

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA
CAMPUS SÃO JOSÉ

ARTHUR CADORE MATUELLA BARCELLA

**SIMULAÇÃO DE TRANSMISSOR E RECEPTOR PTT-A3 PARA
APLICAÇÕES NO SISTEMA DE SATÉLITES ARGOS-3**

SÃO JOSÉ

2025

Arthur Cadore Matuella Barcella

Simulação de Transmissor e Receptor PTT-A3 para Aplicações no
Sistema de Satélites ARGOS-3

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Telecomunicações.

Área de concentração: Telecomunicações

Orientador: Prof. Roberto Wanderley da Nóbrega, Dr.

Coorientadora: Prof. Richard Demo Souza, Dr.

São José

2025

Arthur Cadore Matuella Barcella

Simulação de Transmissor e Receptor PTT-A3 para Aplicações no
Sistema de Satélites ARGOS-3

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina, para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Telecomunicações.

São José, 16 de abril de 2025.

Prof. Roberto Wanderley da Nóbrega, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Professor Fulano, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Professora Fulana, Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Aos meus pais, que sempre acreditaram em mim, e me ensinaram a sonhar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e incentivando a seguir em frente. Vocês são a minha base e a razão pela qual busco sempre o melhor.

Agradeço especialmente ao meu orientador, Professor Fulano, pela orientação e apoio durante todo o processo de elaboração deste trabalho. Sua experiência e conhecimento foram fundamentais para o meu aprendizado e crescimento acadêmico.

Agradeço ao Instituto Federal de Santa Catarina, que me proporcionou uma formação sólida e de qualidade, e a todos os professores que contribuíram para o meu aprendizado.

Agradeço também aos meus colegas de curso, que compartilharam comigo momentos de aprendizado e crescimento. Juntos, enfrentamos os desafios e celebramos as conquistas.

“Sempre que te perguntarem se podes fazer um trabalho, respondas que sim e te ponhas em seguida a aprender como se faz.” (NOME, ANO)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e simulação de um sistema de modulação e demodulação, utilizando os padrões da terceira geração do sistema de satélites ARGOS-3. Este padrão é utilizado em Plataformas de Coleta de Dados (PCDs) voltadas ao monitoramento ambiental, e emprega técnicas de comunicação digital, como modulação QPSK, codificação convolucional e embaralhamento de dados, com o objetivo de aumentar a confiabilidade do enlace de satélite. A metodologia adotada envolve o estudo de especificações do padrão de comunicação, a estrutura dos datagramas transmitidos pelas PCDs e a implementação, em ambiente simulado, dos blocos responsáveis pela transmissão e recepção digital. O conjunto de simulações vai desde a geração da portadora pura, passando pela palavra de sincronismo e codificação da mensagem do usuário, até a demodulação e recuperação dos dados transmitidos.

Palavras-chave: Comunicação por satélite; PTT-A3; ARGOS-3; Modulação digital;

ABSTRACT

The objective of this work is to develop and simulate a modulation and demodulation system based on the standards of the third generation of the ARGOS-3 satellite system. This standard is used in Data Collection Platforms (DCPs) designed for environmental monitoring and employs modern digital communication techniques such as QPSK modulation, convolutional coding, and data scrambling, aiming to increase the robustness of the satellite communication link. The adopted methodology involves a detailed study of the communication standard specifications, the structure of the datagrams transmitted by the DCPs, and the implementation, in a simulated environment, of the blocks responsible for digital transmission and reception. The proposed simulation set covers the entire chain, from the generation of the continuous wave (CW) carrier, through the synchronization word and user message encoding, to the demodulation and recovery of the transmitted data.

Keywords: Satellite Communication; PTT-A3; ARGOS-3; Digital modulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa das PCDs distribuídas pelo território nacional	15
--	----

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE CÓDIGOS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARGOS *Advanced Research and Global Observation Satellite.*

ARGOS-2 *ARGOS v2 Communication Standard.*

ARGOS-3 *ARGOS v3 Communication Standard.*

CBERS *China-Brazil Earth Resources Satellites.*

CNES *Centre National d'Études Spatiales, França.*

INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

IoT *Internet of Things.*

NASA *National Aeronautics and Space Administration.*

NOAA *National Oceanic and Atmospheric Administration.*

PCD Plataformas de coleta de dado.

PTT-A2 *ARGOS v2 Communication Standard PTT.*

PTT-A3 *ARGOS v3 Communication Standard PTT.*

PTT-ZE variação do PTT-A3 *Zero-Energy.*

QPSK *Quadrature Phase-Shift Keying.*

SBCDA Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais.

SCD-1 Satélite de Coleta de Dados 1.

SCD-2 Satélite de Coleta de Dados 2.

SINDA Sistema Integrado de Dados Ambientais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo geral	16
1.1.2	Objetivos específicos	16
1.2	ORGANIZAÇÃO DE TEXTO	16
	Referências	17
	APÊNDICE A – MEU PRIMEIRO APÊNDICE	18
	ANEXO A – MEU PRIMEIRO ASSUNTO DE ANEXO	19
	ANEXO B – SEGUNDO ASSUNTO QUE PESQUISEI	20

1 INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias de comunicação via satélite tem se mostrado fundamental para aplicações de *Internet of Things* (IoT) em cenários remotos, especialmente no monitoramento ambiental, oceânico e meteorológico, através de plataformas equipadas com sensores, as chamadas Plataformas de coleta de dado (PCD), que são capazes de transmitir pequenas quantidades de dados periodicamente para satélites de órbita baixa (Centenaro *et al.*, 2021; Fraire; Céspedes; Accettura, 2019).

Dentre os sistemas internacionais voltados para esse tipo de aplicação, destaca-se o *Advanced Research and Global Observation Satellite* (ARGOS) ¹, criado em 1978 por meio de uma cooperação entre o *Centre National d'Études Spatiales*, França (CNES), *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Desde seu desenvolvimento, o sistema ARGOS tem passado por constantes evoluções, trazendo novos padrões de transmissão e modulação como os formatos *ARGOS v2 Communication Standard PTT* (PTT-A2), *ARGOS v3 Communication Standard PTT* (PTT-A3) e variação do PTT-A3 *Zero-Energy* (PTT-ZE), para aprimorar a eficiência espectral e a confiabilidade do enlace com o satélite.

No Brasil, o Sistema Brasileiro de Coleta de Dados Ambientais (SBCDA) ², desenvolvido e operado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), emprega a tecnologia ARGOS. O SBCDA utiliza satélites em órbita baixa, como os Satélite de Coleta de Dados 1 (SCD-1), Satélite de Coleta de Dados 2 (SCD-2) e os satélites da série *China-Brazil Earth Resources Satellites* (CBERS), para coletar dados transmitidos por PCD instaladas em todo o território nacional (Rodrigues, 2018; Duarte *et al.*, 2021).

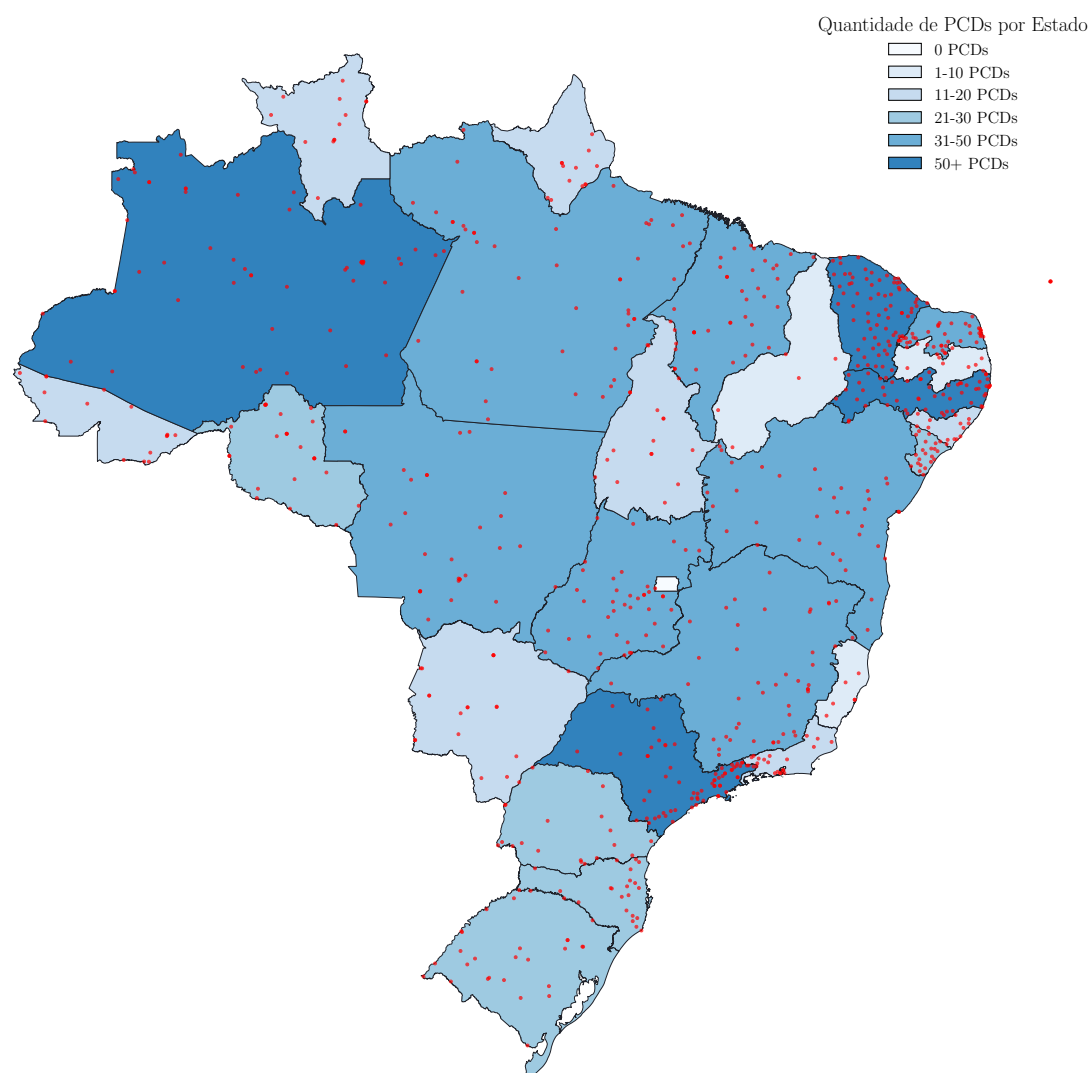
De acordo com dados do Sistema Integrado de Dados Ambientais (SINDA) ³, atualmente é possível realizar a inspeção dos dados de 1030 pontos ativos de coleta distribuídos pelo país, cuja distribuição geográfica é apresentada na Figura 1 (Silva; Almeida, 2022).

¹ <https://www.argos-system.org/>

² <https://www.gov.br/aeb/pt-br/acoes-e-programas/aplicacoes-espaciais/dados-ambientais>

³ <http://sinda.crn.inpe.br/PCD/>

Figura 1 – Mapa das PCDs distribuídas pelo território nacional



Grande parte dessas PCD é compatível com o padrão *ARGOS v2 Communication Standard* (ARGOS-2), implantado a partir de 1993. Esses dispositivos, entretanto, operam com tecnologias de hardware e software limitadas à época de sua instalação, apresentando restrições quanto à eficiência espectral, robustez contra interferências e capacidade de transmissão de dados. Diante da evolução das demandas de comunicação, da necessidade de aprimorar o desempenho do sistema e da dificuldade na aquisição dos componentes legados para montagem do hardware compatível com ARGOS-2, o *ARGOS v3 Communication Standard* (ARGOS-3) foi desenvolvido.

O sistema ARGOS-3 introduziu o uso de transmissores do tipo PTT-A3 que empregam técnicas digitais mais avançadas, como modulação *Quadrature Phase-Shift Keying* (QPSK), codificação convolucional e embaralhamento de dados, visando maior robustez frente a desvanecimentos e erros de rajada. Esses avanços também motivaram o desenvolvimento de novos transmissores e receptores compatíveis com o padrão PTT-A3 (CNES,

2006).

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo a simulação de um modulador/demodulador compatível com o padrão PTT-A3, conforme as especificações do sistema ARGOS-3, contribuindo para a formação de massa crítica com domínio técnico sobre os elementos do sistema, a fim de criar melhores condições para que futuros esforços de modernização das PCD do SBCDA possam ser conduzidos.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal a simulação e análise de um sistema de modulação e demodulação compatível com o padrão PTT-A3, utilizado no sistema de satélites ARGOS-3.

1.1.1 Objetivo geral

Simular um sistema de modulação e demodulação compatível com o padrão PTT-A3 do sistema de satélites ARGOS-3.

1.1.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral proposto, este trabalho foi estruturado em uma série de etapas com metas técnicas bem definidas. Os objetivos específicos foram organizados de modo a contemplar a compreensão teórico/prática do padrão de comunicação ARGOS-3. São eles:

- Estudar o padrão de comunicação ARGOS;
- Simular a cadeia de transmissão do padrão PTT-A3;
- Simular o efeito da adição de ruído;
- Simular a detecção de múltiplas portadoras;
- Simular a recepção e demodulação do sinal;
- Simular a sincronização de quadros.
- Simular a montagem e interpretação do datagrama.

1.2 ORGANIZAÇÃO DE TEXTO

O conteúdo deste trabalho está organizado da seguinte forma: O ?? apresenta a fundamentação teórica necessária para a compreensão do projeto. Já o ?? descreve a proposta de desenvolvimento e as etapas previstas para a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

CENTENARO, Marco *et al.* A Survey on Technologies, Standards and Open Challenges in Satellite IoT. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 23, n. 3, p. 1693–1720, 2021. DOI: 10.1109/COMST.2021.3078433.

CNES, Project Team. Services and Message Formats Ed2 Rev2. en, p. 80, 2006.

DUARTE, José Marcelo L. *et al.* A multiuser decoder based on spectrum analysis for the Brazilian Environmental Data Collecting System. en. **International Journal of Satellite Communications and Networking**, v. 39, n. 2, p. 205–220, 2021. Publisher: John Wiley & Sons, Ltd. ISSN 1542-0981. DOI: 10.1002/sat.1381. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sat.1381>.

FRAIRE, Juan A.; CÉSPEDES, Sandra; ACCETTURA, Nicola. Direct-To-Satellite. en. *In: AD-HOC, Mobile, and Wireless Networks*. Springer, Cham, 2019. p. 241–258. ISSN: 1611-3349. ISBN 978-3-030-31831-4. DOI: 10.1007/978-3-030-31831-4_17. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31831-4_17.

RODRIGUES, José Antonio. Demodulador ARGOS III Compatível com Sinais PTT-A2 e PTT-A3. pt, p. 104, 2018. Disponível em: <http://mtc-m21c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21c/2018/08.01.12.38/doc/publicacao.pdf>.

SILVA, Ramon Brandi da; ALMEIDA, Eugenio Sper de. Um framework para a identificação e diferenciação de plataformas de coleta de dados ambientais do Sistema Nacional de Dados Ambientais (SINDA). pt. *In: SIMPÓSIO Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*. SBC, 2022. p. 17–20. ISSN: 0000-0000. DOI: 10.5753/sbsi_estendido.2022.222715. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi_estendido/article/view/21563.

APÊNDICE A – MEU PRIMEIRO APÊNDICE

Texto ou documento, elaborado pelo autor, a fim de complementar sua argumentação, sem prejuízo da unidade nuclear do trabalho. Os apêndices são identificados por letras maiúsculas ordenadas alfabeticamente, travessão e pelo respectivo título.

ANEXO A – MEU PRIMEIRO ASSUNTO DE ANEXO

Texto ou documento não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação, comprovação e ilustração. Os anexos são identificados por letras maiúsculas ordenadas alfabeticamente, travessões e pelos respectivos títulos.

ANEXO B – SEGUNDO ASSUNTO QUE PESQUISEI

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.