	1.73	149.10	1.17	2.57
13.25	1.29	131.49	0.46	1.92
20.77	2.36	-76.72	0.78	3.51
32.56	5.73	-30.25	0.53	8.52
51.04	10.69	-12.54	0.72	15.92
80.00	16.51	25.93	1.58	24.59

# A técnica de potencial visual evocado de varredura

Para separar os passos da varredura que serão incluídos no ajuste da função linear, dois critérios básicos são comumente adotados:

A **razão sinal ruído**:  $SNR = \frac{|c_f|}{0.5|c_{f+1}| + 0.5|c_{f+2}|}$ . Este valor pode ser interpretado como um fator de escala aplicado sobre a frequência de interesse em função da presença da estimulação.  $SNR > 3$  é uma escolha geralmente adotada;

A **estatística  $T_{circ}^2$** <sup>1</sup>: Esta estatística considera a estabilidade da fase entre as repetições da varredura. Sob a hipótese nula (ausência de sinal)  $T^2 = (n - 1) \frac{\hat{\mu}_{real}^2 + \hat{\mu}_{img}^2}{\hat{\sigma}_{real}^2 + \hat{\sigma}_{img}^2}$ . O valor de  $p < 0.05$  significa forte evidência de presença de sinal.

---

<sup>1</sup>Victor, J. D., Mast, J. (1991). A new statistic for steady-state evoked potentials. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 78(5), 378-388.

## **O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP**

---

# O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP

## Research report

### Relationship between vision and motor impairment in children with spastic cerebral palsy: new evidence from electrophysiology

Marcelo Fernandes da Costa<sup>a,\*</sup>, Solange Rios Salomão<sup>b</sup>, Adriana Berezovsky<sup>b</sup>,  
Filomena Maria de Haro<sup>a</sup>, Dora Fix Ventura<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Psicologia Experimental do Instituto de Psicologia e Núcleo de Neurociências e Comportamento,  
Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

<sup>b</sup> Departamento de Oftalmologia, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

Received 9 December 2002; received in revised form 16 June 2003; accepted 16 June 2003

## Abstract

The aim of the present study was to measure visual acuity (VA) by the sweep visual evoked potential method (sVEP) and relate it to the degree of motor impairment in children with spastic cerebral palsy (SCP). Monocular VA was estimated in 37 SCP children aged from 6 to 48 months, classified as tetraplegic ( $n = 14$ ), diplegic ( $n = 13$ ), and hemiplegic ( $n = 10$ ), without ophthalmological complaints with ages ranging from 6 to 48 months. Motor impairment was rated according to the Gross Motor Function Classification System (GMFCS), in five levels of severity. VA was below age norms in 13/14 (92%) tetraplegics, 10/13 (77%) diplegics and 4/10 (40%) hemiplegics. In addition, a two-way ANOVA within each subgroup showed significant differences in VA between the five GMFCS levels, with high positive correlation between VA loss and the GMFCS rating. Differences between the three types of SCP impairment in each level of GMFCS were not statistically significant, possibly due to the small number of patients. In conclusion, the use of an electrophysiological method (sweep-VEP) for the measurement of visual acuity in these patients allows a more precise and reliable estimate than behavioral measurements, since their motor impairment might interfere with the behaviorally assessed visual acuity. In addition, the finding of a high correlation between quantified motor impairment and VA loss in SCP patients is a new observation that might help to understand the causes of VA loss in these patients. © 2003 Elsevier B.V. All rights reserved.

**Keywords:** Cerebral palsy; GMFCS; Young children; Sweep-VEP; Visual acuity loss

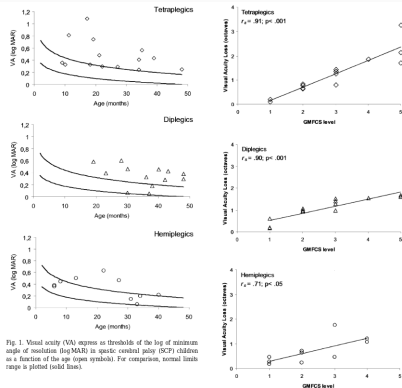
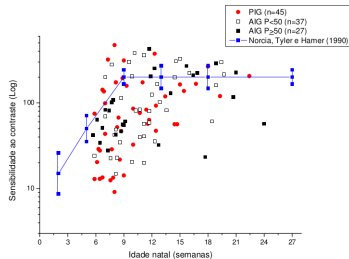


Fig. 1. Visual acuity (VA) expressed as thresholds of the log of minimum angle of resolution (log MAR) in spastic cerebral palsy (SCP) children as a function of the age (open symbols). For comparison, normal limits range is plotted (solid lines).

# O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP

VALTENICE DE CÁSSIA RODRIGUES DE MATOS FRANÇA

**Desenvolvimento da acuidade visual e sensibilidade ao contraste em recém-nascidos pequenos para a idade gestacional por potenciais visuais evocados de varredura**



# O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP



PSYCHOLOGY  
& NEUROSCIENCE

Psychology & Neuroscience, 2013, 6, 2, 199 - 212  
DOI: 10.3922/pnps.2013.2.08

## Effect of contrast and gaps between Vernier stimulus elements on sweep visual evoked potential measurements of human cortical Vernier responses

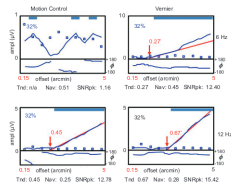
Russell D. Hamer<sup>1,2</sup>, Fabio Alves Carvalho<sup>1</sup>, and Dora Fix Ventura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>- Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

<sup>2</sup>- Smith-Kettlewell Eye Research Institute, San Francisco, CA, United States

### Abstract

The present paper focuses on a classic hyperacuity, Vernier acuity—the ability to discriminate breaks in the collinearity of lines or edges on the order of only arcseconds of visual angle. We measured steady-state sweep visual evoked potentials (sVEPs) in response to 6 Hz periodic breaks in collinearity (*Vernier offsets*) in horizontal squarewave gratings. Vernier thresholds, estimated by extrapolating the amplitude of the first harmonic (1F) to 0  $\mu V$ , were measured for gratings with 4%, 8%, 16%, 32%, 64%, and 80% contrast, with gaps of 0, 2, or 5 arcmin introduced between neighboring bar elements that formed the Vernier offsets. Thresholds for the 2F response component provided an estimate of motion thresholds. The data confirmed and extended evidence that the odd- and even-harmonic components reflect cortical activity of different neurons (i.e., neurons that respond asymmetrically to the periodic breaks in alignment and neurons that respond symmetrically to the local relative motion cue of the stimulus). Suprathreshold data (peak amplitude, response slope, and response phase at the peak amplitude) provided additional independent evidence of this notion. Vernier thresholds decreased linearly as contrast increased, with a slope of approximately -0.5 on log-log axes, similar to prior psychophysical results. The form of contrast dependence showed more similarity to measures of magnocellular ganglion cell spatial precision than measures from parvocellular ganglion cells. Our data thus support the hypothesis that magnocellular ganglion cell output from the retina has the requisite properties to support cortical calculation of Vernier offsets at a hyperacuity level. **Keywords:** Vernier acuity, effect of contrast and gap, sweep VEP, motion responses, magnocellular signals.



**Figure 3.** Sweep VEP responses from one subject tested with gratings at 32% contrast. These data are in the same format as in Figure 2. The same subject was tested using a grating at 32% contrast. In this case, the stimulus offset was swept from .15° to 5°. Note that the Vernier (1F) threshold is lower at this higher contrast (.27° or 16 arcsec).

# O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP

Psychiatry/Psychology

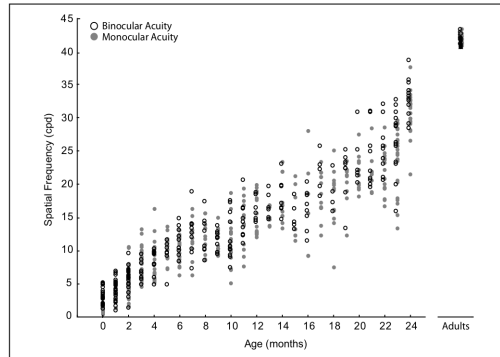
## Maturation of Binocular, Monocular Grating Acuity and of the Visual Interocular Difference in the First 2 Years of Life

Clinical EEG and Neuroscience  
2018, Vol. 49(3) 159–170  
© EEG and Clinical Neuroscience  
Society (ECNS) 2017  
Reprints and permissions:  
sagepub.com/journalsPermissions.nav  
DOI: 10.1177/1550059417723804  
journals.sagepub.com/home/teeg  
SAGE

Marcelo Fernandes Costa<sup>1,2</sup>, Valtenice de Cássia Rodrigues Matos França<sup>1</sup>,  
Mirella Teles Salgueiro Barboni<sup>1,2</sup>, and Dora Fix Ventura<sup>1,2</sup>

### Abstract

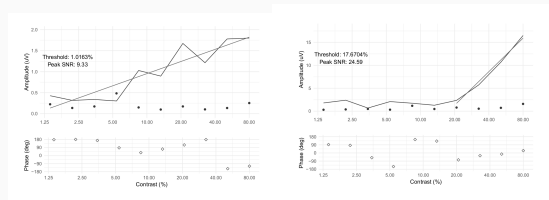
The sweep visual evoked potential method (sVEP) is a powerful tool for measurement of visual acuity in infants. Despite the applicability and reliability of the technique in measuring visual functions the understanding of sVEP acuity maturation and how interocular difference of acuity develops in early infancy, as well as the availability of normality ranges, are rare in the literature. We measured binocular and monocular sVEPs acuties in 481 healthy infants aged from birth to 24 months without ophthalmological diseases. Binocular sVEP acuity was significantly higher than monocular visual acuties for almost all ages. Maturation of monocular sVEP acuity showed 2 longer critical periods while binocular acuity showed three maturation periods in the same age range. We found a systematic variation of the mean interocular acuity difference (IAD) range according to age from 1.45 cpd at birth to 0.31 cpd at 24 months. An additional contribution was the determination of sVEP acuity norms for the entire age range. We conclude that binocular and monocular sVEP acuties have distinct growth curves reflecting different maturation profiles for each function. Differences in IAD range shorten according to age and they should be considered in using the sVEP acuity measurements for clinical diagnosis as amblyopia.



# O potencial visual evocado de varredura no Labvis-USP

**Projeto atual:** Assinaturas eletrofisiológicas e psicofísicas das vias paralelas de processamento em sistemas visuais normais e patológicos” (prof. Russell Hamer - FAU)

Variando-se os parâmetros de estimulação, é possível estimular em diferentes graus as vias parvocelular (alta resolução espacial, cromática) ou magnocelular (alta resolução temporal / acromática).

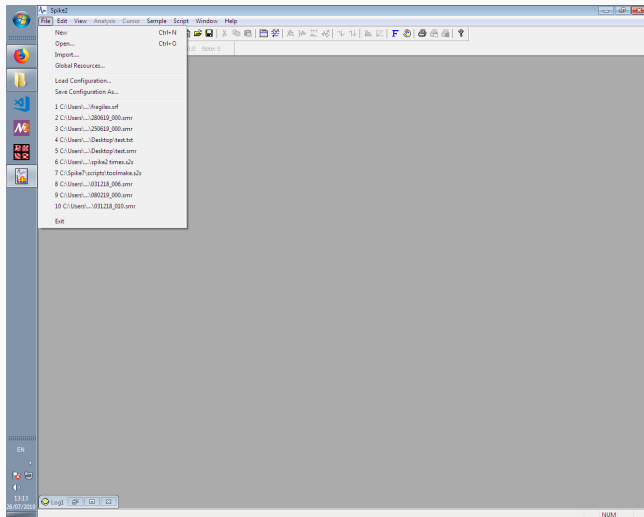




## **Configurações de amostragem (antes da coleta)**

---

# Salvando/Carregando configurações de amostragem

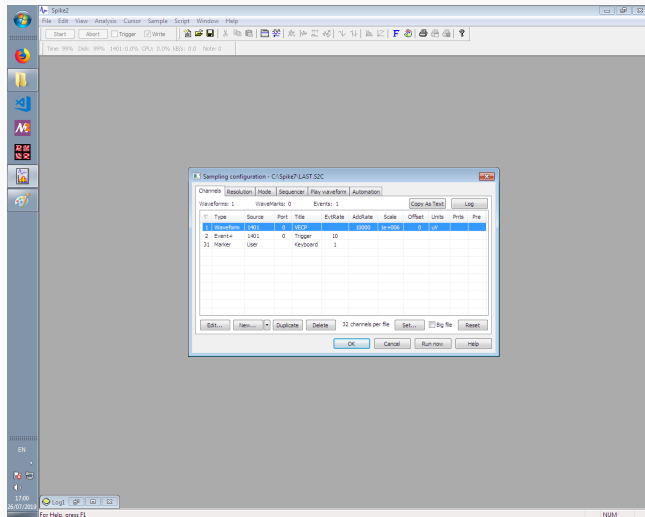


Importante : Verificar configurações de amostragem ao início da sessão.

Caso a sessão seja salva, a última configuração de amostragem será carregada automaticamente.

Caso a sessão não seja salva, as últimas alterações na configuração de amostragem serão perdidas.

# Canais de ondas e de eventos (gatilhos)



## Canais de ondas e de eventos (gatilhos)

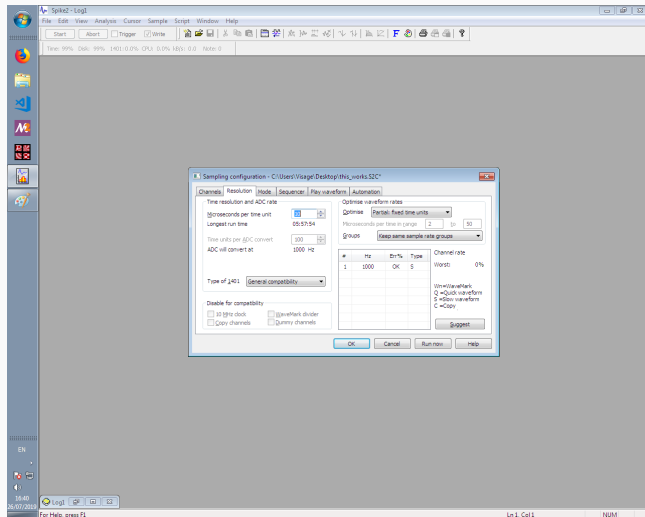
Pelo menos um canal do tipo *Event+* é necessário para sincronizar a apresentação dos estímulos com o registro do sinal. Na visão de processos, os gatilhos registrados por este canal aparecem como marcadores sobre o sinal.

Um ou mais canais do tipo *Waveform* são necessários para registrar o sinal eletrofisiológico. Taxa de amostragem, Fator de escala e *offset* são os parâmetros relevantes para esses canais.

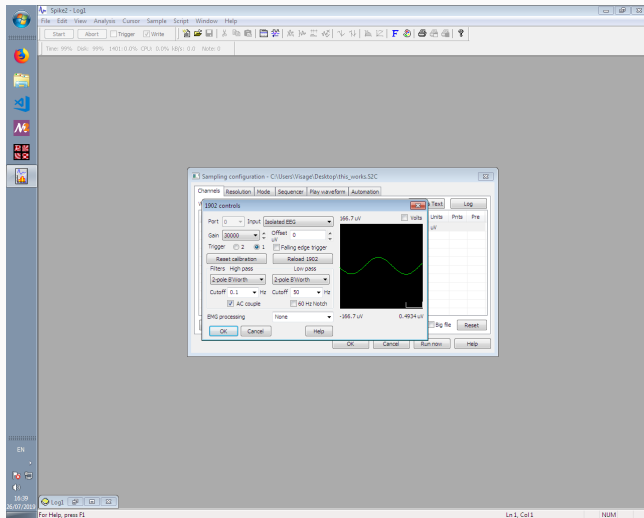
## Critérios para escolha da taxa de amostragem:

1. Garantir que seja maior que o dobro do maior harmônico de interesse (relacionada com a frequência temporal do estímulo);
2. Considerar *framerate* do monitor e intervalo das janelas de dados;
3. Múltiplo inteiro da *clock tick* e número de *ticks* por amostra (Err=OK).  
500/1000/10000 Hz têm se mostrado apropriados.

# Clock tick e erro de amostragem



# Configurações de ganho e filtro das unidades 1902

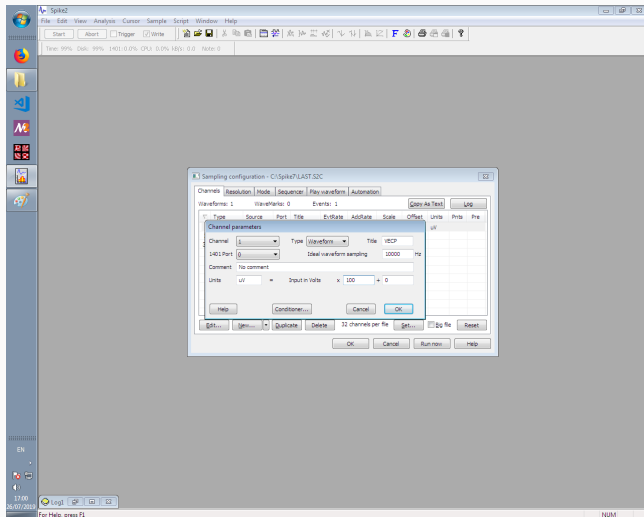




Ganho de  $3 \times 10^4$  padrão têm se mostrado apropriado. Mudanças no ganho precisam refletir no fator de escala utilizado pelo canal *waveform*.

Filtros passa alta e passa baixa precisam ter suas frequências de corte ajustadas para não interferir com o sinal ou harmônicos de interesse. **O filtro ajustável nesta janela aplica-se já durante a aquisição e não pode ser alterado depois da coleta.**

# Configurações de amostragem



Valores de entrada para o 1401 são codificados em 16 bits (-5V a 5V com espaçamento de 0.0007 volts)

Valor registrado pelo canal = (ganho do amplificador) x (fator de escala) + fator de *offset*

Exemplo para registro em **milivolts (mV)** (EMG, ECG):

$$mV = (3 \times 10^4) + (10^{-1}) + 0$$

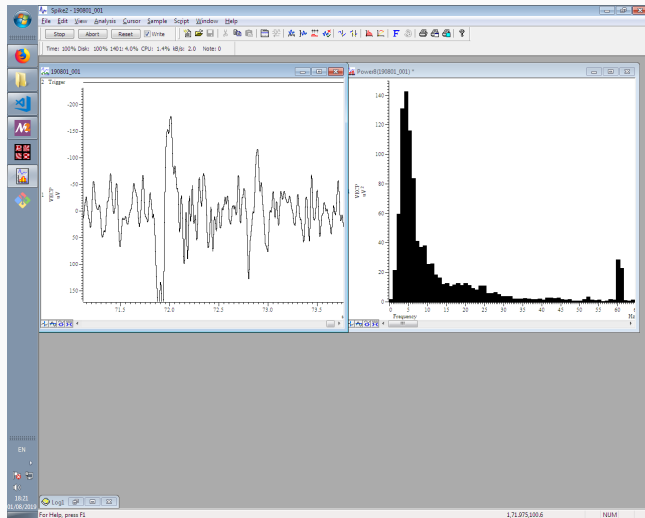
Exemplo para registro em **microvolts (uV)** (EEG):

$$\mu V = (3 \times 10^4) + (10^2) + 0$$

## **Janelas de dados (durante a coleta)**

---

# Janelas de dados



A janela de sinal bruto é importante para checagem da qualidade do registro durante a coleta.

Permite ajustar a escala horizontal e vertical do sinal (Para sinais de EEG, 1-2 segundos e -200, 200  $\mu V$  fornecem a visão mais interessante).

Permite aplicar filtros on-line (Opção *channel processes - DC remove / Smoothing*) com contrante temporal ajustável. Pode ser feita durante ou após a coleta.

Permite aplicar filtros offline com controle direto sobre o parâmetros de frequência de corte (Opção *FIR filtering*). **Sugestão: Aplicar filtros online apenas para visualização, removê-los após coleta, e usar esta opção para sinal final.**

A visão de decomposição espectral é útil para verificar se as configurações de filtragem da unidade 1902 estão adequadas, e para verificar o grau residual de ruído de linha após posicionamento dos eletrodos.

Permite ajustar tamanho da janela e frequência de cálculo da FFT. Importante verificar se os parâmetros estão condizendo com o sinal visto na janela de sinal brutos (e.g. p/ 1 segundos de sinal, escolher janela temporal de 1024 amostras re-calculada a cada segundo).

## **Exportando e analisando os dados (depois da coleta)**

---



Dados podem ser exportados como texto (CSV) ou formato binário específico do Spike2 (.smr)

Exportação em texto leva em conta todos os passos de filtragem digital aplicados, bem como os parâmetros de escala e *offset*. Canais de eventos são representados como uma coluna extra acompanhando o sinal, que recebe o valor 1 acompanhando cada amostra onde um gatilho foi disparado.

A exportação binária permite abrir a sessão dentro do Spike2 novamente como uma janela de dados brutos para rever os parâmetros de filtragem online e offline, e criar ou remover canais. A exportação binária preserva o sinal original de 16 bits independente dos parâmetros de escala *offset* ou filtragem escolhidos.

Dados binários podem ser lidos em C/C++ ou Matlab facilmente via biblioteca SON (sonfile.h) disponível no site da CED:

```
// Ler representação básica dos dados em 16 bits sem quaisquer processos aplicados
```

```
long adcData[1000];  
long nP = SONGetADCData(fileHandle, 1,  
adcData, 1000, 0, 1000, 0, NULL);
```

```
// Ler dados em unidades de Volts/Microcolts com todos os processos aplicados
```

```
float voltageData[1000];  
nP = SONGetRealData(fileHandle, 1,  
voltageData, 1000, 0, 1000, 0, NULL);
```

# **Biblioteca ViSaGE**

---

The screenshot shows the vsgDesktop application interface. The main window displays the 'Documentation' for 'vsgPresent'. The left sidebar contains a tree view of the documentation structure, including 'Getting Started', 'Library Topics', 'Standard Functions', 'System Initialization', 'Global Configuration', 'General', 'Host Pages', 'Object Animation System', 'LUT Control', 'Palette Control', 'Pixel Reading', 'Molken Table', and 'Drawing'. The 'vsgPresent' function is highlighted in the 'General' section. The main content area shows the 'Description' of vsgPresent, which is the main control function for the Object Animation System. It explains that vsgPresent is used to make changes to the OAS parameters visible and that it must be called after the next call to vsgPresent. It also mentions that vsgPresent can be used to synchronise a display page change with the update. The 'Syntax' section shows the function signature for different programming languages: C, Delphi, Visual Basic, and Matlab. The 'Function Parameter Types' section shows the parameters and their types for each language. The bottom status bar indicates '38 documents containing "/>

**Documentation**

C:\Program Files\Cambridge Research Systems\VSGB\Doc\body\functions\standard\general\p.html

## vsgPresent

### Description

vsgPresent is the main control function for the Object Animation System.

You must call vsgPresent to make changes to the OAS parameters visible. All OAS commands cache their changes and they are all made visible at the same time after the next call to vsgPresent. The changes appear at the same instant on a subsequent monitor frame refresh. This mechanism is useful because it allows many changes to be synchronised together. If after calling this function you make further changes to the objects then you must call it again to make the new changes visible.

If you have just created a new LUT object then it will be activated on the next call to vsgPresent.

The Object Animation System also allows you to synchronise a display page change with the update. When you call vsgPresent then current drawing page becomes the current display page. This allows you to make changes to your stimuli without them being visible on screen. No page changes will occur if the current display page and current draw page are the same.

It is also possible to synchronise other system events with vsgPresent. Please look at [vsgSetSynchronisedCommand](#) for these options.

Normally the OAS system takes control of the VSGB palette and prevents you from changing it manually even if you have no active objects. In order to disable the OAS and relinquish control of the VSGB palette you need to call [vsgSetCommand /vsgSetSynchronisedCommand](#). Using vsgPresent again will reactivate it.

### Syntax

C	Result = vsgPresent();
Delphi	Result := vsgPresent;
Visual Basic	Result = vsgPresent
Matlab	Result = vsg(vsgPresent);

### Function Parameter Types

Parameter	C	Delphi	Visual Basic	MatLab
<b>Returns</b>	long	DWORD	long	

Please refer to the [Object Animation System](#) for an extensive explanation of LUT objects.

**See Also**

A vantagem do sistema ViSaGE para apresentação dos estímulos é que a tarefa experimental pode ser controlada a partir da placa gráfica externa, eliminando pequenos atrasos temporais inevitáveis quando a tarefa é controlada a partir do computador.

A programação das tarefas é feita chamando-se funções da biblioteca VSGV8 (`visage.h`) documentada no aplicativo `vsgDesktop`.

O primeiro passo para programar uma tarefa experimental é escolher quais níveis da paleta serão utilizados e atribuir uma cor para cada um. A paleta é uma região da memória da placa VSG que guarda uma quantidade limitada de níveis de cores (256) utilizados por toda a tarefa experimental.

```
red = VSGTRIVAL{1.0, 0.0, 0.0};  
vsgPaletteSet(251, 251, red);
```

Para desenhar os quadros da tarefa experimental, o sistema armazena na memória de vídeo várias páginas com as mesmas dimensões do display, que armazenam um nível da paleta para cada pixel.

”Desenhar”sobre a tela envolve escolher uma página, informar qual nível da paleta será utilizado, e chamar funções que usarão esses dados para desenhar os estímulos:

```
vsgSetDrawPage(vsgVIDEOPAGE, 1, vsgBACKGROUND);  
vsgSetPen1(251);  
vsgDrawOval(0, 0, 1.0, 1.0);
```

A biblioteca oferece várias funções para desenhar estímulos comumente utilizados na psicofísica visual, como `vsgDrawGrating()` e `vsgDrawGabor()`.

As funções `vsgDraw*` apenas escrevem na memória da placa ViSage, mas não mostram o resultado na tela. Isto é feito através das seguintes funções:

```
vsgSetDisplayPage(1);  
vsgPresent();
```



Para garantir que as mudanças entre as páginas durante a tarefa sejam totalmente independentes de atrasos de agendamentos do processo pelo sistema operacional, é possível salvar ciclos de transições entre páginas na própria placa gráfica e fazer uma única chamada à função `vsgPresent()` para iniciar o ciclo:

```
pages = new VSGCYCLEPAGEENTRY[2];  
// Desenhe primeira página por 60 frames  
pages[0] = VSGCYCLEPAGEENTRY1, 0, 0, 0, 0, 0, 60, 0;  
// Mude para segunda página. Pare o ciclo.  
pages[1] = VSGCYCLEPAGEENTRY2, 0, 0, 0, 0, 0, 60, 1;
```

```
vsgPageCyclingSetup(3, pages);  
vsgSetSynchronisedCommand(vsgSYNCpRESENT, vsgCYCLEPAGEENABLE, 0);  
vsgPresent();
```

**Importante:** Os parâmetros de algumas funções da biblioteca dependem de escolhas feitas no início do programa sobre quais unidades de distância usar (pixels vs. grau de ângulo visual) ou qual espaço de cor utilizar (CIE vs. RGB).

```
vsgSetViewDistMM(1140);  
vsgSetColourSpace(vsgCS_RGB);  
vsgSetDrawMode(vsgCENTREXY);  
vsgSetViewDistMM(1140);
```