

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - ESCOLA DE MINAS
ASSOCIAÇÃO INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE
Programa de Pós-Graduação em Instrumentação, Controle e Automação
de Processos de Mineração – PROFICAM

Introdução

A utilização de GPS de alta precisão se torna essencial à medida que as aplicações se tornam mais complexas e tecnologicamente dependentes, como é o caso de equipamentos autônomos. Neste contexto, este trabalho visa implementar um NTRIP Caster, que, futuramente, poderá ser utilizado como uma base para correção de dados de localização na região de Ouro Preto. Os conceitos e etapas envolvidas nesse processo serão explicados a seguir.

Motivação

Os sistemas de navegação global por satélite (ou GNSS, do inglês *Global Navigation Satellite System*) permitiram um salto em serviços relacionados a localização, onde uma constelação de satélites em órbita fornece informações de posicionamento geográfico para receptores com precisão aproximada de 10 a 15 metros. Os sistemas GNSS mais conhecidos são o americano, GPS (*Global Positioning System*), o russo GLONASS e o europeu Galileo.

Apesar da precisão fornecida ser suficiente para vários tipos de aplicação existentes hoje, como navegação e rastreamento de dispositivos, ela não é boa o bastante para aplicações específicas, como a orientação de um carro autônomo em uma faixa de rolamento ou mesmo a execução de um furo de detonação em uma mina, com precisão necessária na ordem de centímetros. Para esses casos, em que a precisão é determinante para a segurança ou viabilidade da aplicação, foi desenvolvida uma técnica de correção diferencial conhecida como *Differential Global Navigation Satellite System* (DGNSS).

De forma resumida, o DGNSS utiliza informações de bases com alta precisão e que tem sua posição muito bem conhecida [1]. Dessa forma, essa base transmite para seus clientes informações de correção diferencial, ou seja, a diferença entre a posição recebida a partir do GNSS e sua posição real. Assim, clientes que estejam recebendo informações dos mesmos satélites que a base, podem usar a informação de correção para corrigir sua posição e obter precisão na ordem de centímetros, conforme exemplo na Figura 1.

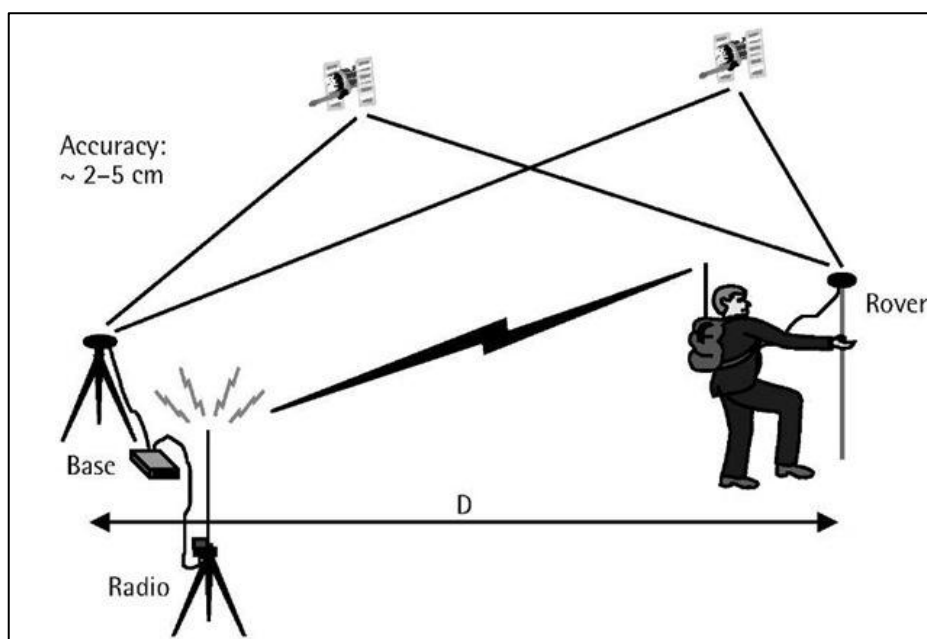


Figura 2: Princípio de funcionamento do DGNSS [2]

Tradicionalmente, a transmissão para os clientes, também conhecidos como *rovers*, ocorre por meio de links de rádio, o que limita muito a região de cobertura e também os tipos de dispositivos capazes de receber tais informações. Buscando tratar esses dois problemas, foi proposto o protocolo NTRIP (*Network Transmission of RTCM via Internet Protocol*), que permite a transmissão de dados de correção e outras informações de GNSS no formato RTCM [3] via rede. Assim, qualquer dispositivo com acesso a uma rede de dados que esteja em uma região coberta por uma base pode usar os dados recebidos para corrigir sua posição.

No Brasil, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mantém a RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS), composta por 98 estações que atuam como transmissores de dados de correção [4], por meio de componentes conhecidos como “*casters*”. Mais detalhes do NTRIP e de seus componentes, dentre eles o NTRIP-Caster, serão explicados na seção a seguir.

O protocolo NTRIP e o componente Caster

O protocolo NTRIP nasceu a partir de um estudo de viabilidade encomendado pela Agência Federal de Cartografia e Geodésia da Alemanha e realizado pela Universidade de Dortmund, que produziu, em 2002, o relatório descrito em [5]. A partir desse estudo, em 2004 ele foi transformado em padrão pelo comitê 104 da *Radio Technical Commission for Maritime Services* (RTCM), já que a primeira aplicação prática foi a de transmissão de mensagens RTCM [1].

O protocolo, que é aberto e não-proprietário, foi criado para atender algumas características e requisitos principais, que estão listados em seu padrão [6], e foram resumidos a seguir:

- Baseado em HTTP, o que simplifica a criação de clientes / servidores, além de permitir o tráfego em redes e internet de forma amigável aos *firewalls*;
- Capacidade de fornecer *stream* de dados para múltiplos usuários simultaneamente, usando a pilha TCP/IP;
- Não limita qual tipo de mensagem pode ser transmitida, podendo, portanto, transmitir diferentes tipos de mensagens de GNSS.

Assim, o protocolo se baseia nos elementos principais, mostrados na Figura 3 e explicados na sequência [6]:

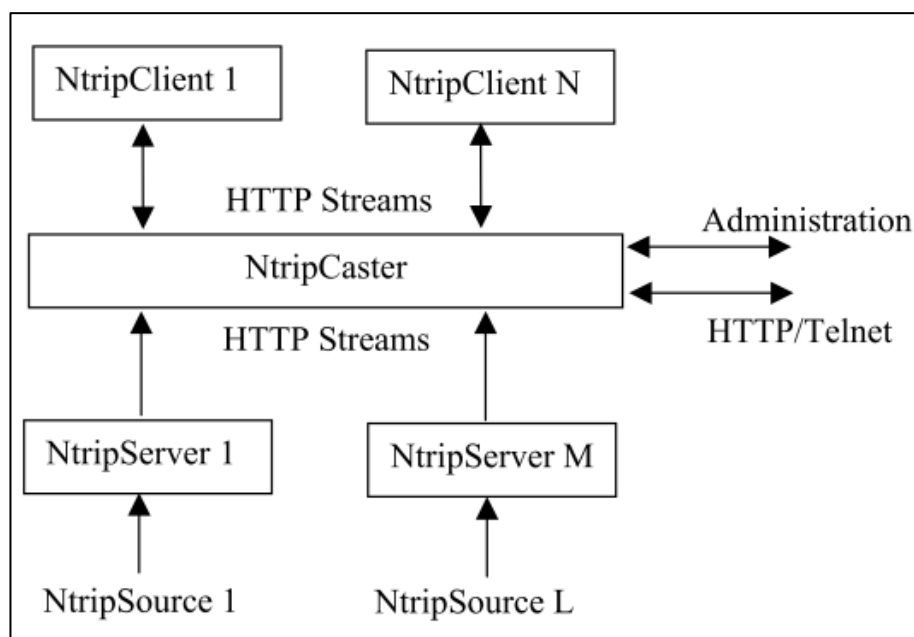


Figura 3: Principais componentes do NTRIP [6]

- **NtripSources:** fontes (ou estações-base) que efetivamente geram o *stream* de dados de GNSS;
- **NtripServers:** transferem os dados de GNSS do NtripSource para o NtripCaster;
- **NtripCaster:** componente principal, que disponibiliza as informações de GNSS para serem consumidas por clientes (NtripClients) via Internet;

- **NtripClients:** clientes finais, que precisam de dados de correção ou outras informações de GNSS. Acessam informações de uma estação-base disponibilizadas por meio de um *Caster*.

Cabe lembrar que, apesar da arquitetura definir camadas e diferentes responsabilidades, o que facilita uma implementação distribuída, os elementos de *software* desenvolvidos podem acumular as funções. Por exemplo, o *NtripServer* e o *NtripCaster* podem ser um elemento único. É exatamente dessa forma que foi realizada a implementação que será apresentada nas seções a seguir.

Materiais e métodos

Para realização do trabalho foram necessários os seguintes recursos:

- Equipamento GNSS Trimble R4;



Figura 4: Equipamento Trimble R4

- Notebooks para instalação do servidor NTRIP *Caster* e dos clientes;



Figura 5: Notebooks usando como servidor (esquerda) e cliente (direita)

- Rede Ethernet comum (TCP/IP) para conexão de todos os notebooks;
- Software [GPS Configurator](#) (disponível para *download* no site da Trimble);
- Coletor de dados com o software Trimble Access para configuração do R4;

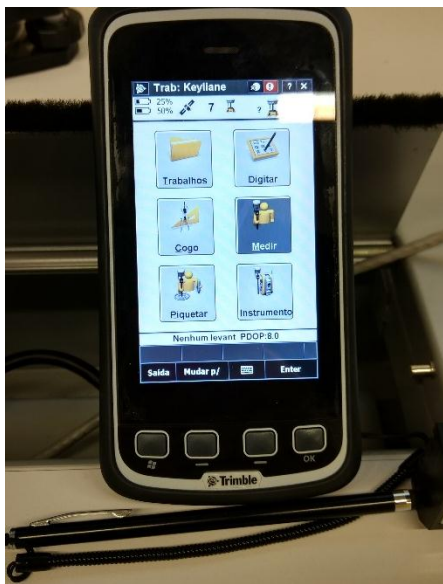


Figura 6: Coletor de dados executando o Trimble Access

- Software [Visual Studio Express](#) (baixado no site da Microsoft e instalado no notebook servidor);
- Biblioteca RTKLib com o software RTKNAVI, executado nos notebooks clientes para validar a solução.

Características do equipamento GNSS Trimble R4

No desenvolvimento do trabalho foram utilizados os equipamentos da fabricante [Trimble](#), sendo o sistema [GNSS Trimble R4](#) que é composto de estação base, *rover*, rádio externo, coletor e acessórios [7][8]. Entre as principais características do equipamento estão:

- Sistema com 220 canais e Trimble R-Track tecnologia de localização por satélite;
- Escalável de pós-processamento para VRS para configurações multi-constelação - RTK;
- A flexibilidade de escolher o nível de suporte GNSS que é perfeito para a sua aplicação;

- O sistema RTK Trimble R4 possui GPS L1 e L2 e possibilita o *upgrade* de GLONASS;
- Baterias para até 11 horas de uso ininterrupto;
- Conexão via *bluetooth* com dispositivos externos, inclusive com o coletor e *smartphones* com o aplicativo Trimble Access instalado;
- Possui precisão milimétrica para posicionamento GNSS diferencial, levantamento estático e cinemático, tanto vertical como horizontal, desde que em condições ideais de trabalho;
- Entrada e Saída CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1.

O equipamento é robusto o suficiente para realização de trabalho de campo, possui classificação de grau proteção IP67 além de suportar faixa de temperatura de trabalho de -40°C a 65°C [9].

Detalhamento dos Softwares utilizados

GPS Configurator

O *software* GPS Configurator foi utilizado para configuração de parâmetros da estação, entre eles a forma de comunicação. No trabalho foi parametrizada a comunicação via porta serial, escolhendo para isso a porta COM5 disponível no computador utilizado e a velocidade da rede (*Baud Rate*), no caso 38400 bps.

Configurando coletor com Trimble Access

Após ser ligado a base do Trimble R4 é necessário estabelecer a sua comunicação com o coletor através do *bluetooth* utilizando o *software* Trimble Access. Realizada a conexão é importante observar o número de satélites conectados à base, durante o trabalho este número oscilou entre 6 e 8, inclusive variando com o clima já que por vezes o céu estava com muitas nuvens carregadas. Outro ponto importante a ser observado é o nível de PDOC, sendo que o ideal é que esteja abaixo de 7.

A configuração da base para realização de um novo trabalho e coleta de informações é realizada no *software* Trimble Access sendo que alguns passos devem ser seguidos:

1. Configuração do tipo de levantamento

No menu inicial escolha a opção **Configuração** e em seguida em **Estilo de levantamento** opte por **RTK e Preenchimento** (que foi um perfil já existente, com muitas das configurações prontas). No próximo passo, em **Opções de Base**, escolha o formato **RTCM 2** e clique em **Aceitar** e logo depois em **Armazenar**. Realizados estes passos a estação base estará configurada para realizar levantamento em RTK (tempo real) no formato RTCM 2.0.

2. Criação de novo trabalho

Para iniciar uma medição é necessário criar um novo trabalho no coletor, também utilizando o software Trimble Access instalado no coletor. No menu inicial escolha a opção **Trabalhos** e clique em **Novo Trabalho**, defina um nome para seu trabalho e na sequência clique em **Aceitar** e logo depois em **Medir**.

3. Iniciar medições

Dando início às medições é necessário no menu inicial escolher a opção **Levantamento Geral** e clicar em **Medir**, logo depois escolher a opção **RTK e Preenchimento** e por fim **Iniciar Base**.

Realizados estes passos o equipamento já estará coletando dados de sua localização em relação aos satélites que estiverem conectados e os disponibilizando via porta serial.

Descrição do NTRIP Caster implementado

O *software* implementado consiste em receber dados de uma porta serial, a qual estará conectada à estação base de RTK, e transmitir os dados de correção disponibilizados pela base através de internet para os clientes NTRIP, via protocolo de transporte TCP.

O *software* foi implementado com base no código aberto disponível em Lefebure.com, utilizando a linguagem de programação *Visual Basic* e *Windows Forms*. O código é composto por duas classes, uma que gerencia o funcionamento do *Caster* e outra que gerencia as conexões de clientes NTRIP.

Na classe de gerenciamento do *Caster* é onde ocorre a conexão com a porta serial e a criação do *socket* TCP. Na interface do *software*, a porta conectada e os dados da porta serial, como *baud rate* e *data bits* devem ser preenchidos igualmente a configuração da base. Quando a conexão é permitida, o código adiciona um evento *DataReceiver*, começa a escutar a porta serial e preencher um *buffer*. Em seguida, um *TcpListener* é instanciado e então é criado o *socket* servidor de comunicação TCP. Duas *threads* são criadas, uma *listenerThread* e uma *processThread*. A *listenerThread* trata os clientes conectados na porta TCP e a *processThread* processa o *buffer* preenchido pela porta serial e transmite as mensagens para os clientes TCP.

A classe de conexões de clientes NTRIP é uma classe *model* que implementa as funcionalidades que a classe de gerenciamento necessita para tratar cada conexão de cada cliente separadamente. Quando um novo cliente se conecta ao servidor TCP, o cliente segue o modelo desta classe. Nela há a implementação: do *socket* cliente de comunicação, método de envio de mensagens e as *flags* de leitura e conexão.

Uma vez que a conexão com a porta serial foi estabelecida, o *software* transmitirá as mensagens da base RTK para todos os clientes que estejam conectados através da porta TCP como um NTRIP *Client*.

Descrição das funcionalidades

O *software* foi dividido em cinco abas, sendo elas: Conexões, Estações, Usuários, Servidor e Logs. Cada aba apresenta o conjunto de informações na qual ela se refere e serão detalhadas abaixo:

A aba **Conexões** apresenta todos os clientes TCP que estão conectados à estação através do NTRIP Caster no momento. São apresentados os dados do usuário, a data que teve início a conexão, em qual estação ele está conectado, qual é o agente de conexão, o IP e a porta do cliente e quantos bytes estão sendo trafegados.

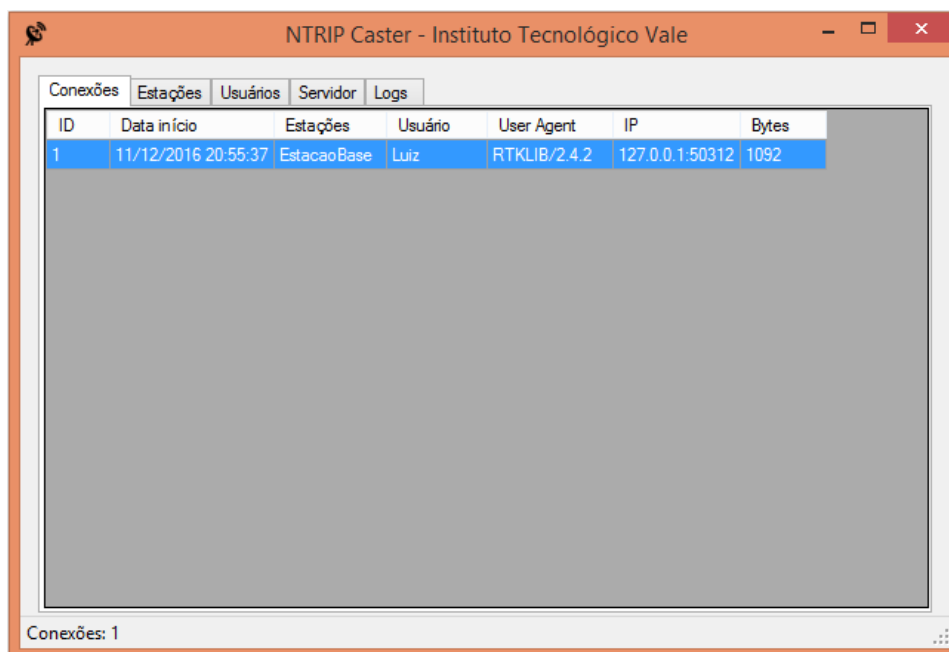


Figura 7: Aba Conexões

A aba **Estações** apresenta os dados da estação NTRIP que foi criada. Nela são apresentados os dados da estação base, qual o formato de mensagens transmitidas e qual o sistema de navegação adotado.

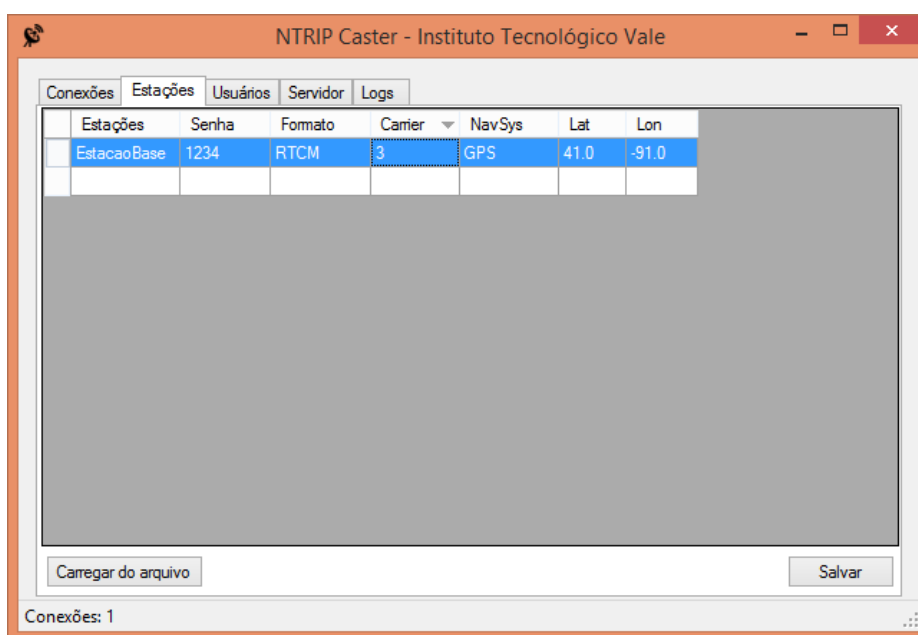


Figura 8: Aba Estações

A aba **Usuários** permite criar e gerenciar os usuários. Somente usuários registrados nesta aba são permitidos conectar no Caster.

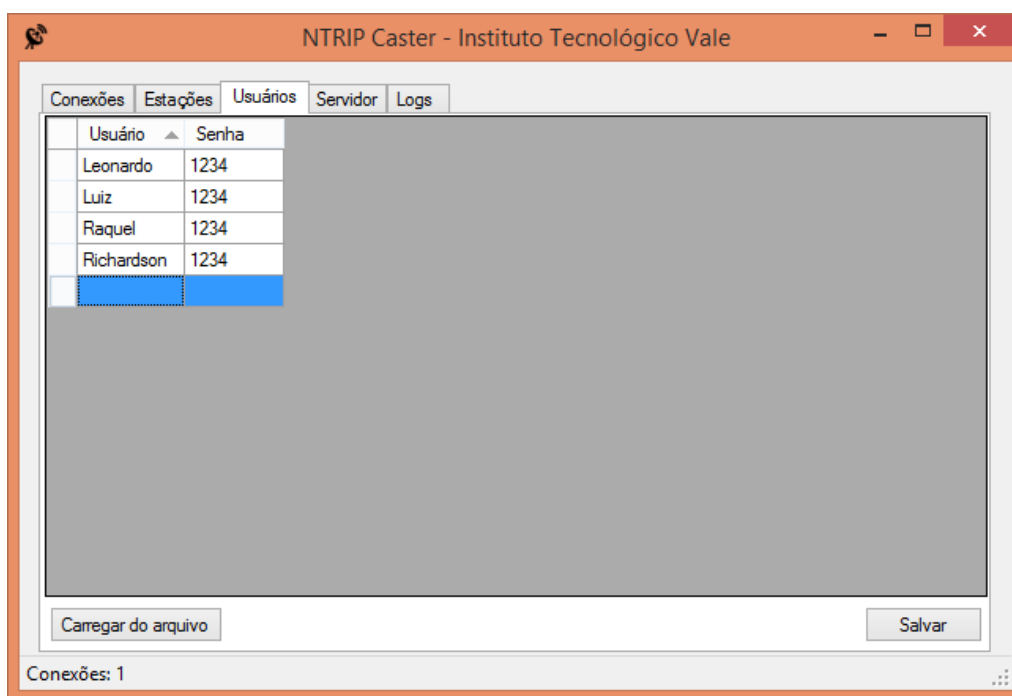


Figura 9: Aba Usuários

A aba **Servidor** apresenta os dados de conexão com a porta serial da estação base de RTK. O campo Estação deve conter alguma estação-base cadastrada na aba Estações e os campos *baud rate* e *data bits* devem ser os mesmos que a estação base de RTK conectada.



Figura 10: Aba Servidor

E por fim, a aba **Logs** que apresenta as principais informações do Caster e de clientes.

Os dados de Estações e Usuários também podem ser carregados através de arquivos-texto usando o botão “Carregar do arquivo” e também podem ser salvos através do botão “Salvar” na respectiva aba. As configurações gerais do software são salvas no arquivo “Settings.txt” sempre ao executá-lo.

Para confirmar que o NTRIP Caster está aceitando conexões de clientes, foi utilizada a biblioteca RTKLIB e o *software* RTKNAVI, apontando para o endereço de *loopback* (127.0.0.1). Caso a comunicação esteja correta, será apresentada imagem similar à mostrada na Figura 11:

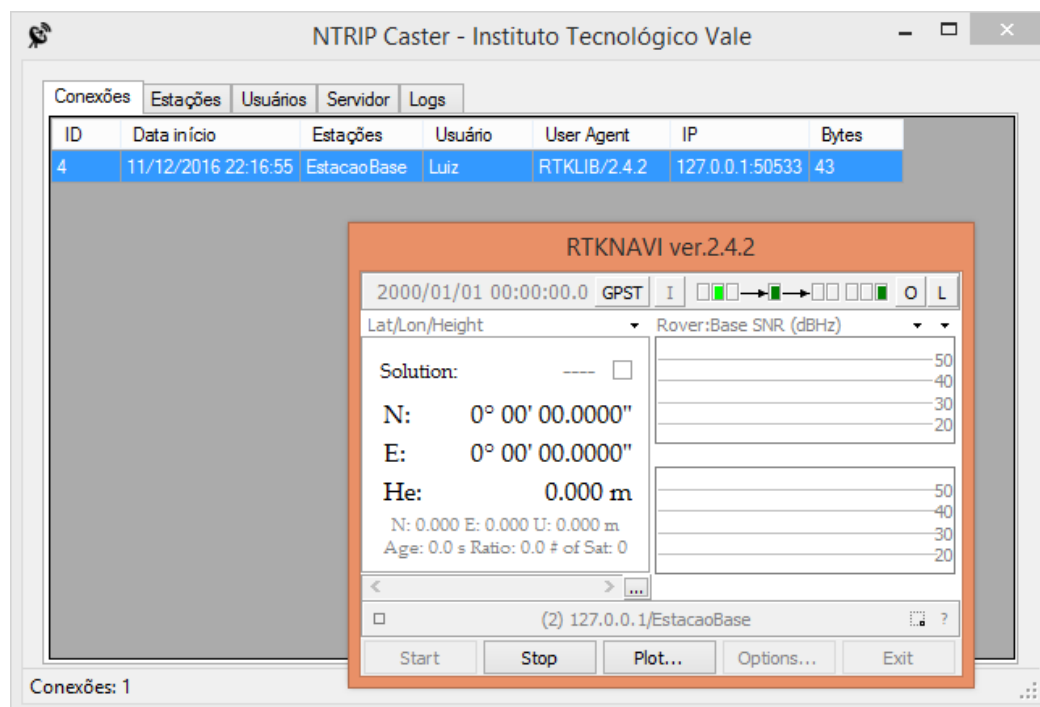


Figura 11: Validação do servidor NTRIP Caster

Validação do servidor NTRIP Caster

Para validar o aplicativo desenvolvido como servidor NTRIP Caster foi utilizado o *software* RTKNAVI da biblioteca RTKLib. Através deste *software*, foi realizada a conexão dos clientes ao servidor de *streaming* NTRIP Caster para validar o recebimento dos dados da estação Trimble que estavam sendo disponibilizados no servidor via comunicação serial. Os passos para configuração do cliente NTRIP Caster no RTKNAVI são:

1. Abrir o aplicativo RTKNAVI, clicar no botão “I” (sigla de **Input**) para acessar a janela de configuração:

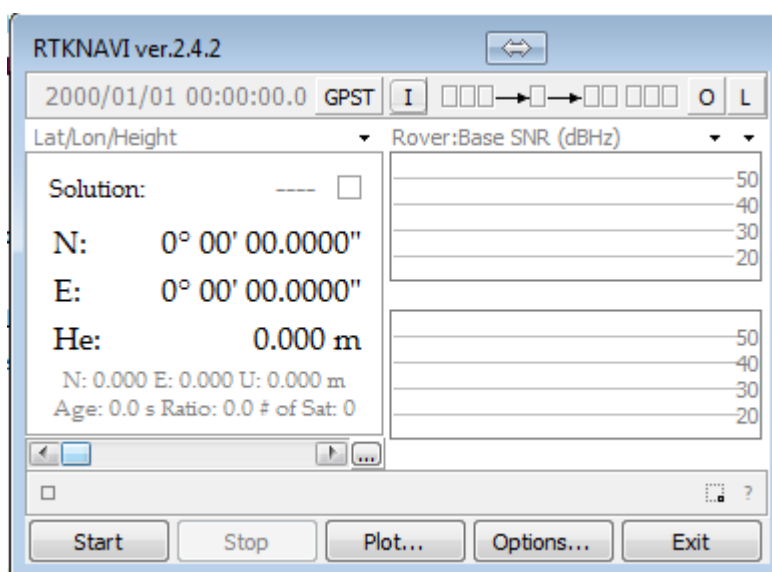


Figura 12: Tela inicial do RTKNAVI

2. Selecionar a opção “**2 – Base Station**”, no campo “**Type**” selecionar “**NTRIP Client**”, no campo “**Format**” selecionar **RTCM 2** e, por fim, clicar em “...”:

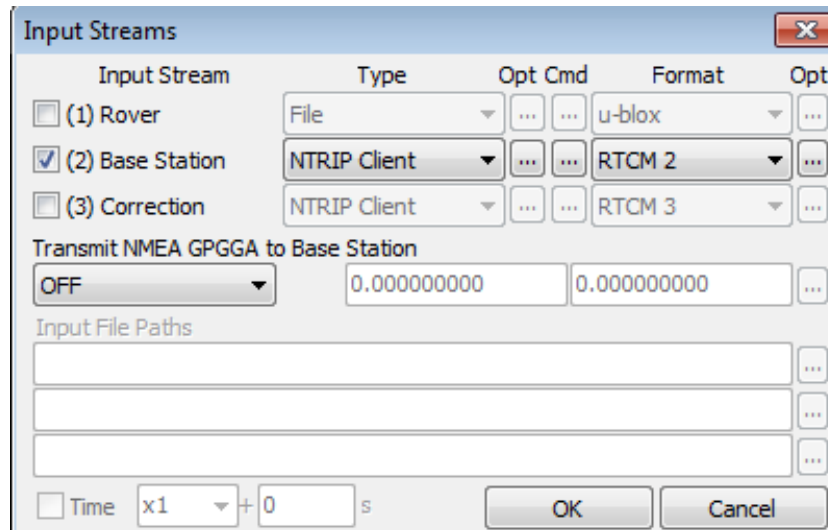


Figura 13: Configuração do cliente RTK NAVI (Parte 1)

3. No campo “**NTRIP Caster Host**” digitar o endereço IP do servidor NTRIP Caster que se deseja conectar, definir no campo **Port** a porta 5000 e no campo “**MountPoint**” digitar o nome da estação base configurada no servidor, no caso “**EstacaoBase**”. Por fim, entrar com usuário e senha previamente cadastrados no servidor e clicar em Ok duas vezes retornando à tela inicial do RTKNAVI:

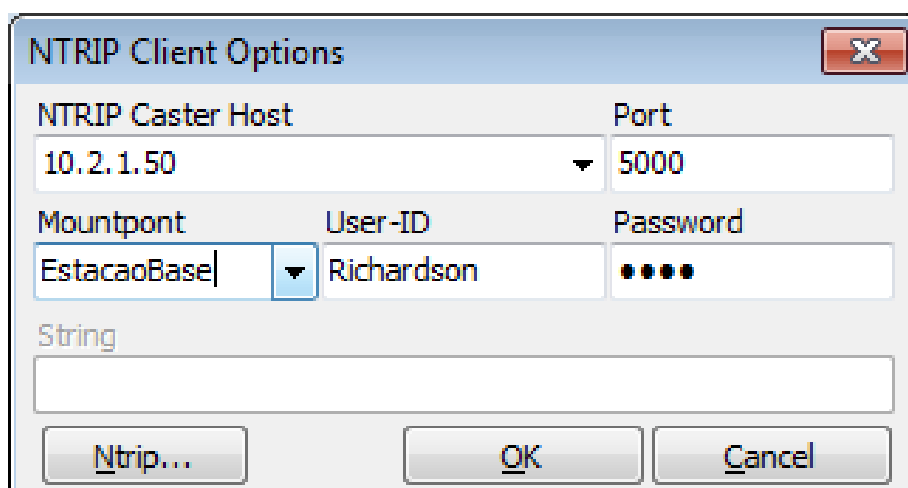


Figura 14: Configuração do cliente RTK NAVI (Parte 2)

4. Para iniciar a comunicação, clicar na Opção **“Start”**. Para avaliar os pacotes recebidos, abrir a opção **“RTK Monitor”**:

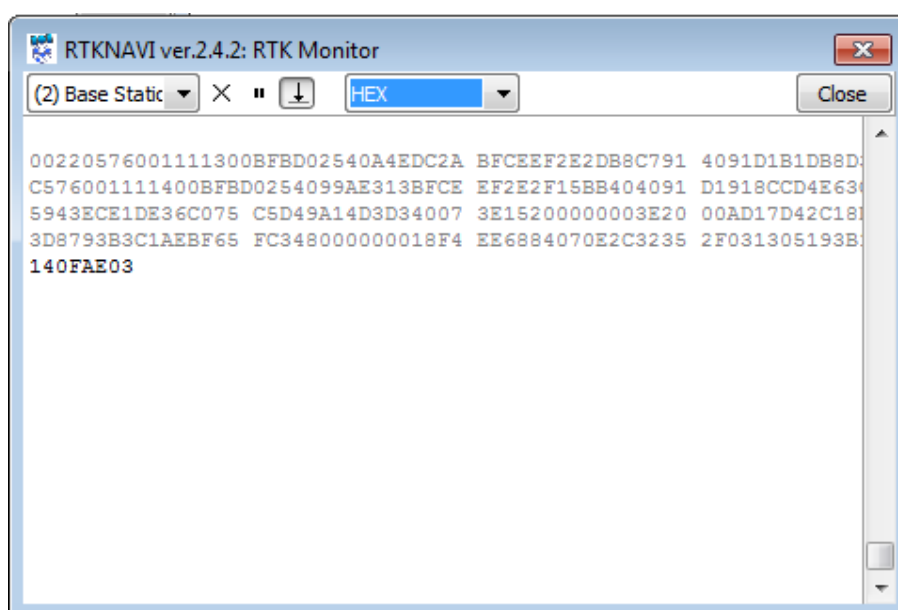


Figura 15: Visualização dos dados recebidos pelo Cliente, via RTK Monitor

Conclusões

Este trabalho buscou realizar a implementação de um NTRIP Caster conectado a uma base RTK do fabricante Trimble. Neste sentido, foi configurado o equipamento Trimble R4 para transmissão de dados de correção via porta serial, um servidor NTRIP Caster conectado fisicamente à base e alguns clientes NTRIP conectados em rede, via TCP ao servidor.

Após estabelecida a comunicação serial com o Trimble R4, durante o período de testes o *streaming* dos dados funcionou normalmente, sendo que clientes em rede conseguiram obter os dados de correção via protocolo NTRIP e comunicação TCP. Assim, conclui-se que o servidor NTRIP Caster implementado atendeu aos requisitos solicitados. Dadas as limitações do ambiente, não foi possível validar a comunicação também via Internet, o que deve ser realizado como trabalho futuro. Outra sugestão de trabalho futuro é definir um servidor que trabalhe de modo contínuo, conectado à base e que transmita dados de correção para clientes na região de Ouro Preto.

Referências

- [1] Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM), “NEWS from the Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) The Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) Publishes New Standard for Networked Transfer of RTCM via Internet Protocol (Ntrip),” 2004.
- [2] What-When-How, “GPS Positioning Modes Part 2.” [Online]. Available: <http://what-when-how.com/gps/gps-positioning-modes-part-2/>. [Accessed: 09-Dec-2016].
- [3] Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM), “RTCM - Standards.” [Online]. Available: <http://www.rtcn.org/about.html#Standards>. [Accessed: 09-Dec-2016].
- [4] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, “RBMC-IP - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS em tempo real.” [Online]. Available: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/ntrip/>. [Accessed: 09-

Dec-2016].

- [5] H. Gebhard and R. Kays, "Real-Time Streaming of Differential GPS Corrections via Internet - Feasibility Study," Dortmund, Germany, 2002.
- [6] Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM), "Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) - Version 1.0," 2004.
- [7] Trimble, "TrimbleR4 - GNSS Surveying Systems." .
- [8] Trimble, "Trimble - Transforming the Way the World Works." .
- [9] Trimble, "ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS."