

# **Análise Crítica do Artigo Introduction to the Software-defined Radio Approach**

Luiz Renault Leite Rodrigues (luiz.rodrigues@dtel.inatel.br) Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL) Santa Rita do Sapucaí, MG 37540-000

## **Abstract**

Este documento<sup>1</sup> tem como objetivo apresentar uma análise do artigo Introduction to the Software-defined Radio Approach [1] no contexto da disciplina TP-547 do curso de Doutorado em Telecomunicações.

## **I. INTRODUÇÃO**

Desde as primeiras publicações sobre o conceito de Rádio Definido por Software [2], sua aplicação e quantidade de métodos de implementação só tem crescido.

Rádio Definido por Software (RDS) é, em uma definição simplificada, um equipamento de comunicação sem fio onde tudo ou parte do processamento dos sinais (de radiofrequência ou banda base) é realizado digitalmente, por software rodando em processadores de uso geral, processadores digitais de sinais, ou outros dispositivos programáveis.

Neste contexto, o artigo *Introduction to the Software-defined Radio Approach* [1] faz uma síntese sobre o conceito RDS e apresenta uma forma de implementação utilizando equipamentos de prateleira e software livre.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: uma seção resumindo o conteúdo apresentado pelo artigo, uma seção fazendo uma análise crítica sobre o artigo, sob os aspectos de qualidade da escrita, da contribuição, da clareza e dos resultados, concluindo com a reprodução de um dos resultados apresentados pelos autores.

<sup>1</sup>[https://github.com/luizrenault/tp547/tree/main/trabalho\\_final\\_parte\\_2](https://github.com/luizrenault/tp547/tree/main/trabalho_final_parte_2)

## II. O ARTIGO

Publicado em Janeiro de 2012 na revista IEEE Latin American Transactions, é o resultado do trabalho de cinco autores, sendo os dois principais, alunos de graduação do curso de Engenharia Elétrica e de computação da UNICAMP.

Em seu *abstract*, o artigo evidencia o desenvolvimento das telecomunicações nas décadas anteriores, com foco nas comunicações digitais e o uso de processadores de sinais, que acabam por possibilitar a modificação das funcionalidades de um equipamento com a alteração do software que roda nestes processadores, dando origem ao conceito de RDS. Os autores citam ainda que os rádios passam a não ser mais estáticos, podendo ter suas características definidas durante o uso, de acordo com a configuração do software. Concluem por apresentar que o objetivo do artigo é mostrar o emprego do software de código aberto como uma ferramenta de configuração destas aplicações de rádios definidos por software.

O texto está organizado em cinco seções: (i) Introdução, (ii) Por que usar SDR?, (iii) Um exemplo de Arquitetura SDR: o USRP, (iv) USRP e GNU Radio e (v) Conclusão.

Na Introdução são apresentadas novas demandas para comunicações digitais, como a digitalização dos sistemas de rádio e televisão, vídeo 3d, em alta resolução, etc, que exigiam cada vez maiores taxas de bits. Em seguida é apresentado o conceito de Rádio Definido por Software, algumas de suas aplicações, funcionamento e de forma superficial, o histórico de desenvolvimento.

Na segunda seção os autores justificam o uso da tecnologia RDS pela flexibilidade e pela redução de tempo desenvolvimento.

A terceira seção apresenta um produto comercial da empresa Ettus que permite ao usuário implementar sistemas de RDS, suas partes e características. Na sequência, descreve a ferramenta de software GNU Radio, tratando da sua arquitetura, apresentando exemplos de código utilizado em sua programação e de um diagrama de blocos, sempre ressaltando que por ser de código aberto, permite a customização das implementações.

Na seção *USRP e GNU Radio*, são mostrados dois diagramas de blocos de implementações usando o software GNU Radio configurado conjuntamente com o dispositivo USRP para atuar como um receptor de Rádios FM de Banda Larga (WBFM) e um transmissor de banda única lateral (SSB). A seção termina com a citação de alguns outros exemplos de uso do par USRP e GNU Radio em diversas aplicações de telecomunicações.

Por fim, na conclusão é recapitulada a importância da evolução das comunicações digitais, e trás o emprego do equipamento da Ettus com o software GNU Radio como uma ferramenta

bastante usual e poderosa tanto para fins acadêmicos quanto para o desenvolvimento de produtos comerciais.

### III. ANÁLISE CRÍTICA DO ARTIGO

Nesta seção será apresentada uma análise do artigo em diversos aspectos, ressaltando algumas ações que poderiam contribuir com a qualidade do trabalho.

#### A. *Qualidade do texto*

Apesar de ser um artigo relativamente curto, com 5 páginas em duas colunas, é bastante redundante, repetindo nas diferentes seções aspectos como a importância de Rádio Definido por Software em uma tentativa de sobrejustificar sua aplicação.

De uma forma geral, apresenta diversas informações sem citar fontes, e quando o faz, é apenas para exemplificar aplicações, sem relacionar diretamente com o seu trabalho ou seus resultados.

O texto possui diversos erros de digitação e até algumas sentenças que perdem o sentido ou tornam-se ambíguas.

Os autores poderiam ter focado nos aspectos relevantes da pesquisa realizada reforçada com a comparação com outros trabalhos relacionados.

#### B. *Relevância da Contribuição*

O artigo apenas cita a combinação de um software e um dispositivo comercial para desenvolvimento de aplicações de RDS, ambos já bastante conhecidos pela comunidade envolvida nas pesquisas e desenvolvimentos desta tecnologia, conforme a vasta existência de referências que predatam o artigo.

Assim, a contribuição do artigo é bastante reduzida, apresentando apenas informações que poderiam ser extraídas das páginas eletrônicas do fabricante Ettus e do software GNU Radio.

#### C. *Clareza dos equacionamentos e algoritmos empregados*

O texto não apresenta equacionamentos nem nenhuma forma alternativa para que o leitor entenda o que está envolvido no processamento de sinais referentes à demodulação FM de banda larga e de modulação SSB.

Poderiam ter sido apresentados pelo menos as principais equações, comparando com as implementações convencionais não definidas por software.

#### D. Resultados apresentados

São mostrados apenas dois diagramas de blocos de implementações, não ficando claro se eram dos autores e se realmente avaliaram o sistema, nem há indícios de resultados obtidos, e tampouco comparações entre sistemas definidos pro software e convencionais.

Não fica evidenciado o funcionamento nem do receptor WBFM nem do transmissor SSB. Nenhum gráfico ou resultado numérico é exibido.

#### IV. REPRODUÇÃO DOS RESULTADOS DO ARTIGO

Este artigo foi escolhido em função da afinidade deste autor com o tema e o interesse da aplicação da tecnologia RDS na pesquisa a ser realizada no curso de doutorado em telecomunicações.

Adicionalmente há grande interesse pessoal no emprego envolvendo hardware e software para a simulação de sistemas de telecomunicações, tanto para o desenvolvimento quanto para validação de aplicações de rádio definido por software.

A disponibilidade de hardware similar ao citado no artigo e a facilidade de emprego da ferramenta GNU Radio permitiram a reprodução dos resultados que não são apresentados no artigo.

Foi utilizado o hardware modelo USRP B210 da fabricante Ettus, cujas características podem ser encontradas no endereço eletrônico <https://www.ettus.com/all-products/ub210-kit/>.

O software utilizado foi o GNU Radio distribuído pelo sistema RadioConda versão 2024.05 para Windows, que pode ser obtido em <https://github.com/ryanvolz/radioconda?tab=readme-ov-file#uhd-ettus-usrp>, juntamente com as instruções de instalação.

Após instalado o GNU Radio e configurado para utilizar a USRP B210 como Front End de RF, foi possível construir uma aplicação de demodulação WBFM como o mostrado no artigo. Foram utilizados como parâmetros: frequência central recebida de 101.9 MHz (Rádio INATEL) e taxa de amostragem de 480 kHz. Foram também inseridos dois gráficos: um diagrama do tipo *waterfall* do espectro do sinal capturado pela USRP B210 e outro no domínio do tempo do áudio demodulado.

O resultado obtido pode ser visto na figura abaixo. Adicionalmente aos gráficos, foi possível ouvir com perfeição à Rádio INATEL a partir do alto falante do computador.

Para ilustrar a versatilidade da tecnologia RDS, foi incluído entre o bloco que recebe o sinal capturado pela USRP B210 e o demodulador FM um bloco de modelo de canal onde foi configurado um nível de ruído branco aditivo de 0.1V.

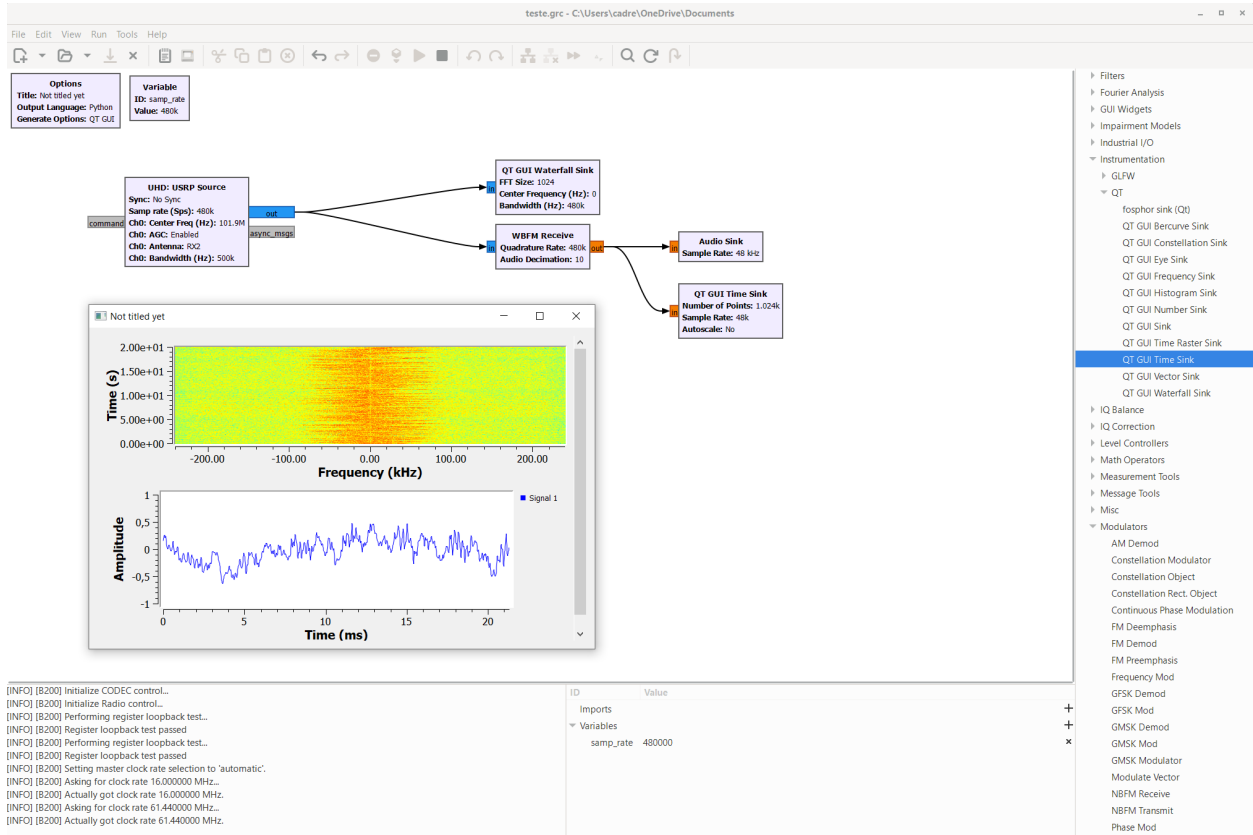


Fig. 1. Captura da tela do GNU Radio durante a execução da aplicação de demodulação FM.

O resultado foi a redução da relação sinal ruído, que pode ser observada na redução de contraste do gráfico no domínio da frequência da fig. 2 e no chiado característico de baixa relação sinal ruído em sistemas de modulação em frequência, agora presente no áudio reproduzido.

Em ambas as situações, não foi percebido pelo autor diferença em relação rádios FM convencionais, como os presentes em automóveis.

## V. CONCLUSÃO

O artigo trás uma sumária definição de Rádio Definido por Software, apresenta suas vantagens, exemplifica uma arquitetura de implementação, mas é insuficiente na apresentação de resultados ou na contribuição do ponto de vista de apresentar novos conhecimentos.

Assim, poderia ter explorado melhor o emprego do par USRP e GNU Radio comparando o desempenho do RDS com sistemas convencionais, ou com outros tipos de implementação de rádio definido por software, o que certamente aumentaria sua relevância e contribuiria mais para o desenvolvimento do tema.

