



# **SISTEMA DE RELATÓRIO AUTOMÁTICO DE PACOTES EMBARCADOS EM MICROCONTROLADORES: UMA REVISÃO SISTÊMICA.**

**Ricardo Leite de Freitas**  
rfretias@iff.edu.br  
IFF

**Renato Gomes Sobral Barcellos**  
rbarcellos@iff.edu.br  
IFF

**Luiz Gustavo Lourenço Moura**  
gustavo@iff.edu.br  
IFF

**Henrique Rego Monteiro da Hora**  
henrique.dahora@iff.edu.br  
IFF

**Resumo:** O Automatic Packet Reporting System é um protocolo de comunicação de pacotes que permite a transmissão de dados em tempo real. Este código possibilita o compartilhamento da posição dos rádios aos radioamadores, além de fornecer dados gerados por estações meteorológicas, localização de veículos e até mesmo troca de mensagens. Este artigo persegue as publicações envolvendo a tecnologia implementada através de Microcontroller Unit (MCU), verificando as técnicas e equipamentos utilizados na construção dos projetos e identificando suas funcionalidades. A pesquisa foi realizada em quatro bases de dados: IEEE Xplore, ScienceDirect, Scopus e Web of Science. Os trabalhos foram separados pelo autor, ano de publicação, país de origem e microcontrolador utilizado. Como resultado desta procura, cinquenta e dois artigos foram encontrados. Após a eliminação dos trabalhos duplicados e aplicação de outros filtros, sobraram dez pesquisas. Estes artigos foram analisados, estratificados e discutidos. Verificou-se que para aplicações mais complexas opta-se pela utilização do Raspberry Pi. Quando a funcionalidade exige um número maior de conexões com outros dispositivos, usa-se o Arduino Mega. Para finalidades mais simples emprega-se o Arduino Uno e o PIC18F2250.

**Palavras Chave:** APRS - ARDUÍNO - RASPBERRY PI - PIC18F2250 - MICROCONTROLADOR



## 1. Introdução

O *software* intitulado *connectionless emergency traffic system* (cets), sistema de tráfego de emergência sem conexão, foi utilizado pela primeira vez em 1984 com o intuito de localizar cavalos durante uma corrida de 100 milhas (BRUNINGA 2019). Após anos do desenvolvimento desse sistema pelo seu idealizador, Bob Bruninga, o sistema evoluiu lentamente. Apenas que em 1992 um artigo foi publicado na 11ª Conferência de Rede de Computadores da ARRL. Nesta publicação o sistema foi renomeado, passando a ser chamado de *automatic packet reporting system* (aprs), sistema de relatório automático de pacotes (BRUNINGA 2019).

O APRS é um protocolo de comunicação de pacotes que permite a transmissão em tempo real de dados para sistemas de mapeamento. Este código possibilita o compartilhamento de posição dos rádios aos radioamadores, além de fornecer dados gerados por estações meteorológicas, localização de veículos e até mesmo troca de mensagens. O sistema entende que em um evento especial ou em uma catástrofe é imprescindível a localização dos envolvidos (WADE 2000). Por isso, este sistema oferece relatórios e posicionamentos em tempo real através da internet. Os dados são disponibilizados através de uma plataforma hospedada em <https://aprs.fi> com livre acesso a todos os interessados (VELASCO E ARANDA 2018). A maioria das aplicações com o protocolo APRS foi desenvolvida especificamente para trabalhar com aparelhos de radioamadores. O documento de referência recomenda o uso dos rádios *Kenwood th-d7* e *tm-d700* (WADE 2000).

Em paralelo ao desenvolvimento do Sistema de Relatório Automático de Pacotes, uma outra tecnologia se popularizou, os microcontroladores (MCU). Os módulos eletrônicos multifuncionais ou microcontroladores são aparelhos genéricos que se moldam a diversas aplicações. Esses módulos possuem configuração simples e modular, o que incentiva a construção de diversos sistemas integrados. Muitos modelos de microcontroladores apresentam tecnologia de código aberto isso permite um fácil acesso aos projetos e consequente barateando de custos de fabricação. Os microcontroladores podem ser utilizados em diversas áreas, desde estudos comportamentais a nanotecnologia (URBAN 2015).

Os microcontroladores podem ser utilizados em conjunto com o APRS, facilitando a implementação do sistema. Menna e de La Vega (2015) apresentaram um modem embarcado em um microcontrolador de baixo custo chamado PIC18F2550. Esse dispositivo foi utilizado para a transmissão em um sistema de rádio de modulação FSK, modulação por chaveamento de frequência e obteve êxito.

Hajdarevic, Konjicija, e Subasi (2014) destacam a importância do radioamadorismo nos momentos em que não há infraestrutura de comunicações disponível e testaram um software livre de tecnologia VoIP, Voz sobre IP, implementado em um microcontrolador *Raspberry Pi*. Eles testaram o sistema no decorrer de uma enchente associada a deslizamentos de terras na Bósnia e Herzegovina.

Os mesmos Hajdarevic, Konjicija, e Subasi (2014) apresentaram uma tecnologia de baixo custo para implementar sistemas APRS-IS, (Serviço de Internet via APRS). Esse recurso possibilita a transmissão de protocolos próprios da internet em uma rede APRS. Os



autores também destacaram o propenso crescimento nos Estados Unidos, e por consequência, em diversos outros países.

Um estudo foi apresentado por Hajdarevic e Konjicija para verificar a possibilidade de um mesmo hardware ofertar três serviços de comunicação. Os serviços foram localização através do Sistema de Posicionamento Global (GPS), telefonia através de tecnologia VoIP e ainda a captura de vídeo em tempo real. Todas as tarefas foram executadas em um *Raspberry pi* (HAJDAREVIC E KONJICIJA 2015).

Amasari, Lerdnantawat e Bunnjaweht projetaram uma estrutura de comutação que ajudava na seleção da melhor antena para uma estação de rádio APRS. Um MCU foi utilizado para controlar o mecanismo de comutação e possuía uma interface com telefone e computador (AMASIRI, LERDNANTAWAT, E BUNNJAWEHT 2015).

Quitevis e Ambatali (2018) propuseram o desenvolvimento de um módulo de rádio implementado em um microcontrolador *Raspberry Pi* para transmitir uma mensagem proveniente de um Smartphone e utilizava o protocolo APRS através da frequência de radioamadores.

Velasco e Aranda (2018) desenvolveram um estudo que aplicou diversos conceitos para implementação de um link de rádio com protocolo APRS para transmissão de dados de diversos sensores através de um gerador de sinais embarcado em um microcontrolador.

Apesar das diversas contribuições apresentadas no estado da arte, nenhum estudo apresenta uma revisão sistêmica sobre o uso dos sistemas APRS embarcados em microcontroladores. Desta forma, o presente artigo analisa trabalhos baseados em transceptores construídos a partir de microcontroladores de tecnologia aberta utilizando o protocolo APRS.

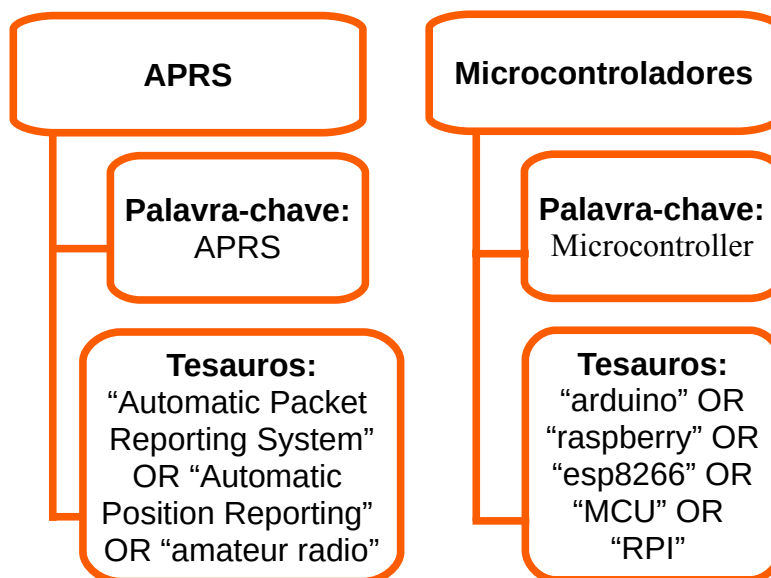
## 2. Metodologia

Esse trabalho é um estudo de revisão sistemática que visa encontrar trabalhos referentes aos sistemas *Automatic Packet Reporting System* (APRS) implementados através de microcontroladores de tecnologia aberta. Após a pesquisa, esse artigo analisa as publicações para identificar as técnicas desenvolvidas e os equipamentos utilizados na sua construção.

A pesquisa é realizada em quatro bases de dados: *IEEE Xplore*, *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*. Devido à especificidade do tema proposto e a tentativa de abranger o maior número de publicações sem focar em aplicações específicas, a consulta utiliza apenas duas palavras-chave: APRS e Microcontroladores.

Para a palavra Microcontroladores, não foram encontrados sinônimos e tesouros. Assim utiliza-se na pesquisa o nome de modelos mais populares de MCU: *Arduíno*, *Raspberry Pi* e *Esp8266*. A mesma dificuldade foi identificada para o termo APRS, por se tratar de uma sigla e nome próprio do protocolo, não havendo sinônimos ou tesouros, resolvendo-se utilizar a abreviação e o nome completo. Como a maioria das publicações indexadas nas bases pesquisadas, os termos foram apresentados no idioma inglês.

A pesquisa segue os seguintes parâmetros: “APRS” OR “Automatic Packet Reporting System” OR “Automatic Position Reporting” OR “Amateur Radio” and “microcontroller” OR “arduíno” OR “raspberry” OR “esp8266” OR “mcu” OR “rpi”. A figura 1 apresenta os termos pesquisados.



**Figura 1:** Conceitos, Palavras-chave e tesaurus.  
**Fonte:** Elaboração Própria

O primeiro filtro aplicado aos resultados encontrados é a eliminação de publicações duplicadas. Em seguida é realizada a leitura e análise dos títulos e resumos, para identificar os artigos compatíveis ao objetivo apresentado. As publicações não pertinentes são excluídas e as restantes são lidas integralmente, analisadas e classificadas.

Os trabalhos coerentes com o tema proposto foram separados por modelo de microcontrolador utilizado para verificar a tecnologia mais utilizada. Em seguida, as vantagens e desvantagens encontradas pelos autores são explanadas.

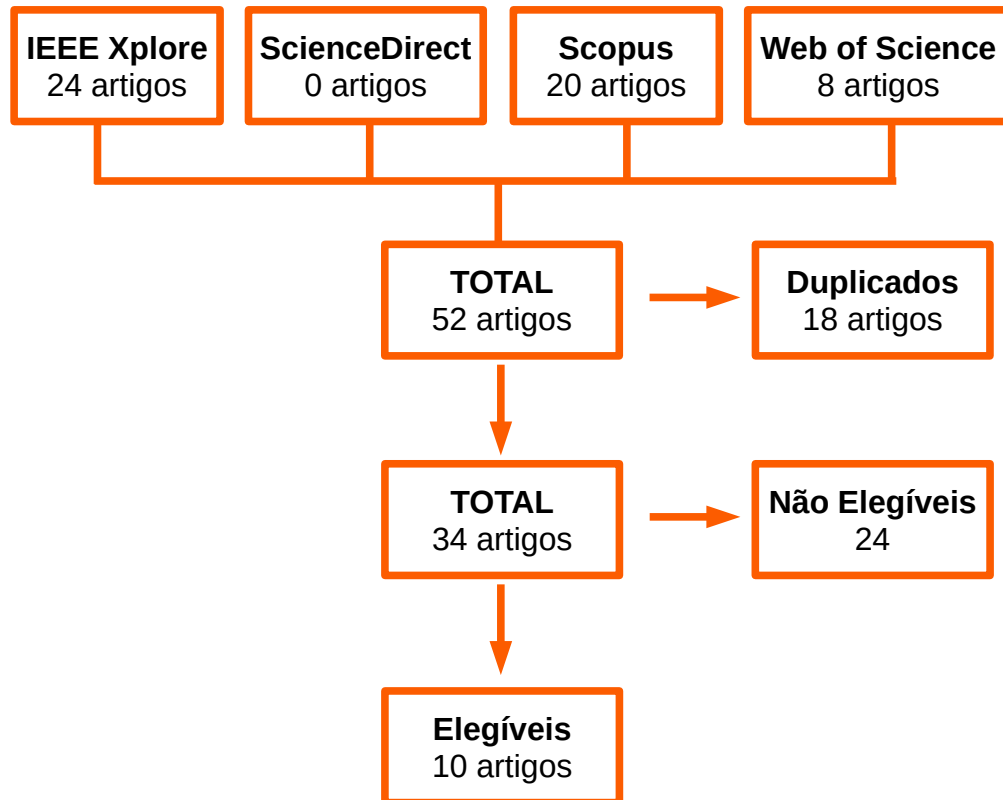
### 3. Resultados

A pesquisa realizada no repositório *ScienceDirect* não obteve retorno de artigos. Na base *Scopus* foram encontradas vinte publicações, enquanto que no repositório da *Web of Science* localizou-se oito trabalhos indexados e na *IEEE Xplorer* encontrou-se vinte e quatro artigos, conforme mostrado na Figura 2.



**Figura 2:** Resultados das pesquisas nas bases.  
**Fonte:** Elaboração Própria

Devido ao uso de mais de uma base de pesquisa, 18 artigos duplicados foram excluídos. Após a apreciação dos trabalhos completos mais vinte e quatro artigos foram eliminados, por não estarem em consonância com o tema proposto. Ao final deste estudo, dez artigos foram encontrados, conforme a Figura 3.



**Figura 3:** Eliminação das pesquisas encontradas.  
**Fonte:** Elaboração Própria

Todos os trabalhos restantes foram analisados e estratificados conforme é mostrado na Tabela 1.

**Tabela 1:** Estudos filtrados para a revisão sistêmica:

AUTOR	TÍTULO	MICROCONT ROLADOR	ANO	PAÍS	TIPO
VELASCO, L.; ARANDA, A.	Software Based AFSK Generation on Arduino	Arduino Mega	2018	Espanha	Conferência
QUITEVIS, C.; AMBATALI, C.	Feasibility of an Amateur Radio Transmitter Implementation Using Raspberry Pi for a Low Cost and Portable Emergency Communications Device	Raspberry Pi	2018	Filipinas	Conferência

ADITYAWAR MAN, Y.; MATONDANG, J.	Development of Micro Weather Station Based on Long Range Radio Using Automatic Packet Reporting System Protocol	Arduino Uno	2018	Indonésia	Conferência
HONGYIM, N.; MITHATA, S.	Designing and Implementation Exploration Vehicle Remote Controller Using APRS Protocol	Arduino Mega	2017	Tailândia	Conferência
SHINGATE, A. ET AL.	An electronic solution of amateur radio for life saving in times of natural calamities	Arduino Uno	2015	India	Conferência
AMASIRI, W. ET AL.	An Internet-based coaxial switching system for an amateur radio station with multiple antennas	Arduino Mega	2015	Filipinas	Conferência
MENNA, B. ET AL.	Low cost programmable FSK modem	PIC18F2550	2015	Argentina	Conferência
HAJDAREVIC, K.; KONJICIA, S.	A low energy computer infrastructure for radio VOIP supported communication and SDR APRS in education and disaster relief situations	Raspberry Pi	2015	Bósnia e Herzegovina	Conferência
HAJDAREVIC, K.et al,	A low energy APRS-IS client-server infrastructure implementation using Raspberry Pi	Raspberry Pi	2014	Bósnia e Herzegovina	Conferência
HAJDAREVIC, K.et al,	Svxlink VOIP implementation using raspberry Pi in education and disaster relief situations	Raspberry Pi	2014	Bósnia e Herzegovina	Conferência

Fonte: Elaboração Própria

#### 4. Discussão

O trabalho apresenta uma análise de 4 modelos de microcontroladores associados ao uso do APRS. Dos 10 artigos filtrados, quatro trabalhos utilizam o *Raspberry Pi*, três usam o Arduino Mega, dois operaram com Arduino Uno e apenas um embarcou em um PIC18F2550.

##### 4.1. PIC18F2250



O microcontrolador menos utilizado nos trabalhos apresentados nessa pesquisa, foi o PIC18F2250. Esse microchip foi empregado apenas em um projeto de um modem de baixo custo, onde foram usados poucos recursos de hardware. O MCU em forma de microchip apresenta os recursos de *hardwares* necessários para a aplicação (KATZEN 2001).

De acordo com Menna e de la Vega (2015), este dispositivo é de médio porte e de baixo custo. O equipamento facilita o ajuste de parâmetros por *software* e ainda apresenta robustez, tornam-no um aparelho muito atrativo para diversas aplicações de comunicações digitais. Os autores aplicaram o modem em comunicações ferroviárias entre uma locomotiva e uma unidade final do trem.

#### 4.2. ARDUÍNO UNO

O Arduino é dividido em duas partes: a placa como um elemento de *hardware* e o *software* para configuração do dispositivo, conhecido como IDE (ambiente de desenvolvimento integrado). Banzi e Shiloh (2015) caracterizam este microcontrolador como um pequeno circuito com um computador miniaturizado, em um chip barato e vantajoso para a criação de diversos dispositivos.

Pérez (2019) descreve este MCU como uma placa com *hardware* aberto de arquitetura avançada, com alta performance e que despense de pequena energia elétrica para seu funcionamento. Além disso, o autor afirma que essas características permitem que vários desenvolvedores adaptem seus produtos para a arquitetura. Intel e Texas *Instruments* são algumas das empresas que desenvolvem placas seguindo o Arduino Uno.

Adityawarman e Matondang (2018), optaram por utilizar o Arduino Uno por gastar pouca potência para controlar um fluxo de informações recebidos de um transceptor, além de executar um algoritmo para a transmissão dos dados provenientes de uma estação meteorológica.

Shingate et al (2015), utilizam o MCU para implementar um oscilador de frequência variável (VFO) que gera uma onda senoidal de saída analógica variando entre 4 e 4,35 MHz e que pode ser controlada pelo usuário. Os pesquisadores desenvolveram um sistema de rádio para trabalhar na frequência utilizada por radioamadores e auxiliar em calamidades e desastres naturais.

#### 4.3. ARDUÍNO MEGA

O Arduino Mega é uma evolução da versão Uno. Em comparação com a versão anterior, a placa Mega possibilita o desenvolvimento de programações mais complexas, pois possui maior número de pinos e memória flash oito vezes maior. Segundo Tavares (2019), a versão Mega é indicada para aplicações que necessitem de maior número de pinos ou memória.

Esse dispositivo foi implementado de formas diferentes nos artigos referenciados na pesquisa. Enquanto Velasco e Aranda (2018) implementaram um gerador de funções que permitia o envio de dados de sensores digitais em modo analógico, acabando com a necessidade de mais de um MCU.



Amasiri et al (2015) utilizaram o Arduíno para controlar a escolha da melhor antena para uso de uma estação de radioamador. A ideia consiste no auxílio da escolha do elemento transmissor utilizado para que a transmissão seja conduzida sem nenhuma anormalidade.

Hongnyim e Mithata (2017) desenvolvem um sistema para controle remoto para veículo de Exploração. Ele é utilizado quando não há alcance a rede sem fio e utiliza o microcontrolador para trabalhar com o protocolo APRS de envio e recebimento de mensagens.

#### 4.4. RASPBERRY PI

O Raspberry Pi foi o MCU mais utilizados nos projetos estudados nesse artigo. Trata-se de um computador muito barato, que tem o *Linux* como plataforma. O dispositivo não possui periféricos, sendo necessário a aquisição de teclado, mouse, monitor e outros equipamentos. Ele também não possui disco rígido, mas pode ser equipado com diversos módulos (PAIVA E MOREIRA 2014).

Em comparação com os Arduínos, o *Raspberry Pi* consegue trabalhar com lógicas mais complexas via *software*, afinal são computadores completos, enquanto os Arduínos são melhores para aplicações via *hardware* e sem necessidade de uma programação mais robusta.

Nos três trabalhos publicados, Hajdarevic (2014), destacou que com apenas um teclado USB e um monitor é possível trabalhar com o RPi (*Raspberry Pi*). O sistema operacional escolhido pelo autor foi a distribuição Linux Debian Raspbian (Wheezy). Na primeira iniciativa o pesquisador apresentou um sistema de comunicação VOIP através das frequências de radioamadores, que foi experimentado durante enchentes e deslizamentos de terra que assolaram seu país. Ele ainda apresentou um artigo onde um software embarcado no *Raspberry Pi*, conhecido como Radio Definido por *Software* (SDR), ajuda na diminuição do uso de hardwares poderosos, já que suas funções são efetivadas via software.

Hajdarevic (2015) publicou um trabalho onde conseguiu embarcar três tecnologias distintas em apenas um Rpi, captura de vídeo e transmissão em tempo real, voz sobre IP (VOIP) e ainda a localização através do Sistema Global de Posicionamento (GPS).

Quitevis e Ambatali (2018), demonstraram a viabilidade de se transformar um RPi em um hotspot onde visitantes poderiam se conectar com qualquer smartphone. Logo que online, o usuário visitaria um servidor web e publicaria sua mensagem que seria encaminhada, via transmissão de rádio RPi FM para ser recebido para todos interessados. )

### 5. Considerações finais

Este artigo analisou os trabalhos com microcontroladores utilizando protocolo APRS. Esta análise consistiu em apreciar as publicações, verificar as técnicas e equipamentos utilizados na construção dos projetos.

O trabalho conseguiu de forma satisfatória analisar os artigos encontrados e classificá-los quanto ao microcontrolador e modelo de equipamento utilizado. Além disso, destrinchou as aplicações apresentadas por seus responsáveis.





Através da revisão sistêmica, observou-se que o microcontrolador mais utilizado foi o *Raspberry Pi*, com 4 publicações, seguido do Arduino Mega com 3. Duas publicações usaram o Arduino Uno e o PIC18F2250 em apenas em um único trabalho.

Após a análise, verificou-se que para aplicações mais complexas que demandam maior capacidade de processamento opta-se pela utilização do *Raspberry Pi*. Quando a funcionalidade exige um número maior de conexões com outros dispositivos com um processamento mais simples, usa-se o Arduino Mega. Para finalidades mais simples emprega-se o Arduino Uno e o PIC18F2250.

Como sugestão de trabalhos futuros, os pesquisadores interessados pelo protocolo APRS embarcado em microcontrolador, podem projetar a construção de um rádio com aplicação genérica, permitindo que outros autores possam usufruir dessa tecnologia em diversas aplicações diferentes.

## 6. Referências

- ADITYAWARMAN, Y., E J. MATONDANG.** 2018. “Development of Micro Weather Station Based on Long Range Radio Using Automatic Packet Reporting System Protocol”. In *2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 221–24. <https://doi.org/10.1109/ICITSI.2018.8696081>.
- AMASIRI, WATCHARA, SARAN LERDNANTAWAT, E DAHMMMAET BUNNJAWEHT.** 2015. “An Internet-based coaxial switching system for an amateur radio station with multiple antennas”. In *2015 7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, 322–25. Chiang Mai, Thailand: IEEE. <https://doi.org/10.1109/iciteed.2015.7408965>.
- BANZI, MASSIMO, E MICHAEL SHILOH.** 2015. *Primeiros Passos com o Arduino: A plataforma de prototipagem eletrônica open source*. 2ª. Novatec Editora.
- BRUNINGA, BOB.** 2019. “A Brief History and Bibliography of APRS.” 20 de maio de 2019. <http://www.aprs.org/APRS-docs/ARTICLES.TXT>.
- HAJDAREVIC, KEMAL, E SAMIM KONJICIJA.** 2015. “A low energy computer infrastructure for radio VOIP supported communication and SDR APRS in education and disaster relief situations”. In *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 556–61. Opatija, Croatia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/MIPRO.2015.7160334>.
- HAJDAREVIC, KEMAL, SAMIM KONJICIJA, E ABDULHAMIT SUBASI.** 2014a. “Svxlink VOIP implementation using raspberry Pi in education and disaster relief situations”. In *2014 X International Symposium on Telecommunications (BIHTEL)*, 1–6. Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: IEEE. <https://doi.org/10.1109/BIHTEL.2014.6987647>.
- . 2014b. “A low energy APRS-IS client-server infrastructure implementation using Raspberry Pi”. In *2014 22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, 296–99. Belgrade, Serbia: IEEE. <https://doi.org/10.1109/TELFOR.2014.7034409>.
- HONGYIM, N., E S. MITHATA.** 2017. “Designing and Implementation Exploration Vehicle Remote Controller Using APRS Protocol”. In *2017 21st International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSEC.2017.8443845>.



- KATZEN, SID.** 2001. *The Quintessential PIC Microcontroller*. Computer Communications and Networks. New York: Springer.
- MENNA, BRUNO V., GERARDO G. ACOSTA, E ROBERTO J. DE LA VEGA.** 2015. “Low cost programmable FSK modem”. In *2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, 1–6. Cordoba, Argentina: IEEE. <https://doi.org/10.1109/RPIC.2015.7497105>.
- PAIVA, OMIR ANTUNES, E RENATA DE OLIVEIRA MOREIRA.** 2014. “Raspberry Pi: a 35-dollar device for viewing DICOM images”. *Radiologia Brasileira* 47 (2): 99–100. <https://doi.org/10.1590/S0100-39842014000200012>.
- PÉREZ, ALFONSO.** 2019. “Conhecendo o Cerne do Microcontrolador Atmega328p Arduino Uno. (MIC165)”. 17 de junho de 2019. <https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/microcontrolador/138-atmel/14863-conhecendo-o-cerne-do-microcontrolador-atmega328p-arduino-uno-mic165>.
- QUITEVIS, CYRIL PAOLO, E CHARLESTON DALE AMBATALI.** 2018. “Feasibility of an Amateur Radio Transmitter Implementation Using Raspberry Pi for a Low Cost and Portable Emergency Communications Device”. In *2018 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC)*, 1–6. San Jose, CA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/GHTC.2018.8601888>.
- SHINGATE, ASHWINI, RUSHIKESH BORSE, SHUBHAM TIWARI, E ARVIND JAWALE.** 2015. “An electronic solution of amateur radio for life saving in times of natural calamities”. In *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON)*, 1–6. New Delhi, India: IEEE. <https://doi.org/10.1109/INDICON.2015.7443517>.
- TAVARES, RENATO.** 2019. “Diferença entre o Arduino Uno, Mega, Nano e Mini”. 20 de junho de 2019. <https://www.arduino.blog.br/diferenca-arduino-uno-mega-nano-mini.html>.
- “universal electronics for miniature and automated chemical ASSAYS”. [S.D.]. ACESSADO 24 DE MAIO DE 2019. [HTTPS://DOI.ORG/10.1039/C4AN02013H](https://doi.org/10.1039/C4AN02013H).**
- URBAN, PAWEL L.** 2015. “Universal Electronics for Miniature and Automated Chemical Assays”. *The Analyst* 140 (4): 963–75. <https://doi.org/10.1039/C4AN02013H>.
- VELASCO, LUIS SANCHEZ, E ANDRES ROLDAN ARANDA.** 2018. “Software Based AFSK Generation on Arduino”. In *2018 XIII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference (TAEE)*, 1–5. La Laguna: IEEE. <https://doi.org/10.1109/TAEE.2018.8475994>.
- WADE, IAN.** 2000. *APRS Protocol Reference*. 1º ed.