

Ferramenta Computacional para Otimizar o Processo de Análise de não Conformidades do Sinal de TV Digital no Padrão SBTVD

Computational Tool to Optimize the Digital TV signal nonconformity analysis process in SBTVD standard

Osório Ferreira do Nascimento Júnior^{1*}, Emanuel Negrão Macêdo¹, Alan Marcel Fernandes de Souza²

RESUMO

Nos últimos anos, a transmissão do sinal de televisão mudou de analógico para digital no Brasil, requerindo uma série de adequações do sistema como um todo. Uma vez que uma falha de transmissão acontece, não se sabe a origem, que pode ser tanto da emissora quanto do receptor. Essas falhas podem ocasionar prejuízos e negatar a marca de um fabricante de televisor. Não existe uma ferramenta no cenário brasileiro capaz de capturar falhas nos sinais digitais. Este artigo trata de uma metodologia para criar validações avançadas do feixe de TV, para que o sistema de televisão digital brasileiro funcione de forma eficaz, então é necessário garantir que tanto o sinal digital enviado pela emissora quanto o aparelho receptor estejam em sintonia, só assim todo o conjunto fluirá da melhor forma. Essas verificações são feitas através de um algoritmo automatizado baseado em tabelas e normas da TV Digital SBTVD. Os resultados são relevantes para fabricantes de receptores e televisores, pois as análises são feitas instantaneamente, possibilitando um diagnóstico rápido e eficaz no cenário de transmissão digital.

Palavras-chave: sinal digital; televisão; falhas; ferramenta.

ABSTRACT

In recent years, the transmission of the television signal has changed from analog to digital in Brazil, requiring a series of adjustments to the system as a whole. Once a transmission failure occurs, the source is not known, which can be from either the sender or the receiver. These failures can cause damage and negate the brand of a TV manufacturer. There is no tool in the Brazilian scenario capable of capturing failures in digital signals. This article deals with a methodology to create advanced validations of the TV beam, so that the Brazilian digital television system works effectively, so it is necessary to ensure that both the digital signal sent by the broadcaster and the receiving device are in tune, only so the whole set will flow in the best way. These verifications are made through an automated algorithm based on tables and standards of the SBTVD Digital TV. The results are relevant for manufacturers of receivers and televisions, as the analyzes are carried out instantly, enabling a quick and effective diagnosis in the digital broadcast scenario.

Keywords: digital signal; television; failures; tool.

¹ Universidade Federal do Pará

² Instituto Federal do Pará

*E-mail: osoriofn@gmail.com

INTRODUÇÃO

Para que o ecossistema brasileiro de TV Digital tenha uma perfeita operação, faz-se necessário garantir a compatibilidade entre os equipamentos de transmissão, utilizados pelas emissoras, e os equipamentos de recepção, como TVs e smartphones que são usados pelos telespectadores. Essa compatibilidade, em muitas situações, não ocorre, podendo gerar interrupção do serviço por falhas na transmissão, ou erros no receptor (CHUNJIANG et. al., 2014). Em muitas situações reais em que são identificadas falhas na recepção do conteúdo da TV, seja no áudio, vídeo ou na interatividade, é necessário bastante tempo e um grande esforço do corpo técnico para identificar a origem do problema, devido sobretudo à grande quantidade de dados binários existentes nos feixes de TV. Essas afirmações geram um problema, que no decorrer da análise dessas inconsistências, algumas marcas de televisores não estão preparadas para suportar certas irregularidades vinda das emissoras e acabam desligando, ficando inoperantes aos comandos do controle remoto e até mesmo sofrendo efeitos colaterais irreversíveis.

Esse tipo de problema traz um alto custo para a empresa e ele é proporcionalmente maior com o passar do tempo, haja vista que mais usuários são afetados, gerando uma demanda maior do centro de atendimento e das assistências técnicas, além de devolução de aparelhos. Embora o problema possa estar apenas na transmissão, que envia dados inconsistentes com o sistema brasileiro de TV digital, o produtor do receptor tem sua marca afetada por gerar uma insegurança para o usuário final. Assim é de extrema importância a identificação rápida do problema, para que a emissora possa reconfigurar e/ou corrigir os seus equipamentos, e a comunicação efetiva com o usuário que fez a reclamação.

Após alguns estudos e pesquisas previamente realizadas (SOUTO & MENDONÇA, 2013), geraram uma motivação para chegar à conclusão de algumas hipóteses de como seria possível automatizar esse processo de varredura de sinais para o sistema brasileiro de TV Digital, ou até mesmo qual seria o melhor método para automatização por meio de codificação e algoritmos. Deixando bem claro como essa proposta vai agregar valores ao time de engenharia e qualidade de produtos de uma empresa do ramo de televisores ou simplesmente para uma análise pessoal. O objetivo deste artigo é criar uma solução baseada em códigos automáticos para fazer validações de todos os parâmetros do sistema brasileiro de TV Digital – SBTVD através de arquivos .ts composto por pacotes de áudio, vídeo e dados capturados em tempo real e decifrando

todas as informações contidas nesses arquivos, criando assim arquivos de análise também em tempo real para garantir o correto funcionamento entre ambas as partes, emissora e receptora.

No entanto, torna-se essencial a implementação de uma metodologia capaz de analisar dados diretamente de uma emissora, garantindo assim, que todas as informações estejam de acordo com a norma ABNT. A aplicabilidade desta metodologia pode ser usada em qualquer padrão, como por exemplo o DVB, onde um arquivo XML pode ser editado em qualquer circunstância afim de cobrir determinada normal ou padrão de TV Digital.

Os arquivos XML (*eXtensible Markup Language*) serão usados juntamente com o arquivo TS (*Transport Stream*) gravado, e assim será realizada uma varredura nesse arquivo TS, tendo como parâmetro todas as informações contidas no arquivo XML.

Podemos dizer que a melhoria desse processo será realizada através de um projeto de automação, onde um técnico responsável por analisar esses dados seja capaz de identificar as falhas, gravando os arquivos (TS) e utilizando a metodologia para abrir o arquivo com extensão (.ts), decodificar e analisar todos os dados binários nele contido. Gerando assim um relatório com todas as irregularidades que estão sendo transmitidas. Esse processo tende otimizar tempo e custo, pois as empresas terão como argumento que seus produtos estão atendendo os padrões de qualidades necessários para estarem em perfeito funcionamento.

Este artigo está dividido em cinco seções. A seção 1 introduz o contexto da pesquisa, assim como o problema, as hipóteses, objetivo, e os resultados esperados. A seção 2 expõe os conceitos fundamentais sobre a tecnologia de TV Digital por meio da estrutura de transmissão e recepção. Na seção 3, é apresentado o software de análise do sinal de TV Digital SBTVD. Na seção 4 contém os resultados e as discussões. Por fim, a seção 5 mostra as considerações finais e trabalhos futuros.

FUNDAMENTOS DA TELEVISÃO DIGITAL

A televisão digital apareceu como uma evolução natural da televisão analógica. Anteriormente, as fases que constituíam a produção de um programa de TV (filmar as cenas, editar, finalizar e armazenar vídeos), broadcasting (gerando o vídeo composto, modulação, amplificação, transmissão de rádio) e recepção (a captura do sinal pela antena, a demodulação do receptor do aparelho de televisão e a apresentação da imagem e do som para o espectador) do sinal pelo usuário eram todos analógicos, ou seja, os sinais

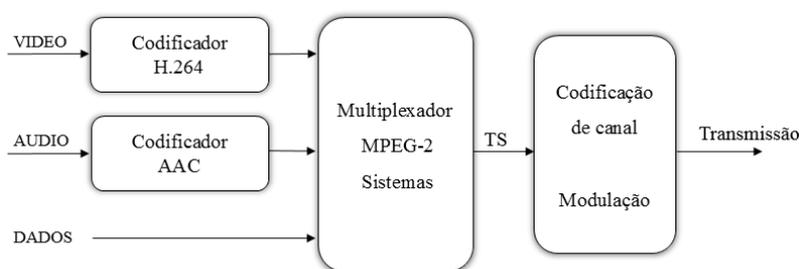
que representavam a imagem e o som gerado no estúdio eram todos analógicos, como bem como os sinais transmitidos ao receptor de TV (FEITOSA & ALVES, 2006).

Além disso, devido a avanços técnicos significativos no campo de processamento de sinal digital (incluindo aquisição de sinal, gravação, compressão, armazenamento, distribuição, transmissão e recepção), a indústria de semicondutores e outras indústrias relacionadas no último meio século, como a de transmissão, é agora abraçada a terceira etapa importante de sua história, ou seja, a era da DTV.

Podemos citar como uma importante propriedade de um sistema de televisão digital, a transmissão, pois fornecem vários serviços de entrega de informação a todos os usuários que utilizam um receptor digital, desde que estejam em uma área de cobertura da emissora.

O sistema de transmissão ISDB-T é dividido basicamente em quatro blocos: codificação de áudio e vídeo, re-multiplexação, código de canal e modulação como mostrado na figura 1. Segundo a descrição, assim que áudio, vídeo e dados passam pelo processo de codificação conhecido como encoder (H.264 para vídeo e AAC para áudio), são gerados stream ou *Program Streams* (PS), esses streams passam por um novo processo chamado multiplexação, tendo como saída TS.

Figura 1 – Diagrama de blocos do ISDB-T.



Fonte: ABNT (2007).

No Brasil, o sistema ISDB-T usa codificação de vídeo MPEG-2 e codificação de áudio avançada MPEG-2 (AAC) para HDTV e H.264 para recepção móvel (como mostrado na tabela 1. Nos pacotes de fluxo de transporte (TSP) de comprimento 188 bytes são agrupados em um quadro multiplexado. O comprimento do quadro multiplexado depende do intervalo de guarda e dos valores de tamanho do IFFT. Na saída de informações de controle de configuração de multiplexação de transmissão re-multiplex TMCC é adicionado com a configuração do parâmetro do modulador e atribuído a cada camada. O comprimento de TSP é de 204 bytes e é chamado o fluxo de transporte de

transmissão BTS. O quadro 1 ilustra todas as resoluções de áudio e vídeo, assim como os padrões responsáveis pelo processo de compressão (ARIB, 2009).

Quadro 1 – Relação áudio e vídeo e seus tipos de codificação.

Codificação de Vídeo	Codificação de Áudio
HDTV MPEG-2 MP@HL	MPEG-2 AAC
SDTV MPEG-2 MP@HL	MPEG-2 AAC
LDTV H264 BP@L1.2	AAC-DBR

Fonte: ARIB STANDARD (2013).

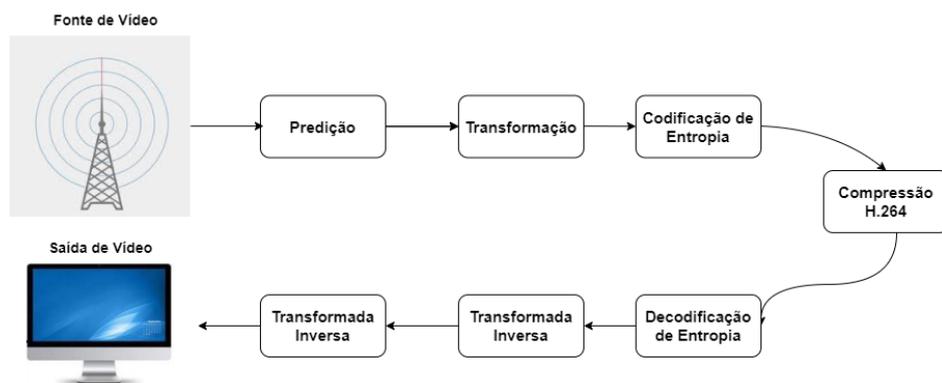
CODIFICAÇÃO DE ÁUDIO E VÍDEO

Quando se trata de codificação de áudio e vídeo um resumo básico para bons entendimentos é que a codificação de áudio e vídeo é feita pela transmissão e a decodificação de áudio e vídeo que é realizada pelo sistema receptor. O codificador de vídeo recebe um sinal e após isso é gerada a compressão dessas informações, que são enviadas ao multiplexador. O sistema de decodificação recebe o sinal que previamente passou pelo demultiplexador do receptor e realiza sua descompressão obtendo como sinal de saída o sinal reconstruído ou remultiplexado (ABNT, 2007).

No contexto geral podemos afirmar que existem muitos tipos e formatos para compressão de vídeo, como por exemplo MPEG (*Moving Picture Experts Group*) e VCEG - (*Video Coding Experts Group*). Os padrões também possuem muitas opções, em geral os mais conhecidos são MPEG-2 e MPEG-4, sendo que o MPEG-2 tem uma leve preferência em relação aos outros, pois tem um baixo custo quando se trata de seus circuitos integrados e conseqüentemente adere tecnologia de aprimoramento constante, ou seja, possui uma facilidade de atualização de acordo com padrões de TV's mundiais, onde se encaixa o sistema brasileiro SBTVD.

Este tipo de compressão de vídeo MPEG2 é utilizado em muitos segmentos DTV, pois suportam uma transmissão robusta conhecida como Enhanced 8-VSB, a qual permite a alocação de uma emissora com 19,4 Mb/s para dados aprimorados, que são dados reconstruídos para terem certas imunidades quando ocorrer deficiências de transmissão em um canal primário utilizando a compressão H.264, assim como ilustra a figura 2.

Figura 2 – Codificação e decodificação de vídeo com H.264.



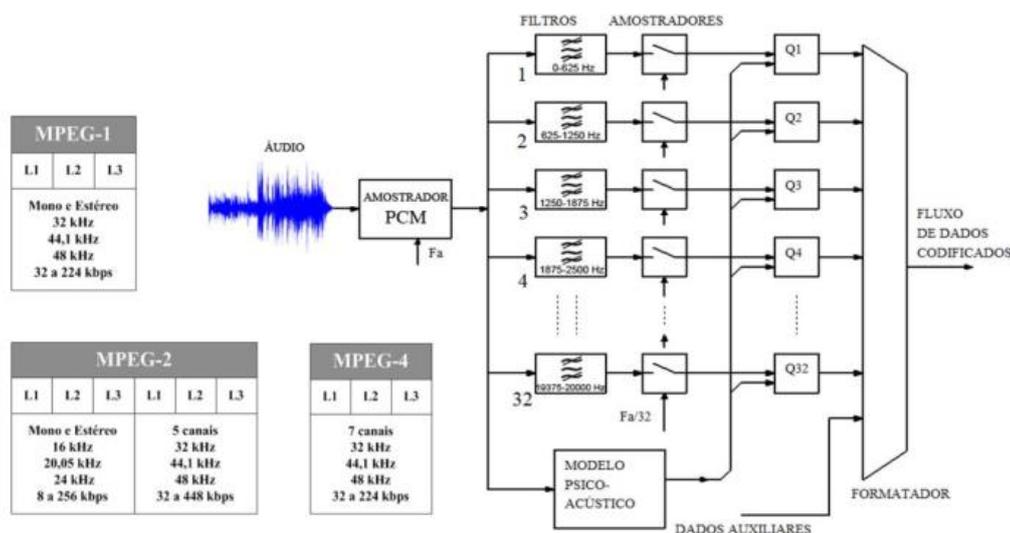
Fonte: IAIN (2010).

Já o sistema de compressão de áudio segue restritamente a norma ISO/IEC 14496 (MPEG-4 Áudio) que é um novo tipo de padrão internacional de áudio que integra diferentes tipos de codificação de áudio: som natural com som sintético, entrega de baixa taxa de bits com entrega de alta qualidade, fala com música, trilhas sonoras complexas com músicas simples e conteúdo tradicional com conteúdo interativo e de realidade virtual. Padronizando ferramentas de codificação individualmente sofisticadas, bem como uma estrutura nova e flexível para áudio sincronização, mixagem e pós-produção baixada, os desenvolvedores do padrão MPEG-4 criaram uma tecnologia para um novo mundo interativo de áudio digital.

A compressão de áudio possui divisões e níveis onde áudio digital de alta qualidade requer uma alta taxa de dados, o que pode ser excessivo para certos aplicativos. Uma abordagem para o problema é usar a compressão, o que reduz significativamente essa taxa com uma perda moderada de qualidade subjetiva. Como o sistema auditivo humano não é igualmente sensível a todas as frequências, é possível obter algum ganho de codificação usando menos bits para descrever as frequências menos audíveis. Embora a compressão possa alcançar uma redução considerável na taxa de bits, ela deve ser apreciada que os sistemas de compressão reintroduzem a perda de geração do domínio analógico para os sistemas digitais (LIN et al., 2012).

O sistema brasileiro adotou o padrão de áudio HE-ACC, que possui frequências de amostragem em 32 kHz, 44,1 kHz ou 48 kHz. Onde o número máximo de canais de áudio permitidos deve seguir obrigatoriamente a nome ISO/IEC 14496-3, assim como sua respectiva codificação. Diante da figura 2 podemos perceber que o bloco do banco de filtros é utilizado para decompor o sinal de áudio de entrada nas 32 sub-bandas, na qual irá resultar a melhor interpretação dos estímulos auditivos.

Figura 3 – Banco de filtro de áudio.

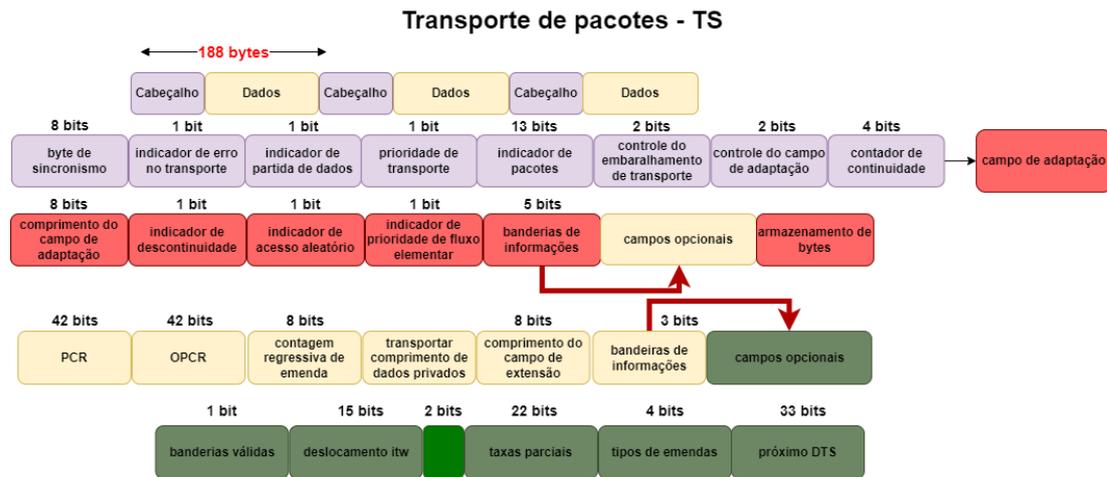


Fonte: ZHU & SYED (2009).

ESTRUTURA E FORMAÇÃO DO TRANSPORT STREAM (TS)

TS nada mais é do que um processo de multiplexação de vários pacotes PES. O sistema MPEG-2 define dois tipos de streams para o transporte (transmissão) das informações de áudio, vídeo e dados, contidos nos pacotes PES. A estes streams são chamados de Transport Streams e Program Streams. Esse processamento possui um código de correção de erros que estão dentro do sinal para tentar prover uma confiabilidade de informações enviadas ou até mesmo para remover uma informação enviada incorretamente nesse sinal. Por isso são fragmentados e novamente empacotados com comprimentos fixos de 188 bytes, ou 204 quando 16 bytes de código de correção de erro opcional forem adicionados. Dessa forma, os cabeçalhos dos pacotes de TS devem conter as informações essenciais para o sistema de transmissão. A figura 4 que ilustra um pacote TS com seus campos do cabeçalho e seu campo de adaptação seguidos de campos opcionais com código de correção de erros PCR. (UEHARA, 2006).

Figura 4 – Estrutura do *Transport Stream*.

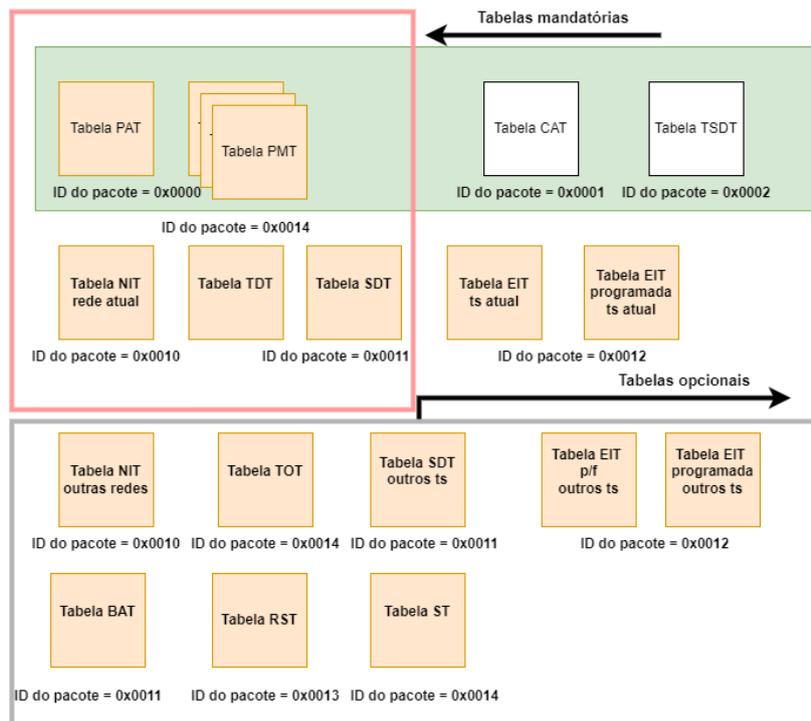


Fonte: TEKTRONIX (2018).

O primeiro campo do cabeçalho de transport stream é o sync_byte, composto por 8 bits de valor 0x47 (01000111), esse valor não deve ser mudado, ele é padrão para o sistema de transmissão de televisão digital. Esse campo será utilizado pelo receptor no processo de decodificação do sinal. Todos os programas e analisadores de sinais de TV Digital validam um TS através do encontro de um sincronismo de início em cada pacote de TS.

Após sincronizar as informações através do 0x47, o decodificador passar a procurar as informações adicionais conhecidas como campo de adaptação, que tem campos reservados para montar um Transport Stream. O campo que indica se o pacote contém erro ou não, todavia ele não é responsável por corrigir esse erro, se chama transport_error_indicator, pois o próximo campo chamado payload_unit_start_indicator deve verificar se existe informações no payload que representam o início de um PES ou uma seção PSI antes de passar pelo processo de correção CRC. Os pacotes são definidos de acordo com uma estrutura binária e suas prioridades, para verificar qual a prioridade e se ela é alta em relação aos demais pacotes, é usado o campo transport_priority. Já o campo PID (*Packet Identifier*) é um campo utilizado para identificar os pacotes de transport stream e quais informações deverão ser mostradas dependendo do seu valor (UEHARA, 2006). Cada pacote possui diferentes informações como por exemplo, informações de áudio, vídeo e tabelas. Então esse campo de 13 bits é um identificador para listar essas informações de acordo a Norma ABNT NBR 15603-1 ilustrado na figura 5.

Figura 5 – Valores do PID reservados para transmissão



Após as decodificações do cabeçalho e do campo de adaptação, seguem a estrutura binária do campo chamado de `transport_scrambling_control`, ele possui 2 bits que indicam se o pacote de transport stream possui ou não embaralhamento (criptografia), este tipo de embaralhamento criptográfico pode ser realizado também de forma idêntica nos pacotes PES. Porém para o processo de criptografia aplicado nos pacotes PES são mais trabalhosos, quando se refere ao hardware, devido ao fato de possuírem comprimentos variáveis.

METODOLOGIA

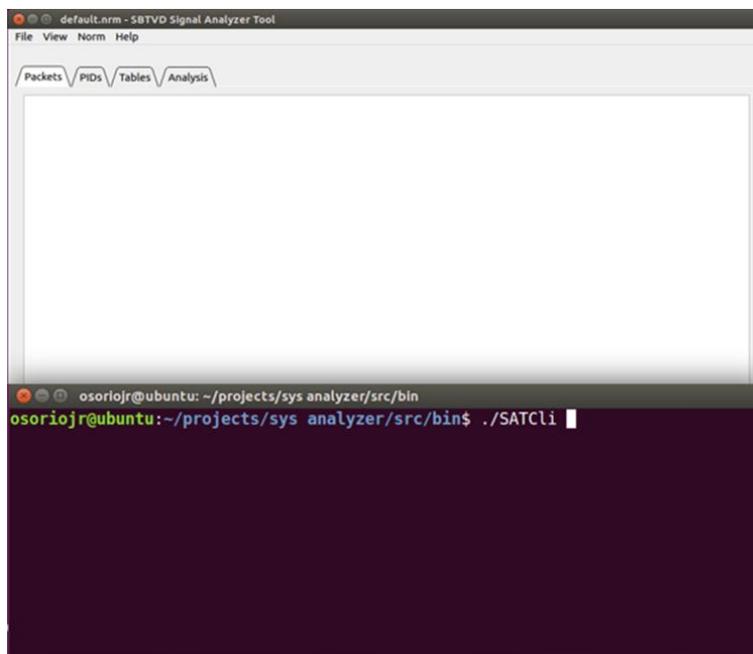
A metodologia de análise do sinal de TV Digital ficou subdividida em três etapas: captura do sinal digital TS através do dispositivo Dektec DTU-238, leitura do arquivo na interface gráfica e os resultados da análise do arquivo, sendo destacado na cor vermelha caso possua alguma irregularidade.

O funcionamento do sistema foi desenvolvido através de uma Interface Gráfica do Usuário (GUI) com os comandos de input que interagem facilmente com qualquer usuário para facilitar a criação de TS's, análise e report de problemas caso encontrado. A interface foi adaptada com o uso de uma *Integrated Development Environment* (IDE), que foi escolhido pela praticidade de que caso seja necessário qualquer tipo de atualização ou melhoria posteriormente e por ser de fácil utilização em um sistema operacional livre, o Linux.

CAPTURA DO ARQUIVO TS

Para capturar um sinal, é necessário abrir a interface gráfica por linha de comando no terminal usando `./SATcli`. Após a execução desse comando, o terminal continua aberto, junto com a interface gráfica como mostra a figura 6.

Figura 6 – Tela principal do analisador

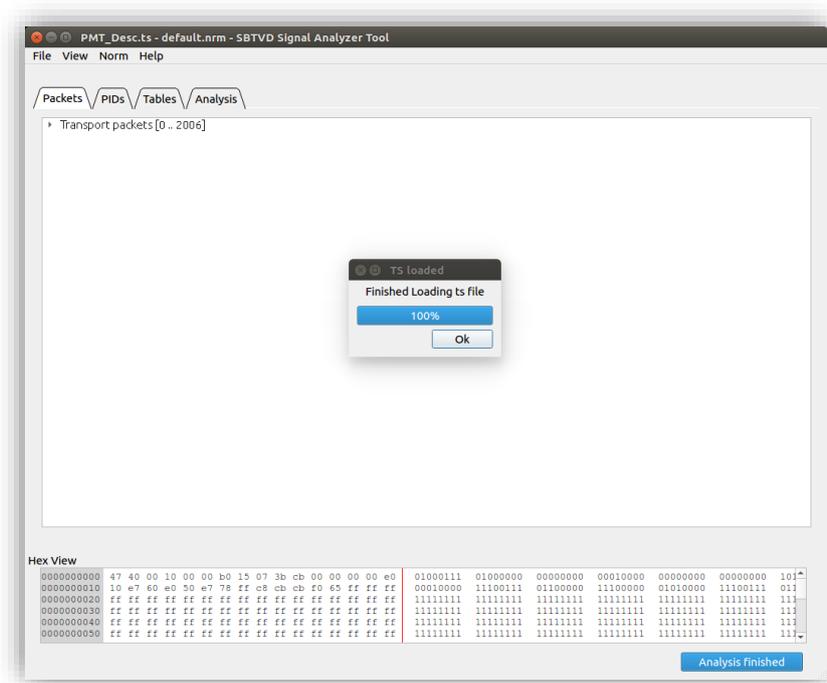


Ao clicar em “File” e em seguida em “Capture”, irá abrir a aba para captura de um TS em tempo real. A tela de captura possui uma opção de inserir a frequência para o canal desejado, por exemplo, caso o canal em análise seja a Rede Amazônica, a frequência setada deverá ser 479.143 Mhz. O local onde o arquivo TS será gravado pode ser alterado para qualquer caminho no sistema operacional e clicando em “Capture” é iniciado o processo de gravação do TS.

ANÁLISE DO ARQUIVO TS

O processo de análise é feito através de uma estrutura de algoritmos que tem por finalidade mostrar os resultados obtidos na interface gráfica, assim toda a estrutura de pacotes, PIDs e tabelas são decodificadas e organizadas em abas na interface. Existe a necessidade de carregar um arquivo no formato XML com a extensão `(.nrm)`, onde consta toda a estrutura de bytes que será decodificado no processo de parse. Pressionado a opção “Norm” será aberto uma tela para selecionar o arquivo XML que será carregado na aplicação (Figura 7), caso não tenha um arquivo específico, a própria aplicação carrega automaticamente uma norma default que está configurada para o padrão brasileiro de TV Digital – SBTVD.

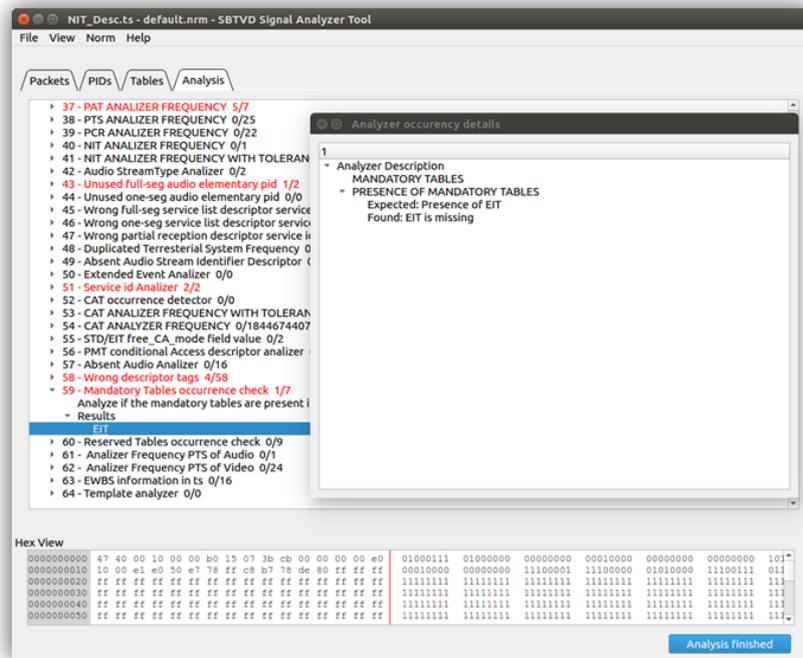
Figura 7 – Arquivo TS carregado no sistema



RESULTADO DAS ANÁLISES DO TS

O resultado da análise é mostrado na aba “Analysis”, onde as inconsistências que são destacadas na cor amarela se tratam de um alerta onde algo pode atrapalhar a transmissão ou vermelho quando for um erro propriamente dito que precisa ser alterado com urgência para a forma correta levando em consideração a norma brasileira. Os analisadores são numerados de forma incremental, cada analisador tem uma função para decodificação de informações. A figura 8 ilustra um TS incorreto, pois o mesmo não apresenta a tabela EIT, que de acordo com a normal, é uma tabela obrigatória para a transmissão digital. Cada erro pode ser mostrado com detalhes em que pacote está ocorrendo, apenas expandindo o nível ou selecionando e executando um duplo clique.

Figura 8 – Resultado da análise do TS



Os resultados dos processos de análise continuam sendo mostrados até que um comando Ctrl+C seja enviado via terminal ou simplesmente finalizando o modo da interface gráfica atual. Por fim, só é possível realizar uma análise por vez, por causa do processo de parse que é feito para cada arquivo separadamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema ISDB-Tb é considerado um sistema de TV digital consolidado em alguns países e a análise teórica, prática, de transmissão e recepção sobre o seu funcionamento tem sido um alvo constante no ramo de pesquisas, tanto no meio acadêmico como na área industrial.

Os resultados foram obtidos através da metodologia proposta e contemplam as três etapas apresentadas no artigo. O propósito é identificar falhas na recepção do sinal de TV digital e também demonstrar a parte técnica da metodologia em um ambiente real de captura que utiliza um dispositivo Dektec-238. Na etapa de análise do fluxo de bits foram usados decodificadores dos pacotes de TS baseados na norma ABNT NBR 15601. Com relação à etapa de relatórios de erros do TS, são identificados pela aba de *Analysis* do sistema gráfico de decodificação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

A metodologia apresentada neste trabalho demonstrou a possibilidade de transmissão do sinal de TV Digital de forma que as emissoras não tenham muito esforço para identificar as falhas que podem ocorrer durante as transmissões. O trabalho demonstrou que há possibilidades de implementações e melhorias na parte de recepção de sinais, isso prova conceitualmente esta metodologia proposta. Dessa forma, vale salientar que a metodologia pode ser utilizada por receptores de TV Digital de forma embarcada em cada receptor, gerando assim uma padronização muito relevante para todas as marcas de televisores no mercado atual.

Os resultados do projeto possuem perspectivas mercadológicas relevantes para os fabricantes de receptores de TV Digital. A ferramenta possibilitará maior agilidade nos diagnósticos de falhas na operação do sistema de TV Digital que impacta diretamente no funcionamento dos produtos. Quanto maior o tempo para identificar a causa das falhas, maior impacto na imagem dos produtos e maiores os custos nas assistências técnicas. Por ser uma ferramenta inédita no mercado, a mesma também poderá ser comercializada ou até mesmo serviços relacionados podem ser oferecidos com seu uso.

REFERÊNCIAS

- ARIB STANDARD. **Transmission system for digital terrestrial television broadcasting**. Association of Radio Industries and Businesses, 2009.
- ARIB, “**700 MHz Band Intelligent Transport Systems**,” English, ARIB, STD T109-v1.2, Dec. 2013.
- CHUNJIANG, L; PEIYU, G; XIAOMING, L; HAITAO, L. **A Low Cost and Low Power Remote Wake-Up Method of Cable Digital TV STB**. Video Engineering, 38 (17), 2014.
- FEITOSA, D. F; ALVES, K. C. **A TV Digital e o lugar da Paraíba nessa revolução**, Universidade Federal da Paraíba, 2006.
- IAN. **Digital Television programs and Public Safety of 2009**. Pub. L. No. 109-71, 2010.
- ABNT. NBR 15603-2: **Multiplexação e serviços de informação (SI). Parte 2: Estrutura de dados e definições da informação básica de SI**. ABNT NBR 15603-2, 2007.
- LIN, C.; HORNG, S.; HUANG, Y. **Hardware resource manager for reconfiguration system**. In: International Symposium on Biometrics and Security Technologies (ISBAST), IEEE, 2012.
- SOUTO, N. I; MENDONÇA, C. M. C. **The Digital TV in Brazil: Scientific Studies x Application on the Market**. RAUnP - Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Administração da Universidade Potiguar. v. 5, n. 2, p. 99-108, 2013.

TEKTRONIX. **Test and Measurement Equipment**, 2018. Disponível em:
<https://www.tek.com/en/documents/poster/mpeg-poster-dvb>. Acesso em: 10/08/2022.

UEHARA, M. "Application of MPEG-2 Systems to Terrestrial ISDB (ISDB-T)," **Proceedings of the IEEE**, vol. 94, no. 1, pp. 261-268, Jan. 2006.

ZHU, J.; SYED, D. **An SDRAM Controller Optimized for High-Definition Video Coding applications** Seattle, USA, 18–21 May 2009, pp. 3518–3521.

Recebido em: 21/08/2022

Aprovado em: 23/09/2022

Publicado em: 28/09/2022