

# PROJETO STELA: SISTEMA DE TELEMETRIA PARA AMBULÂNCIAS

Bastos L.P.<sup>1</sup>, Andreão R.V.<sup>2</sup>, Vivacqua R.P.D.<sup>2</sup>, Passos Filho U.S.<sup>1</sup>, Moraes G.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ENGER, leonardo@enger.eng.br

R. Misael P. da Silva, 98, sala 504, Santa Lúcia, Vitória, ES

<sup>2</sup>Instituto Federal do Espírito Santo, {rodrigova,rafsat}@ifes.edu.br

Av. Vitória, 1729, Jucutuquara, Vitória, ES, Brasil

*Resumo: Este trabalho apresenta um sistema de telemetria para ambulâncias, denominado STELA, capaz de adquirir o ECG gerado pelos monitores já instalados nas ambulâncias, disponibilizando-o remotamente em uma aplicação baseada na Web. Desta forma, um cardiologista de plantão pode realizar o laudo, orientando a Central de Regulação no encaminhamento do paciente atendido. Além disso, o STELA implementa uma solução de banco de dados, plataforma de suporte e aplicação, de forma que tanto o médico da Central da Regulação quanto o cardiologista de plantão utilizam somente o navegador Web para a visualização dos dados e realização do laudo. O desenvolvimento do módulo embarcado na ambulância foi orientado por: robustez; confiabilidade; simplicidade na operação; e custo reduzido. Já a solução de TI foi desenvolvida a partir dos requisitos de confiabilidade, segurança e utilização de softwares livres. Um dos requisitos no atendimento da urgência cardiológica é o tempo entre a ocorrência do evento e o atendimento por um serviço cardiológico. Para isso, avaliou-se inicialmente o tempo entre a captura do eletrocardiograma de 12 derivações e sua disponibilização no banco de dados remoto e nas aplicações do médico regulador e do cardiologista. Tais testes utilizaram dois módulos embarcados, e os resultados, que avaliaram somente a tecnologia, foram considerados positivos pelo usuário, pois garantem que o eletrocardiograma chegue no tempo hábil até o especialista, agilizando o diagnóstico e o tratamento do paciente. Novos testes estão sendo preparados, nos quais será avaliado também o tempo da conclusão do chamado, incluindo o encaminhamento do paciente até o hospital.*

*Palavras chaves: ambulância, urgência, eletrocardiograma, telemetria*

*Key words: ambulance, emergency, electrocardiogram, telemetry*

## Introdução

Em urgência cardiológica, quanto mais rápida for a realização do atendimento e do diagnóstico, menores serão as conseqüências da doença e mais eficaz o tratamento. É significativo o número de ocorrências de urgência cardiológica atendidas pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU). No entanto, a atuação do médico do SAMU em urgência cardiológica é bastante limitada por não possuir formação especializada em cardiologia. Neste caso, a segunda opinião de um cardiologista de plantão é imprescindível.

Diversos trabalhos vêm sendo publicados na literatura médica avaliando o impacto da segunda opinião no contexto da urgência cardiológica.<sup>1</sup> Um elemento fundamental neste processo é a transmissão sem fio dos eletrocardiogramas realizados na ambulância até um servidor remoto. Normalmente, a solução tecnológica adotada consiste na aquisição de um sistema proprietário que envolve desde o monitor de eletrocardiograma (ECG) até o sistema de informação, incluindo o banco de dados, a plataforma de suporte e a aplicação. Na maioria dos casos, a captura do registro do ECG e sua transmissão requerem o emprego de um computador portátil, um *pda* ou um *smartphone* que seja capaz de armazenar o ECG gerado pelo monitor e transmiti-lo via tecnologia celular até o servidor de banco de dados remoto.<sup>2</sup> Por outro lado, existe hoje uma variedade de marcas de monitores de ECG instalados nas ambulâncias, porém sem a referida tecnologia de armazenamento e transmissão dados.

O objetivo do projeto STELA é a construção, teste e validação de um sistema de telemetria para ambulâncias capaz de adquirir o ECG gerado pelos monitores instalados nas ambulâncias, disponibilizando-os

remotamente. Desta forma, um cardiologista de plantão pode realizar o laudo do exame, orientando a Central de Regulação no encaminhamento do paciente atendido. A tecnologia STELA é capaz de se conectar aos diferentes monitores que equipam as ambulâncias de suporte avançado, bastando os mesmos possuírem uma saída analógica 1V/mV. Além disso, o STELA implementa uma solução de banco de dados, plataforma de suporte e aplicação, de forma que tanto o médico da Central da Regulação quanto o cardiologista de plantão utilizam somente o navegador *web* para a visualização dos dados e realização do laudo do ECG.

Um dos requisitos no atendimento da urgência cardiológica é o tempo entre a ocorrência do evento e o atendimento e tratamento por um serviço cardiológico. O impacto do sistema STELA neste contexto está em reduzir o tempo entre a realização do ECG pelo médico da ambulância e a sua disponibilização no banco de dados remoto e na aplicação do médico regulador e do cardiologista de plantão. Para isso, este trabalho apresenta uma descrição da tecnologia empregada no sistema STELA e os resultados de testes de transmissão ao longo de uma semana.

### Materiais e Métodos

A arquitetura do STELA é composta por um terminal móvel conectado ao monitor multiparamétrico localizado na ambulância e um conjunto de tecnologias de informação voltadas para a comunicação, armazenamento e disponibilização das informações geradas pelo terminal móvel.

O terminal móvel (Figura 1) foi desenvolvido de forma a atender os seguintes requisitos: i. Capturar e armazenar sinais analógicos referentes às 12 derivações de eletrocardiograma com uma duração total de 120 segundos; ii. Frequência de amostragem mínima de 250 Hz e resolução mínima de 10 bits; iii. Oferecer ao usuário uma interface de operação simples e clara, por onde serão controladas as operações de aquisição e envio dos sinais; iv. Transmitir os dados para um servidor usando um meio de transmissão sem fio (rede GPRS).

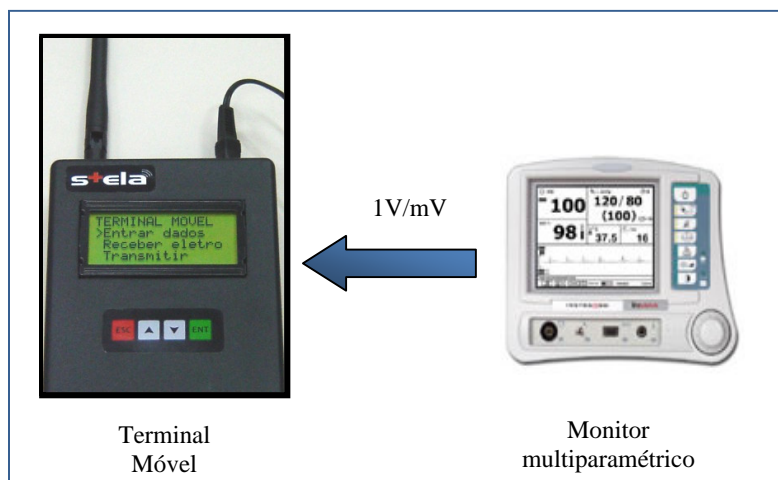


Figura 1. Terminal Móvel STELA

Com relação às tecnologias de informação, uma característica marcante do STELA é a utilização de ferramentas e tecnologias FLOSS (*Free/Libre/Open Source Software*). A linguagem de programação adotada foi a Java, destacando-se por sua facilidade de programação, disponibilidade de recursos e biblioteca e compatibilidade com diversos sistemas operacionais e arquiteturas. Por outro lado, a tecnologia de banco de

dados foi a PostgreSQL. A aplicação é responsável por apresentar ao usuário do sistema (médico regulador e médico cardiologista) os dados enviados pelo Terminal Móvel. Para isso, a tecnologia de servidor de aplicativos *Glassfish* foi empregada. Vale destacar que, para o desenvolvimento da aplicação, foi tomado como base o Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde, desenvolvido pela Sociedade Brasileira de Informática em Saúde (SBIS) e Conselho Federal de Medicina (CFM).<sup>3</sup>

#### *Cenário de utilização do STELA*

Toda vez que uma chamada de urgência demandar o envio de uma Unidade de Saúde Avançada (USA), o sistema STELA entra em operação. A primeira etapa do protocolo de utilização do STELA envolve a colocação dos dez eletrodos para captura das doze derivações do ECG (seis derivações do plano frontal e seis derivações precordiais) sobre o tórax do paciente. Em seguida, com o terminal móvel já conectado ao monitor multiparamétrico, é feita a captura das derivações. Vale ressaltar que uma originalidade do sistema STELA está na sua capacidade de operar com equipamentos possuindo saída 1V/mV. Testes foram feitos nos equipamentos das empresas Zoll (M Series) e Medtronic (Lifepak 20) com sucesso. Nesta fase, o médico aciona a captura por parte do terminal móvel, enquanto que a derivação visualizada na tela do monitor é trocada seqüencialmente, começando pela derivação D1. Completado o tempo de captura, que pode durar até 120 segundos, o terminal móvel fica a espera de um comando por parte do médico para transmitir os dados via sistema de telefonia móvel celular até o servidor de banco de dados.

Realizada a transmissão dos dados, a Central de Regulação é alertada via aplicação que uma nova transmissão foi recebida e aguarda encaminhamento. Neste ponto, o médico regulador entra com os dados do chamado e encaminha o mesmo para a Central de Laudos. Neste caso, a Central de Laudos é alertada que um novo exame foi recebido e aguarda laudo. Após a efetivação do laudo, o médico regulador é informado pelo sistema que o exame já possui laudo. Por fim, o regulador toma as providências quanto ao encaminhamento do paciente e encerra o chamado.

#### *Duração de um Chamado de Urgência Cardiológica*

Um dos requisitos no atendimento da urgência cardiológica é o tempo entre a ocorrência do evento e o atendimento por um serviço cardiológico. Mais especificamente, o tempo de atendimento envolve: o tempo do deslocamento da ambulância até o paciente; o tempo de colocação dos eletrodos e realização do exame; o tempo de transmissão dos dados; o tempo para a realização do laudo. Até este ponto, o médico da ambulância já pode receber orientações da Central de Regulação quanto à conduta a ser adotada em se tratando de urgência cardiológica. Porém, o chamado se encerra quando o paciente é encaminhado até o serviço cardiológico especializado, cujo tempo também deve ser contabilizado.

#### *Avaliação do Sistema STELA*

O funcionamento adequado do sistema STELA depende da disponibilidade do serviço de comunicação móvel celular. Buscando avaliar inicialmente a estabilidade da rede de transmissão celular e a confiabilidade do protocolo de transmissão, foi realizado um conjunto de testes de transmissão de dados pelo terminal móvel até o servidor de banco de dados. Foram escolhidos como parâmetros o número de pacotes das transmissões, o volume de dados trafegado e a duração das transmissões. Para coletar os dados, dois módulos transmitiram os dados

relativos a um exame de ECG de 12 derivações com duração de 120 segundos, totalizando 6420 *bytes* (desconsiderando os dados dos pacotes de TCP).

Para adquirir e filtrar os pacotes de dados gerados pelas transmissões foi utilizado o *Wireshark*, programa responsável pela captura e análise de tráfego de rede. Após o término da captura, os dados foram filtrados e organizados em conversações entre os *endpoints* TCP, e exportados para uma planilha eletrônica para facilitar a análise.

## Resultados e Discussão

Foram realizados testes com dois terminais móveis STELA transmitindo simultaneamente, com os chamados sendo apresentados na tela utilizada pelo médico regulador (Figura 2). As informações de um exame sintético estavam previamente armazenadas na memória dos dispositivos.

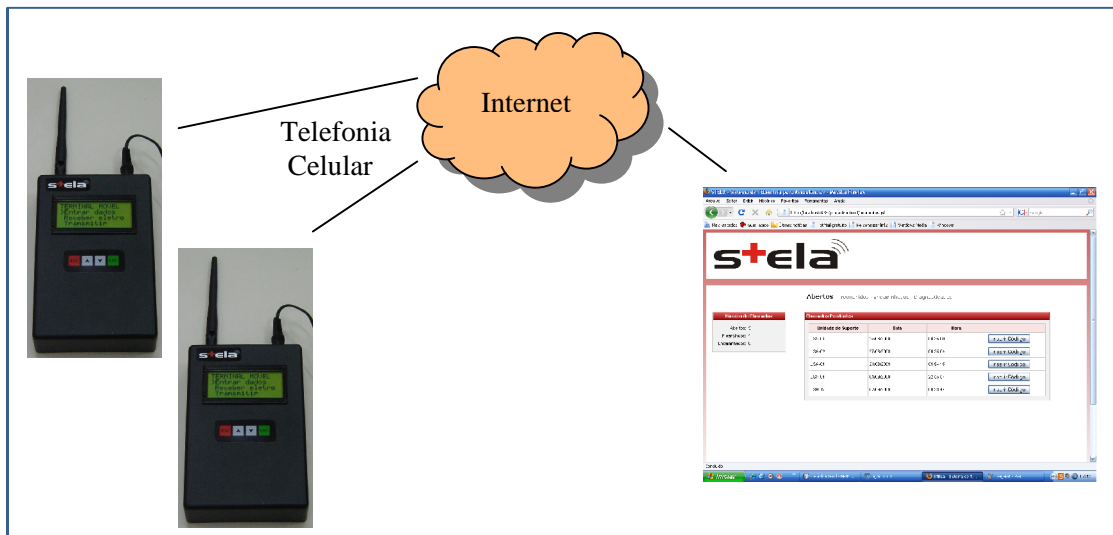


Figura 2. Arquitetura utilizada na avaliação do STELA

Foram feitas 4031 transmissões ao longo de uma semana, sendo 3999 bem sucedidas, o que equivale a uma taxa de sucesso de 99,2% nas transmissões. Vale ressaltar que as transmissões mal sucedidas implicam que o terminal móvel teve que transmitir novamente os dados da tentativa anterior. Por conseguinte, sucessivas retransmissões são efetuadas até que a mesma seja completada com sucesso. As 24 horas do dia foram divididas em quatro intervalos iguais (0-6h, 6-12h, 12-18h, 18-24h) de forma a contabilizar o efeito do horário no tempo de transmissão. No entanto, o tempo de transmissão médio permaneceu estável, em torno de 29,2 s, exceto o desvio padrão para o horário de 0 às 6h da manhã, que certamente foi influenciado por um problema técnico na rede de comunicação móvel celular (Figura 3). Descontando este horário, o desvio padrão não ultrapassou os 5 s.

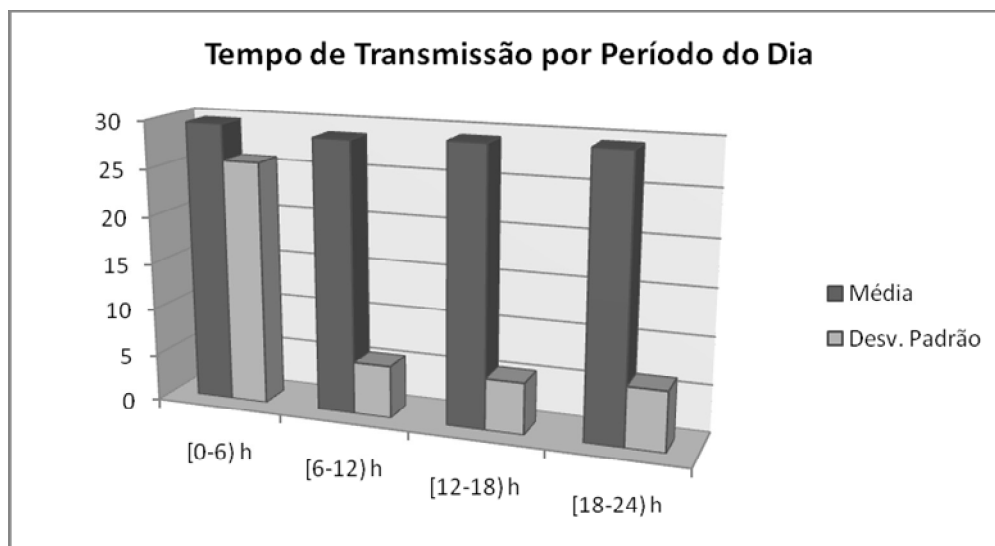


Figura 3. Resultados do tempo de transmissão distribuídos pelo período do dia.

Os primeiros testes de transmissão nos cenários acima garantem que a aquisição de ECG realizada na ambulância chega em tempo hábil até o especialista médico, agilizando o diagnóstico e o tratamento do paciente. Novos testes estão sendo preparados tendo em vista a avaliação dos tempos envolvidos em uma ocorrência de urgência cardiológica, desde a realização do chamado até o encaminhamento do paciente até o hospital.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem suporte financeiro da Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (FAPES) e do Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia do Município de Vitória (FACITEC) e suporte operacional do SAMU do Estado do Espírito Santo.

#### Referências Bibliográficas

1. Limido A, Mare C, Giani S. PROVA E TRASPORTA Project: results of tele-transmission of the electrocardiogram from community hospitals and emergency service ambulances in the management of ST-elevation acute coronary syndromes. *G Ital Cardiol.* 2006; 7(7):498-504.
2. Campbell PT, Patterson J, Cromer D. Prehospital triage of acute myocardial infarction: wireless transmission of electrocardiograms to the on-call cardiologist via a handheld computer. *Journal of Electrocardiology.* 2005; 38(1):300-309.
3. Leão BF, da Costa CGA e Forman JL. Manual de Certificação para Sistemas de Registro Eletrônico em Saúde. Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, 2007.