



Telemetria Baja

Proposta de módulo transmissor de dados

Allan A. Hota 8551305
Alisson A. Nagano 8551970
Marcelo P. Toi 8551802
Murilo Diegues 8551903

São Carlos
2017

Conteúdo

1	Justificativa e motivação	5
2	Compreensão e delimitação do projeto	6
3	Proposta de solução	7
3.1	Escolha da tecnologia	7
3.1.1	Bluetooth	7
3.1.2	GSM	7
3.1.3	Radio Frequência	8
3.2	Implementação	8
3.2.1	Configuração do Xbee	9
3.2.2	Multiplexação de dados	12

Lista de Figuras

2.1	Etapas do processo de telemetria	6
3.1	Diagrama de blocos do projeto de telemetria	9
3.2	Conexão Xbee - Computador via USB	9
3.3	Tela inicial do software X-CTU	9
3.4	Tela para adicionar o Xbee	10
3.5	Configurações do Xbee	10
3.6	Tela de conexão	11
3.7	Parâmetros para a configuração da rede	11
3.8	Sistema multiplexador com N canais multiplexados	12
3.9	Implementação de Mux	13
3.10	Multiplexador implementado com CI	13

Lista de Tabelas

3.1	Classes de bluetooth	7
3.2	Comparação entre as tecnologias	8

1 Justificativa e motivação

A telemetria de dados em tempo real supre duas necessidades fundamentais do baja: projeto e desempenho em prova.

Por se tratar de um veículo concebido do zero, o protótipo necessita de constantes adaptações e, conseqüentemente, de testes. Para tal, faz-se necessário coletar uma quantidade significativa de dados afim de se encontrar a melhor configuração dos parâmetros mecânicos do protótipo, com testes em laboratório e, depois, em pista. Para essa segunda parte, seria de suma importância a aquisição de dados em tempo real por telemetria em conjunto com um software de tratamento desses dados em bancada. Tal processo economizaria tempo e permitiria uma maior quantidade de ajustes em uma velocidade maior, visto não ser tão simples o preparo do piloto e o tempo de testes não ser tão farto. Um exemplo prático dessa situação é o teste de aceleração e velocidade para ajustar os parâmetros da CVT. Diversos tempos de arrancadas são tirados e coletados em um datalogger, que por si só trata os dados e os apresenta em gráfico. Porém, é necessário retirar o datalogger do veículo, passar os dados em uma entrada USB, usar o software em um computador, compreender os dados e só então obter alguma conclusão para ajustar a CVT e começar as tomadas de tempo novamente. A aquisição em tempo real e o projeto de um software mais simples agilizariam e otimizariam o processo. Além disso, seriam possíveis outros tipos de testes, como descobrir os limites em prática de certos componentes por exemplo, visto que com os dados em tempo real seria possível interromper o teste antes que esse limite de fato chegasse, pois os componentes muitas vezes são caros e inacessíveis.

Já o desempenho de prova trata-se de uma necessidade mais direta. Uma das principais provas e a que vale mais pontos na competição é o enduro, prova de 4 horas sem intervalos. A regra geral é que o veículo que obter mais voltas vence e todos os outros ganham pontos proporcionais a essa quantidade. Dado isso, observa-se a necessidade de duas características fundamentais: velocidade e regularidade. Nem todos os veículos terminam essa prova e uma monitoria do protótipo em tempo real poderia reduzir o número de quebras. Por exemplo, em 2014 o baja da EESC foi eliminado devido ao derretimento da correia da CVT, fato que poderia ter sido evitado com um sensor de temperatura aliado a um monitoramento em tempo real. É importante frisar que muitas vezes a quantidade de lama, de obstáculos e até mesmo de adrenalina impede que o piloto tenha acesso as informações em um painel acoplado ao veículo, além do que em um computador seria possível processar muito mais dados e obter mais informações com os softwares adequados. Permitira também que a equipe estivesse preparada antes mesmo do piloto chegar ao box. Também seria importante quanto a estratégia da equipe, principalmente visando o nível de combustível, pois evitaria muitas paradas para verificação e, além do que, uma pane seca causa eliminação.

2 Compreensão e delimitação do projeto

Assim como em todo projeto de engenharia, é necessário que se compreenda o problema que se deseja resolver em todas as suas etapas, analise como o projeto se encaixa no todo, além de sua interação com outros sistemas do carro e limitações técnicas.

De posse da descrição do problema apresentada a equipe e após discussão com integrantes da equipe baja, foram descritas as seguintes etapas que envolvem o processo de telemetria e transmissão de dados, apresentado na figura 2.1

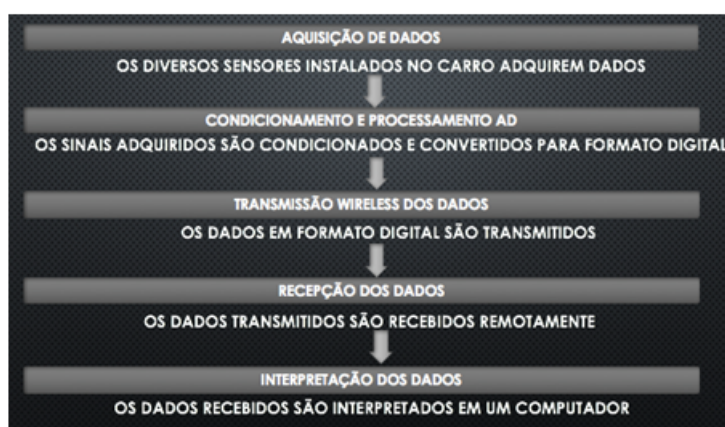


Figura 2.1: Etapas do processo de telemetria

Entretanto, dentre estas etapas, há algumas que não fazem parte do escopo deste projeto, por já estarem implementadas pela equipe baja ou dependerem da implementação de outros projetos.

Dentre os já implementados, incluem:

- Aquisição dos dados
- Condicionamento e conversão dos sinais: Os diferentes sinais gerados pelos sensores são convertidos, condicionados e recebidos por um micro controlador.

Sendo que o presente projeto é delimitado dentro do seguinte escopo, que são as etapas a serem desenvolvidas:

- Escolha do transmissor e tecnologia a ser implementada.
- Descrição, em alto nível, da multiplexação dos dados no micro controlador.
- Transmissão dos dados de maneira correta e confiável.
- Recepção dos dados de maneira correta e confiável.
- Disponibilização dos dados para análise em um computador.

3 Proposta de solução

Dados os objetivos apresentados no capítulo 2, foi realizado um estudo prévio acerca das tecnologias disponíveis para uma avaliação da disponibilidade de cada uma, para então escolher a mais adequada e implementá-la.

3.1 Escolha da tecnologia

Foram analisadas 3 tecnologias diferentes de forma comparativa, afim de escolher a melhor.

3.1.1 Bluetooth

A tecnologia do Bluetooth foi desenvolvida por volta do ano de 1994, quando a empresa Ericsson buscava o desenvolvimento de comunicação entre aparelhos celulares e seus acessório sem a utilização de fios, utilizando sinais de rádio que não fossem caros. Tal estudo resultou na criação de um sistema de curto alcance denominado MCLink, que por usar baixa potência não demandava um consumo alto de energia.

Percebendo ser uma tecnologia promissora, outras empresas como Intel, Ericsson, IBM, Toshiba e Nokia, se juntaram com o objetivo de aperfeiçoar a tecnologia, surgindo o Bluetooth no ano de 1997.

Pode-se definir o Bluetooth, então, como um protocolo padrão de comunicação primariamente projetado para baixo consumo de energia com baixo alcance, baseado em microchips transmissores de baixo custo em cada dispositivo. Pode ser dividido em 3 classes de acordo com a potência máxima permitida e o alcance, conforme visto na tabela 3.1

Classe	Potência máxima permitida	Alcance (Aproximadamente)
Classe 1	100 mW (20 dBm)	até 100 metros
Classe 2	2.5 mW (4 dBm)	até 10 metros
Classe 3	1 mW (0 dBm)	~ 1 metro

Tabela 3.1: Classes de bluetooth

A versão atual da tecnologia é o Bluetooth 5, que demanda uma quantidade muito baixa de energia para funcionamento com uma rápida velocidade de transmissão, que passou de 24 MB/s, da versão 4, para 50 MB/s. Além de que se pode encontrar por um preço razoavelmente baixo e bastante material disponível para configuração.

3.1.2 GSM

A tecnologia GSM foi por muito tempo utilizada por telefones móveis e significa, em português, Sistema Global para Comunicações Móveis. Ele é um derivado direto do TDMA

(Time Division Multiple Access) que trabalha em uma faixa de frequências também similar — de 900 MHz a 1800 MHz, contra 800 MHz a 1900 MHz do TDMA.

Hoje o sistema GSM está presente em todo o território nacional e em boa parte do planeta. Os números de Julho de 2006 apontam para cerca de dois bilhões de usuários ao redor do mundo todo, sendo que 70 milhões desta fatia já realizaram a transição para o novo padrão de troca de dados, o 3G.

O maior problema dessa tecnologia para a utilização em um módulo receptor/transmissor, é a necessidade de estar em uma área de cobertura de sinal de telefone, sendo que, no projeto Baja em específico, isso nem sempre é possível, visto que o protótipo é justamente projetado para ambientes inóspitos visando a transposição de obstáculos.

3.1.3 Radio Frequência

A tecnologia de rádio frequência é a mais utilizada atualmente para propósitos de transmissão e recepção. Isso se dá por seu alto alcance e robustez, sendo que aparelhos considerados de baixo alcance podem transmitir até 200 metros, podendo chegar, em tecnologias maiores, a dezenas de quilômetros, sendo considerado ideal para aplicações desse tipo.

Um dos módulos mais utilizados no mercado é o Xbee, desenvolvido para ser um acessório para microcontroladores de baixo custo e consumo de potência, facilmente programável e adaptável. Foi escolhido um módulo de rádio frequência no padrão IEEE 802.15.4 (redes wireless pessoais), que opera em uma frequência de 902-928 Mhz com uma taxa de dados de 200 kbps e uma potência de transmissão de 24 DBM, alcançando uma distância de até 6,5 km com antenas de alto ganho. A alimentação necessária é de 2,1 a 3,6V.

As principais vantagens desse módulo incluem a alta imunidade contra interferências, o baixo consumo de energia, o bom custo-benefício e a mobilidade, bem como a possibilidade de se fazer comunicações robustas.

Para melhor efeito comparativo, a tabela 3.2 foi confeccionada entre as 3 tecnologias pesquisadas, sendo então escolhida a rádio frequência, mais precisamente, a operação com o módulo Xbee acoplado ao microcontrolador.

TECNOLOGIA	PREÇO	ALCANCE	DISPONIBILIDADE	FACILIDADE
Bluetooth	Baixo	Baixo	Alta	Alta
GSM	Médio	Alta	Baixa	Médio
Rádio Frequência	Baixo	Alta	Alta	Alta

Tabela 3.2: Comparação entre as tecnologias

O critério de disponibilidade foi fator eliminatório para a tecnologia GSM, devido a necessidade de sinal de celular, explicado na seção 3.1.2. Já para a facilidade, se considerou materiais disponíveis na internet, tutoriais e projetos semelhantes já implementados, o que facilitaria nessa pesquisa e implementação já considerando as modificações necessárias.

3.2 Implementação

Com a tecnologia escolhida, o projeto de implementação foi então iniciado, de acordo com o diagrama de blocos da figura 3.1.



Figura 3.1: Diagrama de blocos do projeto de telemetria

3.2.1 Configuração do Xbee

O primeiro passo é a configuração do Xbee, sendo primeiramente necessário sua conexão com o computador com um Xbee Explorer USB Dongle, conforme figura 3.2

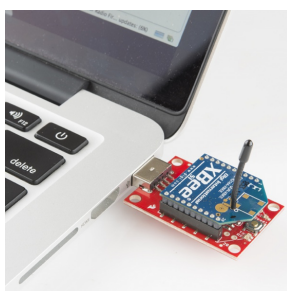


Figura 3.2: Conexão Xbee - Computador via USB

Com o Xbee conectado, o próximo passo é sua configuração com a utilização do software X-CTU, gratuito e desenvolvido pela Digi. A tela inicial do programa se encontra na figura 3.3:

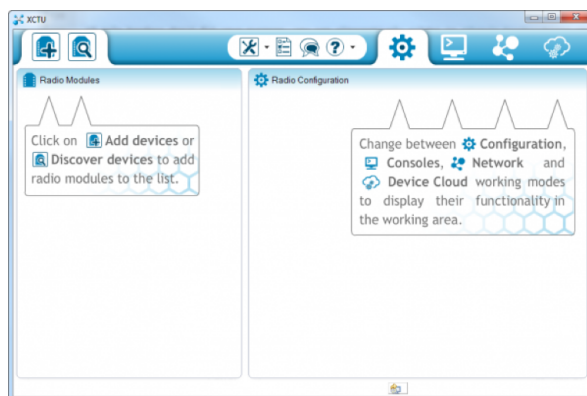


Figura 3.3: Tela inicial do software X-CTU

Para adicionar um ou mais Xbees, clique no ícone Add Device, no canto superior esquerdo. A tela da figura 3.4 surgirá.

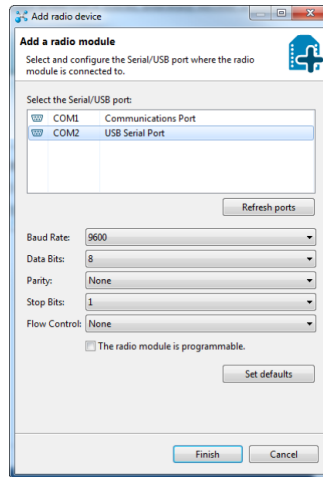


Figura 3.4: Tela para adicionar o Xbee

Selecione a opção “USB Serial Port” e clique em “Finish”. A tela inicial aparecerá novamente, só que desta vez com a seção “Radio Modules” à esquerda. Selecione o módulo desejado para configurá-lo.

Verifique se as configurações do XBee são iguais as da figura 3.5 (channel=C, PAN ID=3332, DH=0, DL=0, MY=0).

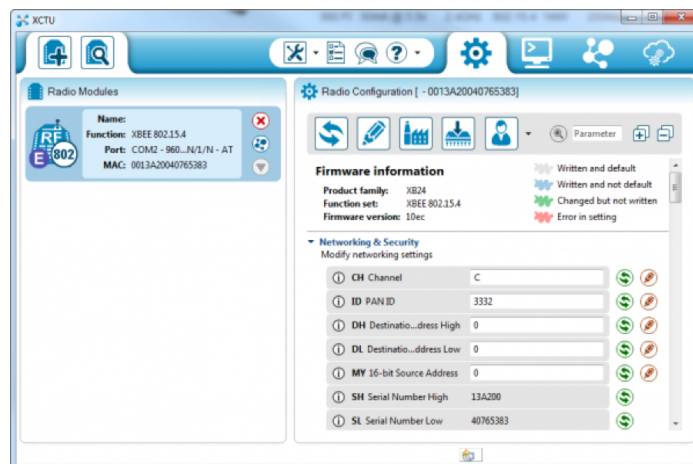


Figura 3.5: Configurações do Xbee

Para testar a comunicação entre os XBees, conecte o outro módulo à um computador (pode ser o mesmo). Caso o segundo módulo seja conectado à um outro computador, instale o X-CTU novamente e realize o mesmo procedimento. Caso o segundo XBee seja conectado ao mesmo computador, um segundo módulo aparecerá na seção de “Radio Modules”. Verifique novamente se as configurações são iguais as da figura 3.5.

Em seguida, clique no ícone “Switch to Consoles” no canto superior direito. Isto mudará da aba de configuração para o console. O console pode ser usado para mandar caracteres para o XBee, que por sua vez transmitirá estes caracteres para qualquer outro XBee ligado a ele. O console de cada XBee pode ser selecionado simplesmente selecionando o módulo desejado à esquerda.

Abra uma conexão serial em cada módulo clicando no ícone de conexão . O ícone mudará e o preenchimento se tornará verde, igual ao da figura 3.6.

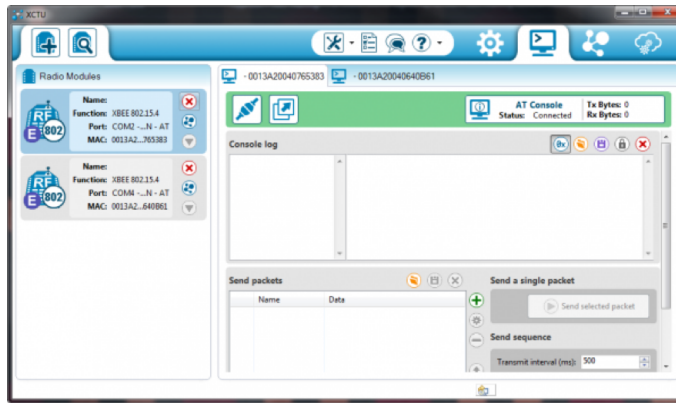


Figura 3.6: Tela de conexão

Clique no campo esquerdo do console e digite uma letra ou número. A sua representação ASCII aparecerá no campo direito em azul. Em seguida, vá para o console do outro XBee. O mesmo caractere deve aparecer, porém desta vez em vermelho. Digite novamente uma letra ou número no console deste segundo XBee e o mesmo caractere aparecerá no console do primeiro. Se isto funcionar, significa que os dois XBees estão configurados para conversar entre si.

Para estabelecer uma rede de conexão privada, é necessário configurar o PAN ID (personal área network ID). XBees só podem comunicar entre si se possuírem o mesmo PAN ID, que é um valor hexadecimal entre 0 e 0xFFFF (65536 valores possíveis). Portanto, uma vez mudado para um valor diferente do default, será improvável que haja interferência de um XBee indesejado à sua rede. Para mudar o PAN ID, clique na “Configuration tab”. Uma lista de parâmetros aparecerá, conforme a figura 3.7.

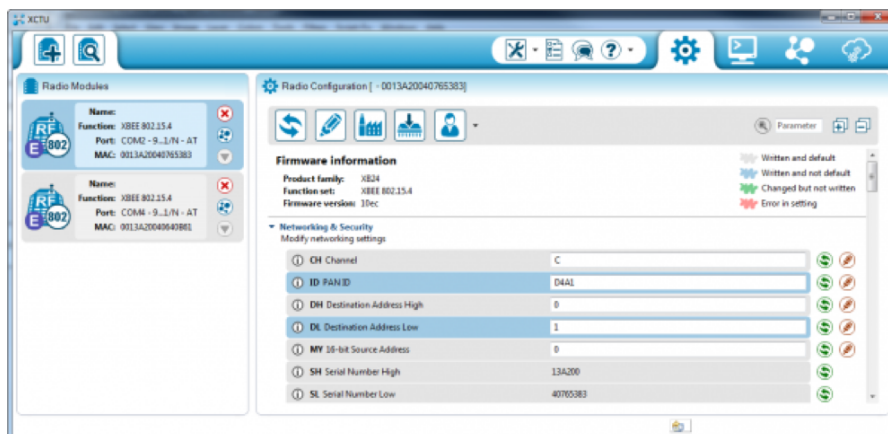


Figura 3.7: Parâmetros para a configuração da rede

Escolha um valor entre 0 e 0xFFFF para PAN ID e clique no lápis marrom para salvar sua mudança. O fundo desta propriedade mudará de cor, indicando que o valor foi mudado para um valor diferente do valor padrão. Faça o mesmo para o outro módulo. Agora, realize o teste de comunicação novamente para garantir que os dois XBees continuam se comunicando.

3.2.2 Multiplexação de dados

Com o Xbee configura e pronto para receber os dados, faz-se necessário a recepção desses dados, oriundos dos diversos sensores presentes no protótipo.

Devido ao Teorema da Amostragem, tem-se que não há necessidade, para um sinal de banda limitada, a transmissão completa, visto que na maior parte do tempo nenhuma informação é transmitida. Com um intervalo de amostragem já é possível conhecer todas os dados necessários. Surge então, a possibilidade de multiplexar diversos sinais pela mesma linha, abrindo uma vasta gama de aplicações.

Em 1874, Émile Baudot criou o primeiro sistema capaz de multiplexar digitalmente, com a capacidade de até 6 sinais de máquinas telegráficas na mesma linha. Em 1920, o também francês Valensi, começou a desenvolver o primeiro mux digital para canais telefônicos, sendo que em 1945 o Bell Labs colocavam em prática definitivamente a multiplexação digital. Dessa forma, atualmente é possível realizar diversas aplicações incluindo a multiplexação digital, principalmente em casos em que há a necessidade da transmissão de diversos dados em microcontroladores, visto haver uma quantidade limitada de portas.

A lógica básica desses multiplexadores passam por uma chave eletrônica, denominada comutador. Essa chave é responsável por extrair a amostra de cada canal, em uma revolução de $T_s \approx 1/172 \text{ fm seg}$, seguindo o Teorema da Amostragem. Já no receptor, esses sinais passam por um decomutador, de forma que os pulsos relativos as amostras sejam remetidos aos destinatários apropriados. Esse esquema pode ser visualizado na figura 3.8.

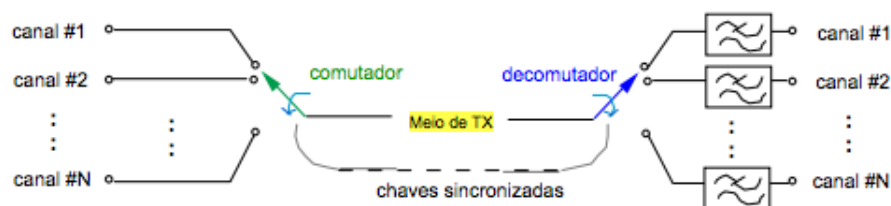


Figura 3.8: Sistema multiplexador com N canais multiplexados

Com o conceito de sample&hold, um capacitor retém o valor da amostra até ser colhido uma nova amostra, aumentando a largura do pulso. A implementação deste tipo de MUX pode ser visualizada na figura 3.9

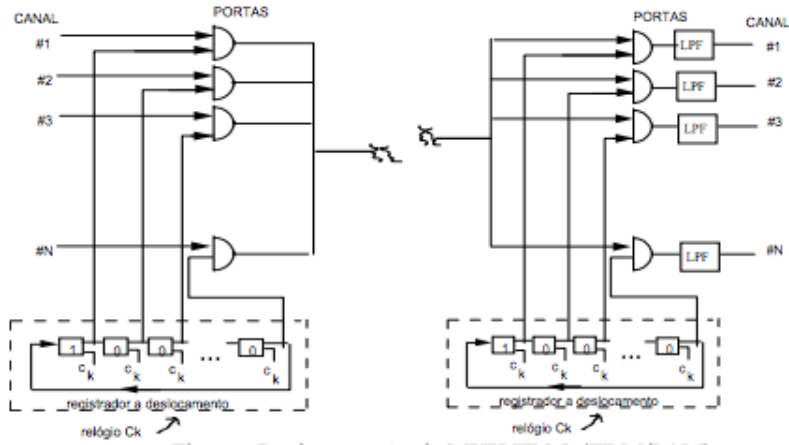


Figura 3.9: Implementação de Mux

Na prática, atualmente os multiplexadores são implementados em CIs, sendo que vários tipos e modos estão disponíveis no mercado. Como exemplo, o Analog Multiplexer 4051 possui 8 canais disponíveis. Além do CI, se emprega dois contadores no modo incremental usado para controlar o instante em que ocorre a multiplexação, conforme esquema na figura 3.10.

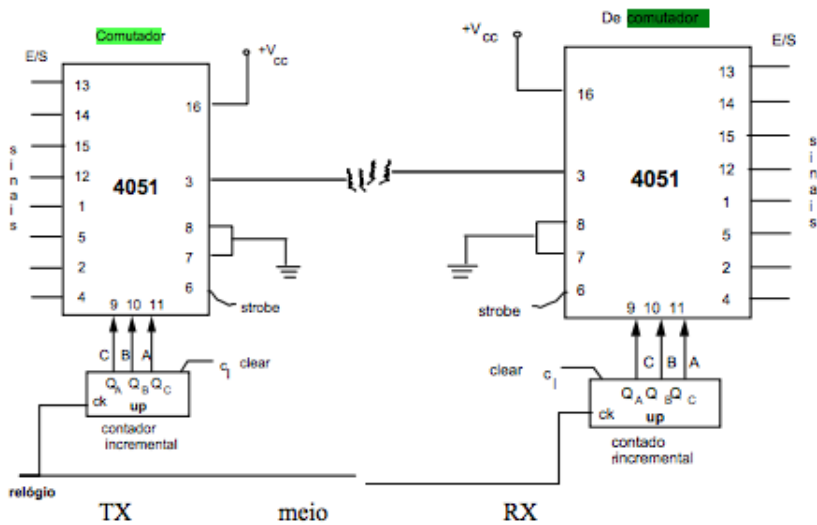


Figura 3.10: Multiplexador implementado com CI