Filtragem de Sinais de Radio Interferência nos Espectros de Explosões Solares Através de Rede Adaline

K. M. Dobrowolski
Lab. Assoc. de Computação e Matemática Aplicada, INPE, São José dos Campos/SP
klebermd@ig.com.br

J. D. S. da Silva
Lab. Assoc. de Computação e Matemática Aplicada, INPE, São José dos Campos/SP
demisio@lac.inpe.br

J. R. Cecatto, F. C. R. Fernandes, H. S. Sawant
Divisão de Astrofísica, INPE, São José dos Campos/SP
jrc@das.inpe.br

Resumo

O Brazilian Solar Spectroscope (BSS[5]) é um instrumento desenvolvido para o estudo do espectro das emissões solares na banda de ondas de rádio decimétricas. Ele está sujeito às mais diversas fontes de Interferências em Radio Freqüências (IRF), tais como fontes artificiais ou naturais no solo ou espaço como, por exemplo, satélites artificiais, espaçonaves e transmissores de estações de radio e TV, telefonia móvel, etc. Além disso, existem os sinais de IRF provenientes dos equipamentos digitais - computadores, redes de computadores - que fazem parte do próprio instrumento[1].

Este trabalho propõe a construção de um filtro adaptável (utilizando a abordagem dos trabalhos de Widrow[6] em cancelamento de ruído) para reduzir ou mesmo eliminar estes sinais de IRF.

Abstract

The Brazilian Solar Spectroscope (BSS[5]) is a decimeter wavelength spectrograph developed for solar observations. Its acquisition data process is subjected to Radio-frequency Interference (RFI) signals, such as floor or space, artificial or natural sources, e.g., artificial satellites, spacecrafts and radio, TV and mobile phones broadcasting stations, etc. Further, there are RFI signals from digital equipments – computers, computer networks – inside the device itself[1].

This paper proposes an adaptive filter (making use of Widrow's[6] noise cancellation approach) for minimize or even eliminate these RFI signals.

1. Introdução

Estamos saindo do máximo do atual ciclo de atividade solar (ciclo 23). Durante este período, diversos fenômenos solares ocorrerão, em grande parte as chamadas fulgurações ou explosões solares. Estas explosões afetam diversas atividades humanas, causando distúrbios nas comunicações de rádio, perturbações na órbita de satélites e em sistemas de navegação. O BSS é um espectroscópio de alta resolução temporal que foi desenvolvido no INPE e é dedicado a investigações de explosões solares dentro da banda de ondas de rádio decimétricas[5]. Sendo um instrumento que opera na faixa de ondas de rádio decimétricas (200-2500 MHz) ele sofre interferências causadas por várias fontes. A Figura 1 exibe um arquivo de dados do BSS (visualizado em 3 dimensões), no qual linhas de interferência (nas freqüências 1860, 1890, 1910, 1950, e 1960 MHz) podem ser claramente observadas, sobressaindo-se do fundo homogêneo. Na figura, o canal 0 corresponde a 1500 MHz enquanto o canal 99 à 2500 MHz.

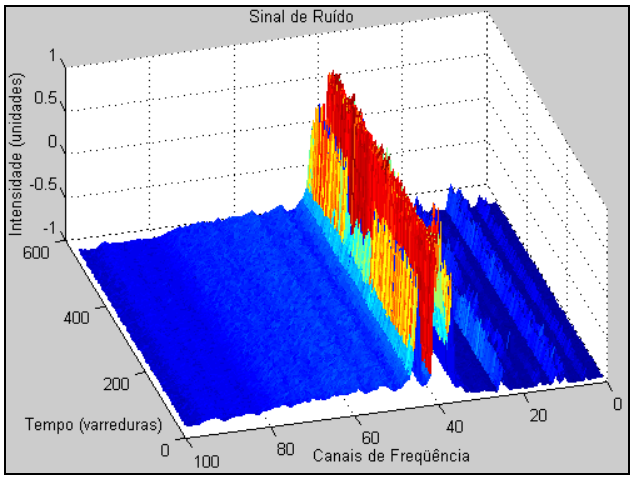

Figura 1. Espectro dinâmico do BSS registrado em 09/04/01, mostrando linhas de interferência.

Atualmente, o programa responsável pela visualização dos arquivos de dados do BSS (BSSData[4], Figura 2) possui uma rotina para subtração do IRF de fundo, mas este procedimento ainda mostra-se ineficiente para redução ou eliminação destas linhas de interferência.

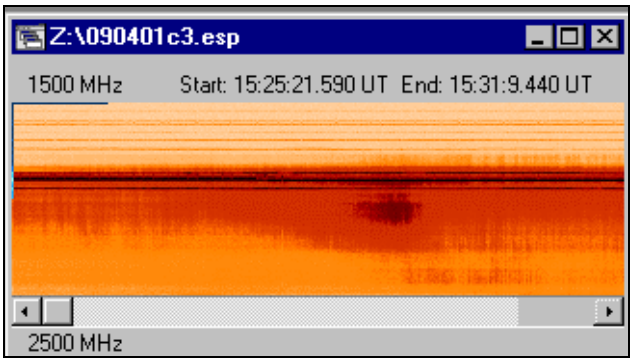

Figura 2. Visualização do espectro dinâmico através do programa BSSData.

A fim de obter melhores resultados nesta tarefa, está sendo proposta a utilização de um filtro adaptável baseado em *Adaptive Linear Neuron* (*ADALINE*) seguindo a abordagem de Widrow[6]. Futuramente, espera-se implantar tal sistema diretamente no BSS, para que o mesmo possa ser utilizado em tempo real, para minimizar os sinais de IRF presentes no processo de aquisição e registro dos dados de explosões solares.

2. Filtragem Adaptável

Pode-se definir um filtro adaptável como um tipo especial de filtro, que ajusta seus parâmetros de operação de maneira automática (através de um algoritmo recursivo) conforme os dados de entrada. Assim, após sucessivas iterações do filtro, ele converge para uma solução ótima[3].

Na Figura 3 pode-se observar o esquema da utilização de um filtro adaptável no cancelamento de ruídos, esquema este adotado no presente trabalho.

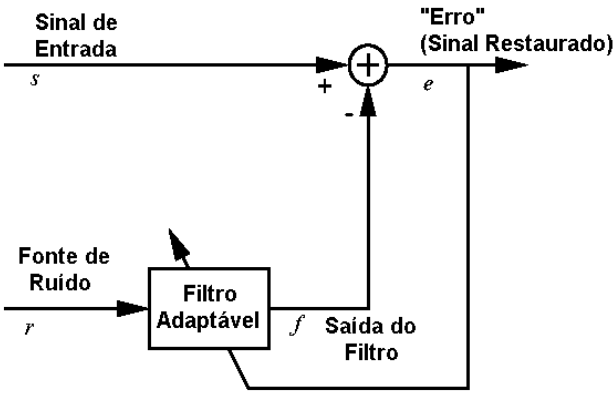

Figura 3. Conceito de filtragem adaptável em cancelamento de sinais de IRF.

3. Metodologia

Foram utilizados o software Matlab e dois arquivos de dados do BSS, referentes ao dia 9 de abril de 2001:

- 090401C2.ESP: arquivo imediatamente anterior ao evento solar registrado, contendo apenas ruído de fundo e sinais IRF.
- 090401C3.ESP: arquivo contendo o início do evento solar registrado e sinais IRF.

Os dados adquiridos pelo BSS estão em formato binário proprietário (formato .ESP). Cada ponto digitalizado consiste em um valor entre 0 e 4095 (12 bits de resolução) e é armazenado como um inteiro longo (16 bits). Estes dois arquivos em particular contêm 100 canais, cobrindo a faixa entre 1,5 MHz a 2,5 MHz. Possuem resolução temporal de 50 milissegundos, o que nos dá 6000 pontos (aproximadamente cinco minutos de digitalização). Isto gera uma matriz de 100 x 6000 pontos. O cabeçalho dos arquivos de dados apresentado pelo BSSData pode ser visto na Figura 4.

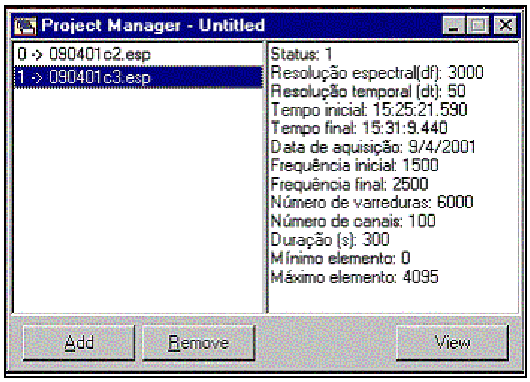

Figura 4. Cabeçalho dos arquivos de dados

Estes dois arquivos de dados 090401c2.esp (sinais IRF) e 090401c3.esp (evento solar - principal alvo de estudo do instrumento BSS) foram lidos em formato binário e convertidos em dois vetores de 600.000 pontos cada (100 x 6.000) no Matlab. Em seguida, alimentaram um filtro adaptável, que consiste em uma rede ADALINE[2] com apenas um neurônio e um canal de *bias*. Após este processamento, foi gerado um arquivo de saída, no mesmo formato binário dos arquivos de entrada, que por fim foi visualizado no programa BSSData para verificação e análise do processo de filtragem.

O fluxograma exibido na Figura 5 apresenta uma visão geral do processo de filtragem:

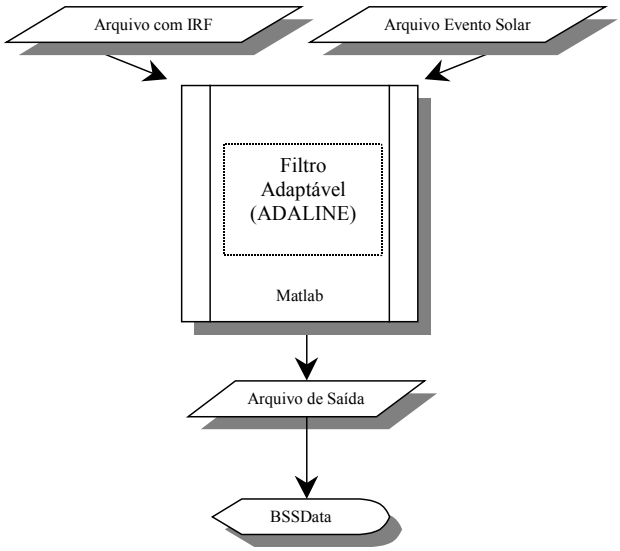

Figura 5. Fluxograma da filtragem adaptável.

Ao final do procedimento o resultado foi comparado com o método da subtração do IRF de fundo, para comparação direta do funcionamento efetivo da filtragem adaptável.

4. Resultados Obtidos

A Figura 6 exibe o espectro dinâmico do início da explosão solar de 09/04/01 em 3 dimensões. As linhas de interferência podem ser claramente observadas (nos canais 36, 39, 41, 45 e 46), sobressaindo-se da explosão solar em si.

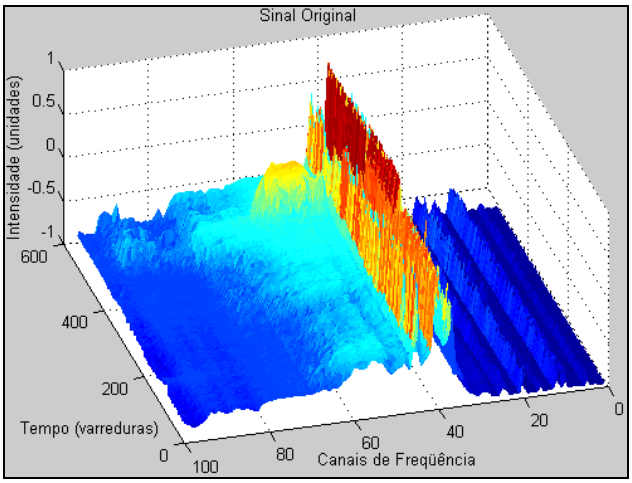

Figura 6. Arquivo original.

O resultado da aplicação do método da subtração do IRF de fundo pode ser observado na Figura 7. Notam-se algumas distorções causadas pelo método, já que algumas das linhas de interferência são suprimidas (juntamente com parte dos dados).

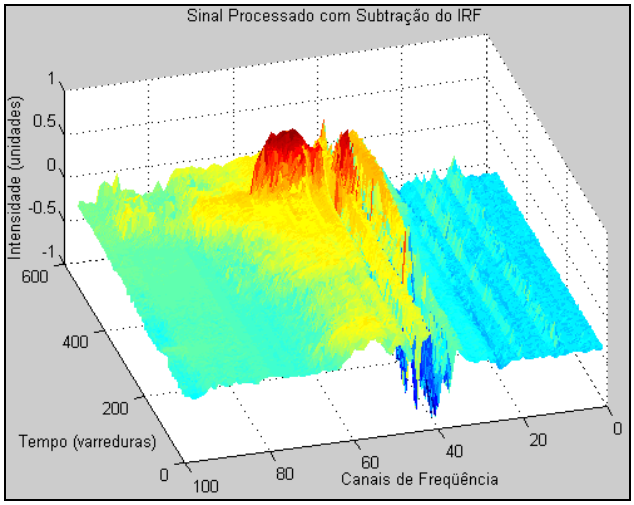

Figura 7. Arquivo processado pelo método da subtração do IRF de fundo.

Através do resultado da aplicação do filtro adaptável (Figura 8) percebe-se uma significativa redução (40%) na intensidade das linhas de interferência, porém sem o tipo de distorção observada método da subtração do IRF de fundo.

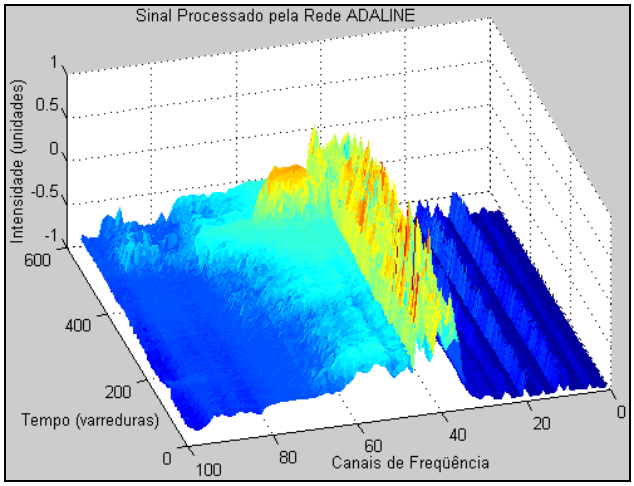

Figura 8. Arquivo processado pela rede Adaline.

A Figura 9 mostra os resultados da aplicação dos dois processos: de filtragem por rede Adaline e método da subtração do IRF de fundo, no canal de freqüências 40 (1910 MHz).

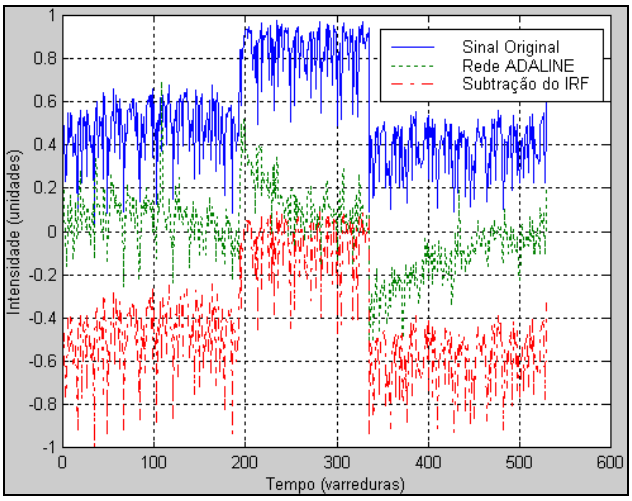

Figura 9. Resultado da aplicação dos métodos da subtração do IRF de fundo e filtragem por rede Adaline ao canal de 1910 MHz.

5. Conclusões

Uma comparação dos resultados obtida pela aplicação do filtro adaptável em relação à subtração de IRF de fundo mostra que a técnica de filtragem adaptável é satisfatória para a tarefa de cancelamento destes sinais de IRF. Além disto, a filtragem está sendo melhorada através de novos testes que estão sendo realizados, para se chegar aos parâmetros ideais do filtro adaptável.

6. Referências

[1] Goris, M., *Categories of Radio-Frequency Interference.* NFRA Tech. Rep. 415/MG/V2.5, Dwingeloo: Netherlands Found. Res. Astron., 1998.

[2] Hagan, Martin T.; Demuth, Howard B.; Beale, Mark, *Neural Network Design.* Boston, PWS Publishing Company, 1996.

[3] Haykin, Simon, *Adaptive Filter Theory.* New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1991.

[4] Martinon, A. R. F.; Fernandes, F. C. R., *Desenvolvimento /Adaptação de software com aplicação na análise de dados do Brazilian Solar Spectroscope (BSS).* Iniciação Científica, PIBIC/INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2000.

[5] Sawant, H. S.; Sobral, J. H. A.; Fernandes, F. C. R.; Cecatto, J. R.; Day, W. R. G.; Neri, J. A. C. F.; Alonso, E. M. B., Moraes, A., "High sensitivity wide band digital solar polarimetric spectroscope", *Adv. Space Res.*, 17, 385, 1996.

[6] Widrow, B.; Glover Jr., J. R.; McCool, J. M.; Kaunitz, J.; Williams, C. S.; Hearn, R. H.; Zeidler, J. R.; Dong Jr., E.; Goodlin, R. C., "Adaptive Noise Cancelling: Principles and Applications", *Proceedings of the IEEE*, vol. 63, no. 12, 1692, 1975.