



## **PROTÓTIPO PARA ADAPTAÇÃO DE INSTRUMENTOS COM PROTOCOLO HART PARA COMUNICAÇÃO COM O OPC VIA ZIGBEE**

**Luiz Gonzaga Queiroz de Paiva Filho** – luiz.gonzag@hotmail.com

**Matusalém Martins Lanes** – martinlanes@yahoo.com.br

**Marlon José do Carmo** – marlonreiff@yahoo.com.br

CEFET – MG – Campus Leopoldina

Rua José Peres, 558

CEP 36700 000 – Leopoldina - MG

***Resumo:** Este trabalho tem como objetivo fazer uma pesquisa para estabelecer a comunicação de um instrumento de campo HART com o controlador lógico programável e com o terminal portátil via padrão ZigBee IEE 800.15.4. Será desenvolvido neste projeto um circuito condicionador com a função de tratar o sinal HART para ser implementado num microcontrolador Arduino. A rede de comunicação entre os módulos ZigBee's será configurada por meio de software de modo que esta possa transmitir o sinal HART provido do instrumento de campo.*

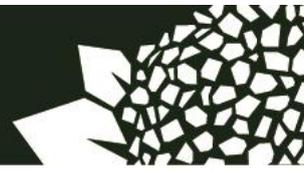
***Palavras-chave:** Zigbee, Procolo HART, Instrumentos de campo, Filtros ativos, Arduino*

### **1. INTRODUÇÃO**

O exposto trabalho tem por objetivo realizar a criação de um protótipo para adaptação de instrumentos com protocolo HART para a comunicação com Controlador Lógico Programável - CLP via padrão ZigBee/IEE 802.15.4. Aqui será demonstrada a relevância desta aplicação.

O processo de transmissão de dados presentes na planta didática SMAR-PD3-H, com tecnologia HART, são feitos por cabos que mantêm a comunicação dos instrumentos de campo com o CLP e com Terminal Portátil. Este tipo de construção se diferencia do objetivo principal deste trabalho, pois a comunicação entre instrumentos de campo com CLP e com Terminal Portátil será feita por meio de módulos ZigBee's. Portanto trata-se de uma inovação visto que o ZigBee será utilizado para transmitir os dados do instrumento via rádio frequência, obtendo assim todas as vantagens que uma rede sem fio oferece que serão citadas neste trabalho.

Na atual e recorrente disputa pelo mercado as empresas buscam a inserção de novas tecnologias em suas linhas de processo de forma que esta fique cada vez mais eficiente, além de buscar a melhoria contínua quando se diz respeito à segurança nas tarefas que seus funcionários realizam durante trabalho. Uma destas tecnologias, conforme Castro et al (2010) é a rede de sensores sem fio que representa um avanço no monitoramento



de ambientes complexos e dinâmicos graças à sua portabilidade e mobilidade. Ela é empregada sempre que redes com fio aumentam os custos de manutenção e instalação.

Um dos tipos de redes sem fio é o padrão ZigBee, uma tecnologia recente que vem sendo constantemente estudada. Essa tecnologia é desenvolvida pela Zigbee Alliance junto ao Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE e é usada para transmissão de dados por meio da radio frequência. Segundo o padrão ZigBee IEEE 802.15.4, que a define como: uma rede sem fio de alcance relativamente pequeno, baixo custo, baixo consumo de energia e baixa taxa de transmissão de dados, quando comparados com outros tipos de comunicação. Como referido por Messias (2013) o protocolo ZigBee é destinado a aplicações industriais, portanto, o fator velocidade não é crítico numa implementação ZigBee. O protocolo funciona com taxas de transferências de dados variando entre 20 Kbps a 250 Kbps.

Segundo Stretton e Stanfield (2005 *apud* MONSIGNORE, 2007), ZigBee oferece as seguintes vantagens:

- Centenas de dispositivos por rede;
- Taxa de transferência de dados até 250 Kbps;
- Flexibilidade de rede: configurações do tipo Árvore, Malha e Estrela;
- Operações em bandas não licenciadas de 2.4GHZ, 868MHZ e 915MHZ;
- Protocolo simples; pode ser implementado sobre microcontroladores baratos.

Entre outras vantagens apresentadas por este padrão é que ele não requer licença para funcionamento, o que torna mais viável a pesquisa.

A contínua expansão do uso da comunicação com padrão ZigBee torna-se inevitável o questionamento da sua utilidade em processos práticos educativos, quando se refere a plantas didáticas, assim como sua aplicação em plantas industriais, devido alguns benefícios que já foram tratados neste pré-projeto.

O protocolo HART usado na comunicação de instrumentos de campo inteligentes 4-20 mA, conforme colocada por Helson (2012) é mundialmente reconhecido como um padrão da indústria. O sinal HART se propaga há uma taxa de 1200 bits por segundo sem interromper o sinal 4-20mA e permite uma aplicação tipo “mestre” possibilitando duas ou mais atualizações por segundo vindas de um único instrumento de campo. O Protocolo HART usa o padrão Bell 202, de chaveamento por deslocamentos de frequência (FSK) para sobrepor os sinais de comunicação digital ao de 4-20mA. Por ser o sinal digital FSK simétrico em relação ao zero, não existe nível DC associado ao sinal e portanto ele não interfere no sinal de 4-20mA. A lógica “1” é representada por uma frequência de 1200Hz e a lógica “0” é representada por uma frequência de 2200Hz.

Mais especificamente, o HART é um protocolo de comunicação bidirecional que possibilita a comunicação entre instrumentos de campo inteligentes e sistemas host (centralizado). O host pode ser qualquer aplicativo de software, desde um dispositivo portátil ou laptop utilizado pelo técnico até um sistema de segurança, gerenciamento de ativos ou controle de processos da fábrica, ou outro sistema que utilize qualquer plataforma de controle (HART, 2013).

No protocolo HART existe dois modos de se classificar um dispositivo, podendo ser mestre ou escravo. O escravo equivalente a um instrumento de campo que possui a função de responder o mestre. O mestre pode ser primário (CLP) ou secundário (Terminal Portátil). Quando se diz a respeito da instalação física os cabos em que

passam os sinais analógicos responsáveis pela malha de controle são os mesmo que passam o sinal digital HART.

## 2. MATERIAIS, MÉTODOS E RESULTADOS

Como pôde ser verificado anteriormente na introdução deste projeto o instrumento de campo HART utiliza cabos para transferências de dados. Este meio de transmissão pode ser visualizado na Figura 1.

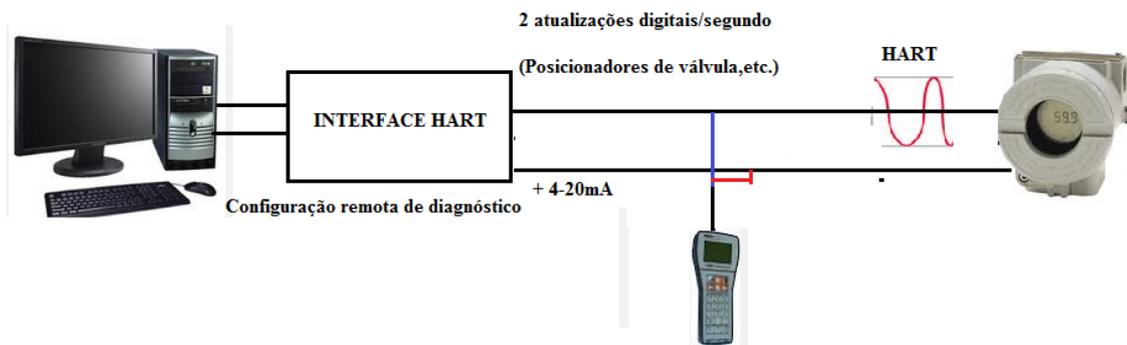


Figura 1 - Modo de transmissão de dados HART via a cabo.  
Adaptado de HELSON (2012)

A metodologia para desenvolvimento do projeto se baseia na inserção de módulos ZigBee's implementados em microcontroladores de baixo custo que podem ser especificados no esquema da Figura 2.

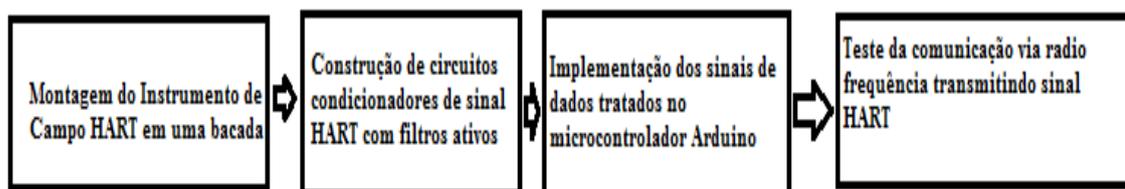
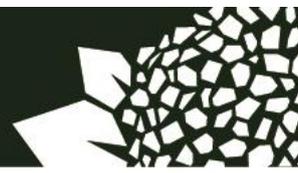


Figura 2 - Metodologia da ferramenta a ser desenvolvida.

As etapas da pesquisa são detalhadas na seqüência:

### 2.1. Montagem do instrumento HART em uma bancada

Para dar início ao projeto o instrumento de medição de pressão será montado em uma bancada e realizado testes de forma que simule todas as



condições de funcionamento, como estivesse inserido em uma planta didática. Será utilizada fonte de tensão de 24 volts para alimentação adequada do instrumento de medição e o uso do osciloscópio será indispensável para a investigação do sinal HART. O sinal HART investigado será proveniente do terminal portátil comunicando com o instrumento de campo. O terminal hand-held (terminal portátil) de configuração e calibração pode ser inserido a qualquer momento na malha HART, pois não há ocorrência de interferência. Como mencionado por Gillum (2013) para inserção do terminal portátil deve haver uma resistência mínimo de 230 ohms ligados entre a fonte de alimentação e o instrumento de medição para o funcionamento correto.

## **2.2. Construção do circuito condicionador para o sinal HART**

Esse circuito tem a finalidade separar o sinal modulado HART que apresenta uma sobreposição de sinais de alta e baixa frequência. Esta sobreposição é necessária no método convencional pelo fato deste sinal ser transmitidos em um mesmo cabo.

Os circuitos condicionadores serão constituídos principalmente por filtros ativos. Esses filtros foram configurados como passa alta para tratar o sinal HART de alta frequência, que é modulado sobre o sinal da malha de controle que possui baixa frequência e será tratado por um filtro passa baixa. Também foram usados filtros ativos configurados como seguidores de tensão para não ocorrer à perda deste sinal durante o processo do condicionamento. O modelo inicial do circuito condicionador foi montado no software Multisim e pode ser visto na Figura 3. Foi utilizado filtro de Butterworth de 2º ordem, pois apresenta função de transferência com uma pequena oscilação da banda passante e da frequência de corte.

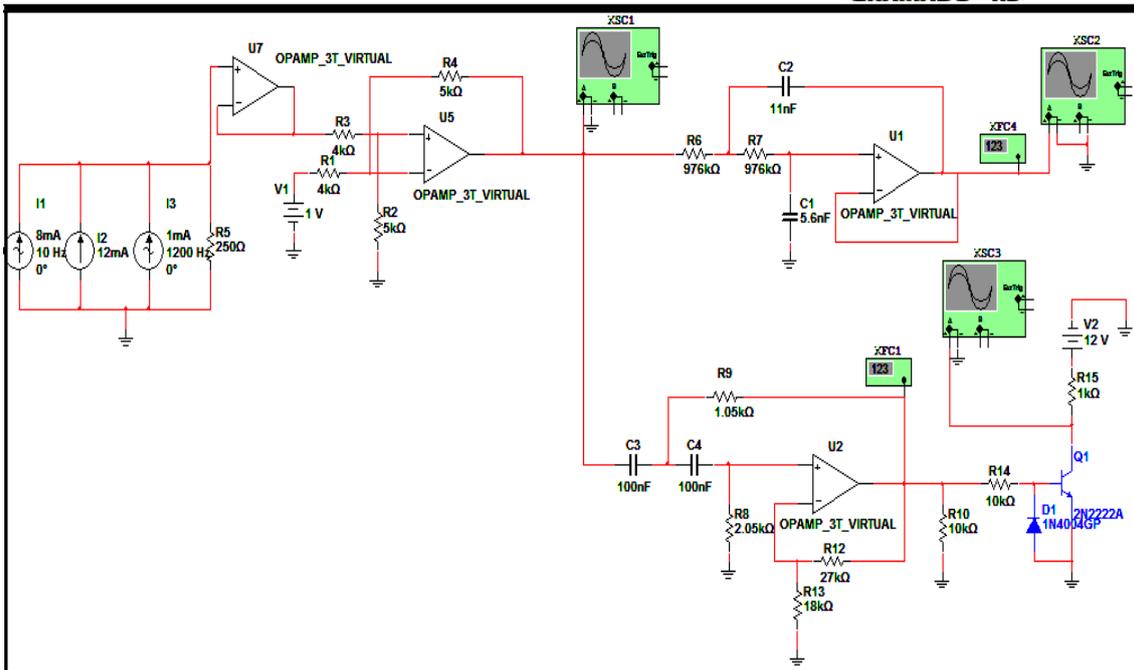


Figura 3 - Circuito condicionador de sinais feito no Multisim.

O sinal HART demonstrado por Seixas Filho (2013) é modulado em FSK (Frequency Shift Key) e é sobreposto ao sinal analógico de 4 a 20 mA. Para transmitir 1 é utilizado um sinal de 1 mA pico a picona frequência de 1200 Hz e para transmitir 0 a frequência de 2400 Hz é utilizada. Este protocolo permite que além do valor da PV outros valores significativos sejam transmitidos como dados de configuração do dispositivo, dados de calibração e diagnóstico. A padronização HART obedece ao padrão Bell 202 Frequency Shift Keying que determina que o sinal FSK seja contínuo em fase, não impondo nenhuma interferência sobre o sinal analógico.

### 2.3. Implementação dos sinais condicionados no microcontrolador arduino

O microcontrolador Arduino Uno será usado para receber o sinal HART visto que a entrada analógica do módulo ZigBee usado tem uma taxa de amostragem de apenas 10ms ou seja 10Khz. O Arduino possui um cristal oscilador de 16Mhz e a quantização do conversor A/D é igual a 10 bits (FRACTUM, 2013). Com a taxa de amostragem do Arduino é relativamente alta, mais preciso será a representação discreta do sinal HART.

O teorema de Nyquist define que a taxa de amostragem deve ser pelo menos duas vezes maior que a frequência do sinal que se deseja registrar. Tomando como referência a frequência mais alta do sinal HART 2200Hz, a taxa de amostragem do Arduino será muito maior que este sinal. Portanto a taxa de amostragem da entrada analógica do Arduino será mais que suficiente para a conversão A/D do sinal HART.

Com a obtenção do sinal HART dividido em alta e baixa frequência esses por sua vez serão inseridos na entrada serial do Arduino. Segundo a

Arduino (2013) a comunicação serial possibilita o microcontrolador Arduino Uno se comunicar com um computador ou com outros dispositivos. Todas as placas Arduino possuem pelo menos uma porta serial que é conhecida como UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). A comunicação ocorre através dos pinos digitais 0 (RX) que recebem os dados UART e pelo (TX) que transmite os dados da UART de forma similar a uma comunicação USB.

#### 2.4. Configuração e inserção módulo zigbee no circuito

Antes dos módulos serem inseridos no circuito para recepção de dados pela UART eles serão configurados por meio do software X-CTU onde será informado endereçamento para comunicação com outro módulo, à velocidade a qual serão transmitidos os dados. O X-CTU receberá também as funções que serão necessárias para estabelecer uma comunicação ponto a ponto e os valores da velocidade de transmissão dos dados, conforme a figura 4. A figura 5 apresenta um adaptador UsbBee usado na configuração do módulo ZigBee.

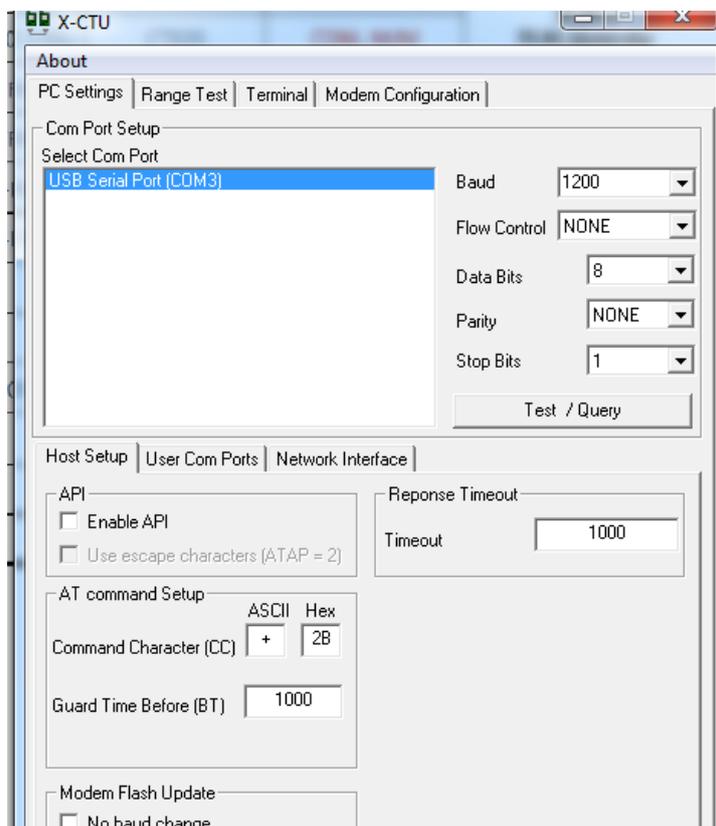


Figura 4 - Software X-CTU para configuração dos módulos ZigBee.

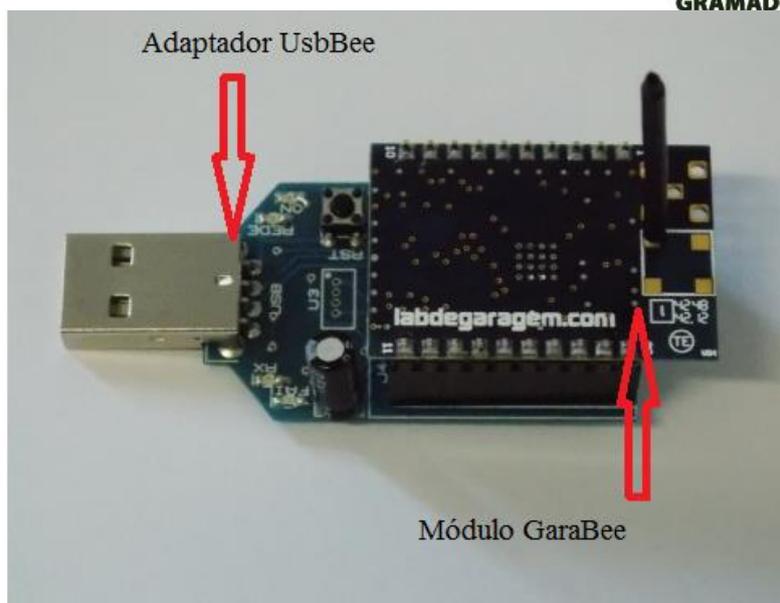


Figura 5 - Adaptador UsbBee para comunicação serial com o computador. Fonte: Adaptado de RODRIGUES (2013).

## 2.5. Testes

Com o intuito de obter o perfeito funcionamento da transmissão de dados de forma que esta esteja condizendo com a variável real medida serão feitos alguns testes:

- Para obter valores desejados da unidade medida na malha de controle, os dados transmitidos via a rádio, serão conferidos com ajuda do osciloscópio;
- Para confirmar o perfeito funcionamento da comunicação digital HART via rádio frequência serão realizados testes de parametrização por meio do terminal portátil.

## 3. RESULTADOS E DISCURSÕES

Obteve-se com estudo deste projeto o embasamento de como estabelecer a comunicação entre dispositivos com tecnologia HART por meio do padrão ZigBee. Transmitir dados via radiofrequência de aplicações baseadas na comunicação HART por meio do padrão ZigBee em tempo real é desafiador.

Pretende-se com este trabalho determinar um modelo capaz ou ideal para transmissão destes dados com protocolo HART. A comprovação dos resultados esperados será de grande valia, pois o projeto tem grande importância para fins acadêmicos, podendo também ser estendido para possíveis aplicações futuras em ambientes industriais.

Visto que o protocolo HART, mencionado por Helson (2013), tem uma taxa de transmissão de dados com uma velocidade igual a 1.200 bits por segundo, ou seja, 1,2kbps e a taxa de transferência de dados do padrão ZigBee citada por Streeton e Stanfield (2005 *apud* MONSIGNORE, 2007) é de até 250kbps, observa-se então que a velocidade em que são transferidos os sinais via padrão ZigBee IEEE 802.15.4 é mais que suficiente para transmitir instrumentos com protocolo HART de comunicação.

A figura 6 apresenta um sinal HART obtido pelo osciloscópio XSC1. Este sinal foi simulado por meio de fontes de corrente no circuito do Multisim.



Figura 6 - Sinal HART simulado no Multisim.

A figura 7 mostra um sinal da saída do filtro PB e obtido pelo osciloscópio XSC2 contido no circuito do Multisim o sinal está pronto para ser implementado no microcontrolador Arduino.



Figura 7 - Sinal obtido da saída do filtro PB.

A figura 8 refere-se a um sinal da saída do filtro PA e obtido pelo osciloscópio XSC3 contido no circuito do Multisim. Serão necessários apenas alguns ajustes para que o sinal esteja pronto para ser implementado no microcontrolador Arduino.

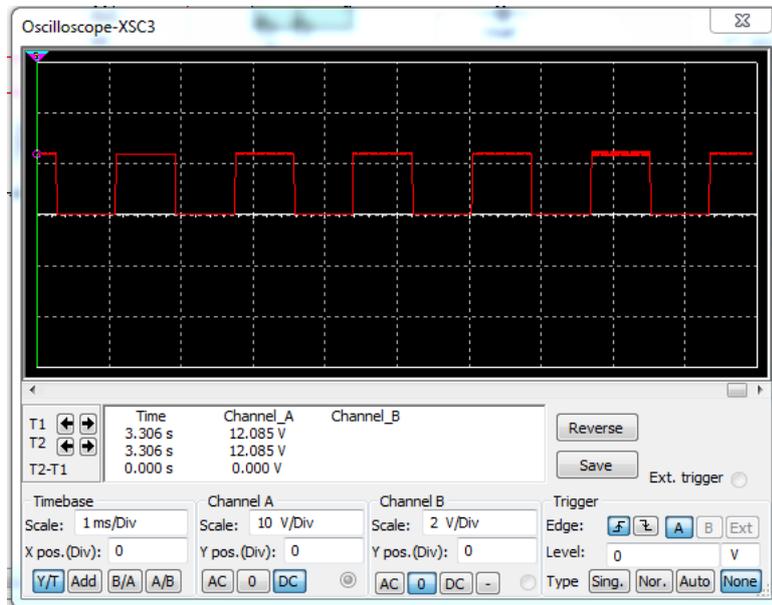


Figura 8 - Sinal obtido da saída do Filtro PA.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo, pôde-se iniciar as etapas para a construção do protótipo para o estabelecimento da transmissão de sinais HART de um instrumento de campo por meio do padrão ZigBee. Com a finalização deste modelo, poderá se evitar o excesso de cabos em uma planta, seja ela didática ou industrial. Podendo também parametrizar e calibrar instrumentos de campo via radio frequência.

##### *Agradecimentos*

Os autores agradecem ao MEC/SESu, FNDE, CAPES, FAPEMIG, Fundação CEFETMINAS e CEFET-MG, bolsa BCE pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO, P. Serial. Disponível em: <<http://playground.arduino.cc/Referencia/Serial>>. Acesso em: 05 fev. 2013.



CASTRO, A. M. et al. Redes de sensores sem fio. Grupo de Teleinformática e Automação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.

FRACTUM, INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS LTDA. Módulo RF U-BEE. Protocolo IEEE 802.15.4. Rev 09 – 18042013. Disponível em: <[http://www.fractumrf.com/manuais/UBEEEMAX\\_REV09.pdf](http://www.fractumrf.com/manuais/UBEEEMAX_REV09.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2013.

GILLUM, D. R. Industrial, pressure, level and density measurement. 2. ed. Editora ISA, 2008.

HART, COMMUNICATION FOUNDATION. Que é o HART? 2013. Disponível em: <[http://pt.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol\\_what.html](http://pt.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol_what.html)>. Acesso em: 12 mar. 2013.

HELSON, R. Os Benefícios do Protocolo de Comunicação HART® em Sistemas de Instrumentação Inteligentes. HART Communication Foundation, 2012.

MESSIAS, A. R. Controle remoto e aquisição de dados via XBee/ZigBee (IEEE 802.15.4). ROGERCOM Pesquisa e desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.rogercom.com/ZigBee/ZigBee.htm>>. Acesso em: mar. 2013.

MONSIGNORE, F. Sensoriamento de ambiente utilizando o padrão ZigBee. 2007. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

RODRIGUES, M. Tutorial: Como utilizar o GaraBee com Arduino - Parte 2. Disponível em: <<http://labdegaragem.com/profiles/blogs/tutorial-como-utilizar-o-garabee-com-arduino-parte-2>> Acesso em: 3 abr. 2013.

SEIXAS FILHO, C. Introdução ao Protocolo HART. Departamento de Engenharia Eletrônica. Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.cpdee.ufmg.br/~seixas/PaginaSDA/Download/DownloadFiles/Hart.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

## **PROTOTYPE FOR ADAPTATION OF INSTRUMENTS WITH HART PROTOCOL FOR COMMUNICATION WITH OPC VIA ZIGBEE**

***Abstract:** This paper conducts a research to establish communication between a HART field instrument, a Programmable Logic Controller, and a portable terminal, through IEEE 800.15.4 ZigBee standard. Will be developed a conditioning circuit to treat the HART signal, to be implemented in a Arduino microcontroller. The network*



*communication between ZigBee's modules will be configured through software, so that it can transmit the HART signal, provided by the field instrument.*

***Key-words*** :ZigBee, Protocol HART, Field instruments, Active filters, Arduino