



Omniview-SisPorto®: Análise computadorizada dos sinais de monitorização fetal

Interface Stan®

Paulo Jorge Salgado de Sousa
MIEEC 2011

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**Omniview-SisPorto®: Análise computadorizada
dos sinais de monitorização fetal
Interface Stan®**

Paulo Jorge Salgado de Sousa

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Telecomunicações

Orientador: Prof. Dr. Joaquim P. Marques de Sá
Co-orientador: Prof. Dr. Diogo Ayres de Campos

Fevereiro, 2011

A Dissertação intitulada

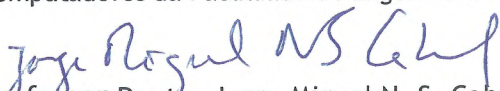
**“Omniview-SisPorto®: Análise Computadorizada dos Sinais de Monitorização
Fetal - Interface Stan®”**

foi aprovada em provas realizadas em 21-02-2011

o júri



Presidente Professor Doutor Artur Agostinho dos Santos Capelo Cardoso
Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Professor Doutor Jorge Miguel N. S. Cabral
Professor Auxiliar Departamento de Electrónica Industrial da Escola de Engenharia
da Universidade do Minho



Professor Doutor Joaquim Pontes Marques de Sá
Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de
Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

O autor declara que a presente dissertação (ou relatório de projecto) é da sua exclusiva autoria e foi escrita sem qualquer apoio externo não explicitamente autorizado. Os resultados, ideias, parágrafos, ou outros extractos tomados de ou inspirados em trabalhos de outros autores, e demais referências bibliográficas usadas, são correctamente citados.

Autor - Paulo Jorge Salgado de Sousa



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Resumo

O sistema Omniview-SisPorto® é uma central de monitorização fetal e de diagnóstico de sinais cardiotocográficos (CTG). O sistema permite a aquisição de vários traçados CTG. A aquisição é realizada através de monitores fetais, aos quais o sistema se liga.

Ao sistema Omniview-SisPorto® pretende-se acrescentar as funcionalidades únicas do monitor fetal STAN®, baseado em sinais electrocardiográficos (ECG). O Stan® S31™ é vocacionado para o intraparto e está equipado com todas as funcionalidades que normalmente se encontram num monitor fetal. O monitor STAN® introduz uma análise ST, que é baseada nas alterações na forma de onda do ECG fetal e providencia informação adicional do estado do diagnóstico e respectivos alarmes.

Abstract

The Omniview-SisPorto[®] system is a central monitoring station of cardiotocogram signals (CTG), with diagnostics capabilities. The system allows the acquisition of several CTG tracings. The acquisition is performed using fetal monitors, to which the system connects.

The intention is to add the unique features of the STAN[®] fetal monitor, based on electrocardiographic signals (ECG), to the Omniview-SisPorto[®] system. Stan[®] S31[™] is designed for the intrapartum and is equipped with all the features normally found in a fetal monitor. The STAN[®] monitor introduces an ST analysis, which is based on changes in waveform of the fetal ECG and provides additional information of their diagnostic status and alarms.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Marques de Sá, pelo apoio dado e pela introdução na área de bioengenharia, em particular no processamento de sinais electrocardiográficos e cardiotocográficos.

Ao Prof. Dr. Diogo Ayres de Campos, pelo apoio dado ao longo de todo o desenvolvimento do sistema Omniview-SisPorto®. Assim como, na validação clínica dos resultados obtidos pelo sistema.

A todos os colaboradores da Speculum - Artigos Médicos, Lisboa, pelo apoio no desenvolvimento e teste do sistema Omniview-SisPorto®.

À minha família por todo o apoio que me deram.

Índice

RESUMO	I
ABSTRACT	III
AGRADECIMENTOS	V
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABELAS	XV
ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	XVII
CAPITULO 1.....	1
INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - PROJECTO	1
1.2 - CARDIOTOCOGRAFIA	1
1.3 - SISTEMA OMNIVIEW-SISPORTO®	2
1.4 - SISTEMA STAN®	2
1.5 - OBJECTIVOS DA DISSERTAÇÃO	2
1.6 - PRINCIPAIS CONCLUSÕES.....	3
1.7 - ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
CAPITULO 2	5
FREQUÊNCIA CARDÍACA FETAL.....	5
2.1 - CARDIOTOCOGRAFIA	5
2.2 - CARDIOTOCOGRAMA - DIFICULDADE DE ANÁLISE	6
2.3 - ANÁLISE AUTOMATIZADA	7
CAPITULO 3.....	9
SISTEMA OMNIVIEW-SISPORTO®	9

3.1 - SISTEMA PORTO.....	9
3.2 - SISTEMA SISPORTO [®] 1.0.....	10
3.3 - SISTEMA SISPORTO [®] 2.0.....	11
3.4 - SISTEMA OMNIVIEW-SISPORTO [®] 3.0	12
CAPITULO 4	17
SISTEMA STAN[®]	17
4.1 - METODOLOGIA STAN [®]	17
4.2 - PROTOCOLO STAN [®]	19
4.2.1. Interface de comunicações	19
4.2.2. Formato das tramas de comunicações.....	19
4.2.3. Informação adquirida	20
CAPITULO 5	23
INTERFACE OMNIVIEW-SISPORTO[®] / STAN[®]	23
5.1 - INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS	24
5.2 - COMUNICAÇÕES RS232.....	28
5.3 - GESTÃO DE SINAL	39
5.4 - IDENTIFICAÇÃO EVENTOS ST.....	41
5.5 - COMUNICAÇÕES TCP-IP (SERVIDOR - CLIENTE)	42
5.6 - INTERFACE GRÁFICA.....	46
5.7 - IDENTIFICAÇÃO DA PARTURIENTE	47
CAPITULO 6	49
DIAGNÓSTICO	49
6.1 - NOVAS ROTINAS DE PROCESSAMENTO DE SINAL.....	49
6.1.1. Detecção de perda de sinal T/QRS	49
6.1.2. Detecção de monitorização do mesmo sinal.....	49
6.2 - ALERTAS.....	50
6.2.1. Descrição de alertas	50
6.2.2. Árvore de classificação	51
CAPITULO 7	55
CONCLUSÕES.....	55
ANEXO A	57
PROTOCOLO STAN[®]	57
A.1 - INTERFACE DE COMUNICAÇÕES	57
A.1.1. Formato das tramas de comunicações.....	58
A.1.2. Pacote C.....	59
A.1.3. Outros pacotes.....	64

ANEXO B	65
GRÁFICO E RELATÓRIO DE UM TRAÇADO.....	65
B.1 - GRÁFICO DO TRAÇADO	65
B.2 - RELATÓRIO DO TRAÇADO	74
REFERÊNCIAS	83

Lista de figuras

Figura 3.1 - Traçado cardiotocográfico analisado pelo Sistema Porto.....	9
Figura 3.2 - Traçado cardiotocográfico analisado pelo SisPorto® 1.0	10
Figura 3.3 - Traçado cardiotocográfico analisado pelo SisPorto 2.0 (Gêmeos)	11
Figura 3.4 - Janela de detalhes do servidor Omniview-SisPorto® 3.0	12
Figura 3.5 - Diagrama da arquitectura do Sistema Omniview-SisPorto® 3.0	14
Figura 3.6 - Traçados cardiotocográficos visualizados pelo Omniview-SisPorto® 3.0 (Janela de N - traçados Minimizados)	15
Figura 3.7 - Traçado cardiotocográfico analisado pelo Omniview-SisPorto® 3.0 (Janela de N - traçado Maximizado)	16
Figura 4.1 - Forma de onda do sinal EGC	18
Figura 4.2 - Complexo ECG médio e formas de ondas com tipo ST Bifásico	18
Figura 4.3 - Um CTG recolhido com o Stan® S31™	22
Figura 5.1 - Diagrama dos componentes principais do servidor Omniview-SisPorto®	25
Figura 5.2 - Diagrama dos componentes principais do cliente do Omniview-SisPorto®	26
Figura 5.3 - Pseudocódigo da rotina "Processar_Comunicacao"	29
Figura 5.4 - Fluxograma simplificado da rotina: Rotina "Processar_Comunicacao"	30
Figura 5.5 - Pseudocódigo da rotina "StartCommObj"	31
Figura 5.6- Fluxograma simplificado da rotina: Rotina de inicialização dos protocolos	32
Figura 5.7 - Pseudocódigo da rotina "Stan.IniComm"	33

Figura 5.8- Fluxograma simplificado da rotina da rotina "Stan.IniComm"	34
Figura 5.9 - Pseudocódigo da rotina "Stan.Aquisição"	35
Figura 5.10 - Fluxograma simplificado da rotina "Stan.Aquisição"	36
Figura 5.11 - Fluxograma simplificado da rotina "Stan_Processar_Buffer"	37
Figura 5.12 - Diagrama da máquina de estados para o protocolo STAN®	38
Figura 5.13 - Diagrama dos vectores em memória.....	39
Figura 5.14 -Aplicação de teste da rotina de reconhecimento dos eventos ST.....	41
Figura 5.15 - Nova gestão de comunicações servidor/cliente	42
Figura 5.16 - Modelo de transmissão de trama.....	43
Figura 5.17 - Formato da trama de transmissão	44
Figura 5.18 - Formato de um bloco de dados de sinal	45
Figura 5.19 - Exemplo da transmissão de vários blocos de sinal	45
Figura 5.20 - Exemplo gráfico	46
Figura 5.21 - Exemplo gráfico	46
Figura 5.22 - Janelas de resumo de eventos e diagnóstico	47
Figura A.1 - Informação transmitida pelo pacote do tipo C.....	59
Figura B.1 - Gráfico de um exame com dados Stan® [0:00 - 0:20]	65
Figura B.2 - Gráfico de um exame com dados Stan® [0:20 - 0:40]	66
Figura B.3 - Gráfico de um exame com dados Stan® [0:40 - 1:00]	66
Figura B.4 - Gráfico de um exame com dados Stan® [1:00 - 1:20]	67
Figura B.5 - Gráfico de um exame com dados Stan® [1:20 - 1:40]	67
Figura B.6 - Gráfico de um exame com dados Stan® [1:40 - 2:00]	68
Figura B.7 - Gráfico de um exame com dados Stan® [2:00 - 2:20]	68
Figura B.8 - Gráfico de um exame com dados Stan® [2:20 - 2:40]	69
Figura B.9 - Gráfico de um exame com dados Stan® [2:40 - 3:00]	69
Figura B.10 - Gráfico de um exame com dados Stan® [3:00 - 3:20].....	70

Figura B.11 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [3:20 - 3:40]	70
Figura B.12 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [3:40 - 4:00]	71
Figura B.13 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [4:00 - 4:20]	71
Figura B.14 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [4:20 - 4:40]	72
Figura B.15 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [4:40 - 5:00]	72
Figura B.16 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [5:00 - 5:20]	73
Figura B.17 - Gráfico de um exame com dados Stan [®] [5:20 - 5:31]	73
Figura B.18 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 1]	74
Figura B.19 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 2]	75
Figura B.20 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 3]	76
Figura B.21 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 4]	77
Figura B.22 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 5]	78
Figura B.23 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 6]	79
Figura B.24 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 7]	80
Figura B.25 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 8]	81
Figura B.26 - Relatório de um exame com dados Stan [®] [Página 9]	82

Lista de tabelas

Tabela 3.1 - Serviços com o Omniview-SisPorto® em uso clínico	13
Tabela 4.1- Estrutura da trama de comunicações	19
Tabela 4.2 - Bytes especiais	20
Tabela 4.3 - Características da implementação do CRC (checksum)	20
Tabela 4.4 - Resumo dos pacotes mais importantes do protocolo	21
Tabela 5.1 - Tarefas a resolver na integração Omniview-SisPorto® / Stan®	27
Tabela 5.2 - Vectores fixos á base de tempo	40
Tabela 5.3 - Vectores indexados á base de tempo	40
Tabela 5.4 - Eventos ST (Português).....	41
Tabela 5.5 - Número e período de repetições por tipo de trama	44
Tabela A.1- Estrutura da trama de comunicações	58
Tabela A.2 - Bytes especiais	58
Tabela A.3 - Características da implementação do CRC (checksum)	58
Tabela A.4 - Codificação do campo "Status"	60
Tabela A.5 - Armazenamento da Frequência cardíaca, Contrações uterinas e FSpO2	61
Tabela A.6 - Codificação da frequência cardíaca 1 (HR1)	61
Tabela A.7 - Codificação da segunda frequência cardíaca (HR2) e da frequência cardíaca materna (MHR).....	61

Tabela A.8 - Codificação das contracções uterinas	62
Tabela A.9 - Codificação do tipo de frequência cardíaca	62
Tabela A.10 - Codificação do tipo contracções uterinas	63
Tabela A.11 - Codificação de FSpO ₂	63

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

aLTV	Variabilidade longa anormal
aSTV	Variabilidade curta anormal
bmp	Batimentos por minuto (<i>beats per minute</i>)
CRC	Verificação de redundância cíclica (<i>Cyclic redundancy checksum</i>)
CTG	Cardiotocograma (<i>Cardiotocogram</i>)
ECG	Electrocardiograma
FECG	Electrocardiograma fetal
FHR	Frequência cardíaca fetal (<i>Fetal heart rate</i>)
FM	Monitor fetal (<i>Fetal monitor</i>)
MSB	Byte mais significativo (<i>Most significant byte</i>)
QRS	O complexo QRS é o nome de alguns dos desvios presentes em um electrocardiograma típico (ECG)
SNR	Razão sinal ruído

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Projecto

O objectivo do projecto é o desenvolvimento e validação de uma interface entre o sistema Omniview-SisPorto® e o sistema Stan®.

A interface permite a integração da análise de forma de onda dos sinais electrocardiográficos fetais (FECG) obtidos pelo sistema Stan®, na análise automatizada realizada pelo sistema Omniview-SisPorto®.

O objectivo final é o de melhorar a sensibilidade e especificidade das rotinas de diagnóstico, em particular na monitorização durante o intraparto.

1.2 - Cardiotocografia

A cardiotocografia permite a análise simultânea da frequência cardíaca fetal (FHR), dos movimentos fetais e as contracções uterinas. Presentemente a sua utilização está generalizada nos países industrializados.

Os sinais CTG são reconhecidamente difíceis de analisar. As limitações inerentes à visão humana, dificultam a análise visual de parâmetros como a variabilidade. É de referir também, a dificuldades em obter um consenso entre os profissionais de saúde na análise de parâmetros cardiotocográficos, como por exemplo a determinação da linha de base, classificação de acelerações e de desacelerações. Existem também, problemas de reprodutibilidade e sistematização na leitura e análise de traçados cardiotocográficos, mesmo quando por clínicos experientes.

O desenvolvimento de sistemas de análise automatizado têm como objectivo tentar diminuir ou eliminar algumas das dificuldades e ambiguidades da análise visual dos traçados cardiotocográficos. A utilização de processamento digital de sinal e de rotinas de decisão

permitem uma análise de cardiogramas com resultados reprodutíveis.

1.3 - Sistema Omniview-SisPorto®.

O sistema Omniview-SisPorto® foi desenvolvido para funcionar como uma central de monitorização fetal; utiliza para isso uma arquitectura cliente/servidor.

O servidor do sistema permite a detecção automática dos exames CTG e funciona como repositório de informação do exame.

O cliente do sistema permite a visualização dos diversos exames, que podem estar a ser adquiridos por mais do que um servidor. Uma das funções principais do cliente, é a de realizar o diagnóstico e apresentar uma classificação e se for caso disso dar um alerta visual e sonoro aos profissionais de saúde.

1.4 - Sistema Stan®

O sistema Stan® é vocacionado para o intraparto e está equipado com todas as funcionalidades que normalmente se encontram num monitor fetal

O monitor STAN® introduz uma análise ST, que é baseada nas alterações na forma de onda do electrocardiograma fetal e providencia informação adicional do estado dos fetos durante o parto, como um adicional aos sinais CTG (Sundström, et al., 2000).

1.5 - Objectivos da dissertação

Os principais objectivos do projecto que levaram a esta dissertação, foram o desenvolvimento de uma interface entre sistema Omniview-SisPorto® e o sistema Stan®, para uma optimização do diagnóstico. Para isso foram estabelecidas diversas etapas:

- Criar uma interface de comunicações série com o aparelho Stan®;
- Processar os dados recebidos do Stan®;
- Identificar os tipos de eventos do segmento ST, enviados pelo Stan®;
- Adicionar os novos sinais à estrutura de dados do sistema Omniview-SisPorto®;
- Adicionar os novos sinais aos ficheiros SPM, do sistema Omniview-SisPorto®;
- Alterar as comunicações TCP/IP, entre o servidor e o cliente, para transmissão dos novos sinais;
- Modificar as rotinas de processamento digital de sinal para sinais T/QRS e eventos ST;
- Modificar a classificação efectuada pela rotina de diagnóstico, para ter em consideração os sinais T/QRS e eventos ST;
- Adicionar à interface gráfica do cliente Omniview-SisPorto® os novos sinais T/QRS, eventos ST e os vários tipos de dados maternos.
- Adicionar ao relatório impresso pelo sistema Omniview-SisPorto® os novos sinais

T/QRS, eventos ST e dados maternos; assim como uma lista com a descrição dos eventos ST e dados maternos;

- Partilhar a identificação da parturiente entre os dois sistemas.

1.6 - Principais conclusões

A análise efectuada pelo sistema Omniview-SisPorto® 3.5, em conjugação com os dados adicionais enviados pelo sistema Stan®, permite uma melhor identificação de fetos em perigo de hipóxia, assim como uma maior segurança nas situações em que não é necessário nenhuma intervenção.

1.7 - Estrutura da dissertação

No segundo capítulo, resume-se os métodos utilizados na aquisição e avaliação da frequência cardíaca fetal, desde os seus primórdios até ao dias de hoje.

No terceiro capítulo, descreve-se o desenvolvimento do sistema Omniview-SisPorto®, desde a versão original até à versão actual.

No quarto capítulo, descreve-se o desenvolvimento do sistema Stan®, e da metodologia introduzida na interpretação da frequência cardíaca fetal.

No quinto capítulo, apresenta-se os métodos e os resultados da implementação da interface Omniview-SisPorto® e o sistema Stan®.

No sexto capítulo, descreve-se as alterações às rotinas de diagnóstico, para terem em conta os novos sinais Stan®.

No sétimo capítulo, apresenta-se as considerações finais e as conclusões da dissertação.

Capítulo 2

Frequência cardíaca fetal

Uma das primeiras referências da ligação dos sons fetais à frequência cardíaca fetal, é da primeira metade do século XVIII, por um médico francês Marsac. Ao utilizar o estetoscópio para tentar ouvir o ruído produzido no líquido amniótico pelos movimentos fetais, ouviu um som que o fazia lembrar o tique-taque de um relógio, depois de algumas tentativas chegou à conclusão que estava a ouvir o batimento cardíaco do feto, com uma frequência de batimento de 143-148 por minuto (Gultekin-Zootzmann, 1975).

Mas só em 1821, com Kergaradec, é que se pode falar da auscultação obstétrica com o objectivo de monitorização fetal. Esta noção, leva que o feto deixe de ser considerado um passageiro, para passar a ser encarado como um paciente e como tal merecedor de atenção e cuidados especiais, diferentes dos que eram prestados à mãe (Gultekin-Zootzmann, 1975).

Durante o século XIX a auscultação fetal, directamente no abdómen materno ou utilizando diversos tipos de estetoscópios entretanto desenvolvidos, tornou-se prática comum nos países da Europa central.

Os primeiros registos da frequência cardíaca fetal, usando um microfone colocado no abdómen materno, foram obtidos em 1891 (Gultekin-Zootzmann, 1975). Novas técnicas como a fonocardiografia, electrocardiografia e ultra-sonografia levaram a um aumento da qualidade dos registos contínuos da frequência cardíaca fetal.

2.1 - Cardiotocografia

A cardiotocografia permite a análise simultânea da frequência cardíaca fetal (FHR), dos movimentos fetais e as contracções uterinas, sendo uma técnica que foi introduzida em prática clínica em meados dos anos 60 do século passado.

Com a comercialização do Hewlett-Packard® 8020A em 1974, foi introduzido na prática clínica a electrocardiografia fetal. Na electrocardiografia fetal utilizam-se detectores

colocados no abdómen materno; através deste método obtém-se a frequência cardíaca fetal (FHR) pela medição dos intervalos entre as onda 'R' do electrocardiograma fetal (Campos, 2001). Esta técnica foi descrita pela primeira vez por Cremer em 1906 (Gultekin-Zootzmann, 1975).

A ultra-sonografia *Doppler* aplicada na determinação da frequência cardíaca fetal foi apresentada pela primeira vez em 1964 (Callagan, et al., 1964). Como o nome indica, o método baseia-se na utilização de ultra-sons, que ao incidirem sobre um objecto em movimento são reflectidos com frequências alteradas, que são susceptível de ser detectáveis. Devido aos resultados apresentados, em particular após as 26-28 semanas de gestação, foi rapidamente incorporado nos aparelhos comerciais. Os sinais de frequência cardíaca fetal, obtidos pelo método de ultra-sonografia *Doppler*, são menos precisos do que por electrocardiografia; para minimizar o problema foram introduzidos novos aparelhos, chamados de segunda geração.

O desenvolvimento de microprocessadores mais rápidos, permitiu uma utilização mais eficiente de processamento digital de sinal e em conjugação com a utilização de um feixe ultra-sónico alargado; permite a aplicação de técnicas de processamento mais elaboradas aos sinais de frequência cardíaca fetal. Em particular, permite a utilização da função de autocorrelação em segmentos de sinais previamente adquiridos, o que permite a detecção de secções de sinal semelhantes, com a finalidade de obter uma melhor determinação da frequência cardíaca fetal. Por este método, consegue-se obter traçados de frequência cardíaca fetal com menos perda de sinal (Dawes, et al., 1985) e visualmente mais semelhantes aos sinais adquiridos por electrocardiografia (Brown, et al., 1982). Actualmente, ainda é a técnica mais utilizada para a monitorização em cardiotocografia (FIGO, 1997) (Campos, 2001).

Com o desenvolvimento da electrocardiografia interna (Gultekin-Zootzmann, 1975), que consiste em utilizar um eléctrodo colocado directamente no feto, resulta um método mais preciso de avaliação da frequência cardíaca fetal. Em particular, na avaliação da duração do intervalo entre batimentos cardíacos, uma vez que o intervalo é determinado pela análise das ondas 'R' dos complexos QRS. Esta técnica leva também a uma menor interferência de sinais de origem materna.

2.2 - Cardiotocograma - dificuldade de análise

É conhecida a dificuldade de análise dos sinais cardiotocográficos (CTG), o que leva a que as análises visuais apresentem uma baixa reprodutibilidade.

As limitações inerentes à visão humana, dificultam a análise visual de parâmetros como a variabilidade a curto e longo prazo do FHR. Outros parâmetros como a determinação da linha de base, classificação de acelerações e de desacelerações levantam dificuldades de aplicabilidade, assim como o de obter um consenso entre os profissionais de saúde. Levanta-se também problemas de sistematização na leitura e análise dos traçados cardiotocográficos.

Quando utilizado no intraparto, aumenta significativamente o desafio de uma correcta avaliação do bem estar do feto.

Apesar da generalização do uso da cardiotocografia (CTG), esta tem uma sensibilidade baixa e uma taxa elevada de falsos positivos, o que leva a intervenções obstétricas desnecessárias, elevando assim o risco para a paciente e para o feto.

2.3 - Análise automatizada

O desenvolvimento de sistemas de análise automatizado tem como objectivo tentar diminuir ou eliminar algumas das dificuldades e ambiguidades da análise visual dos traçados cardiotocográficos. A utilização de processamento digital de sinal e de rotinas de decisão permitem uma análise de cardiotocogramas com resultados reprodutíveis. Permite também, a análise de parâmetros de difícil quantificação pela visão humana, a variabilidade curta e a variabilidade longa. Uma outra facilidade introduzida pela utilização de sistemas computadorizados é a criação de repositórios de informação, seja informação de exames CTG realizados, ou informação das parturientes. Todos estes aspectos constituem uma mais valia para efeitos clínicos e de investigação (Campos, 2001).

Capítulo 3

Sistema Omniview-SisPorto®

O sistema Omniview-SisPorto® começou a ser desenvolvido em 1987, numa colaboração entre a Faculdade de Medicina da Universidade do Porto e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, e mais tarde com o Instituto de Engenharia Biomédica (INEB).

3.1 - Sistema Porto

Uma das primeiras tentativas de uma análise automatizada de cardiogramas, foi iniciada em 1987 (Moura, et al., 1988) e passou a ser conhecido como 'Sistema Porto' em 1991 (Bernardes, et al., 1991).

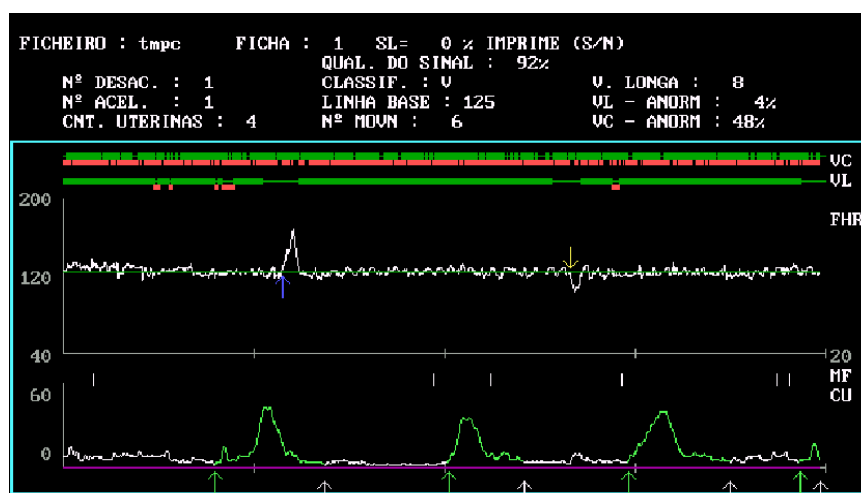


Figura 3.1 - Traçado cardiocardiográfico analisado pelo Sistema Porto

Na altura, não existia nenhum sistema de análise automatizada do cardiocograma comercializado.

O programa utilizava algoritmos de processamento de sinal, sem necessidade de reduzir a sua resolução, em concordância com os critérios de interpretação propostos pela Federação Internacional de Ginecologia e Obstetrícia (FIGO, et al., 1987). O programa permitia a aquisição e análise de sinais CTG no anteparto e no intraparto. Os sinais eram adquiridos através dos cardiocógrafos Toitu MT810-B (Figura 3.1), e tinham uma duração de 20 minutos.

3.2 - Sistema SisPorto® 1.0

O SisPorto® 1.0 foi criado para funcionar dentro do ambiente Windows®, e dar ao utilizador uma interface mais amigável, isto permitia uma melhor utilização do sistema na prática clínica (Figura 3.2).

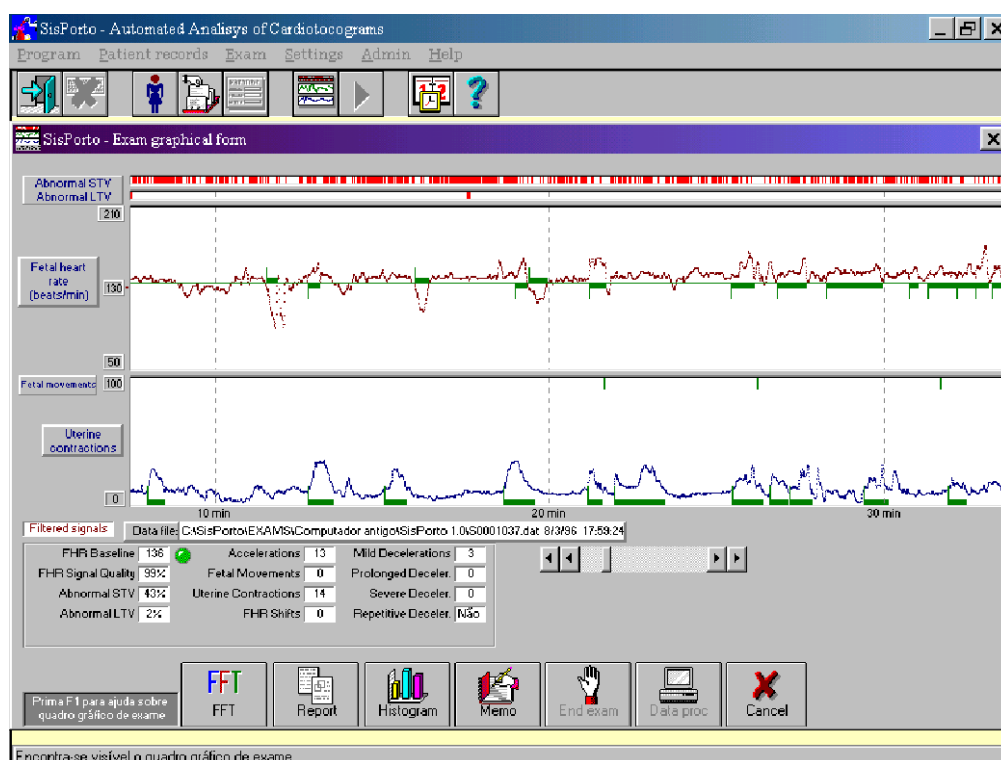


Figura 3.2 - Traçado cardiocográfico analisado pelo SisPorto® 1.0

A aquisição e visualização de traçados cardiocográficos foi alargada para 60 minutos; para o efeito, foi necessário modificar a gestão de informação, os ficheiros de exames, as

impressões dos traçados e a base de dados.

Passou a ser possível a aquisição de sinais digitais dos cardiotocógrafos Sonicaid Meriden® 800 (Marques-de-Sá, et al., 1996), através de um protocolo série específico ao aparelho.

3.3 - Sistema SisPorto® 2.0

O SisPorto® 2.0 começou a ser desenvolvido em meados da década de 1990; nesta versão, foram introduzidas algumas alterações, sendo a mais importantes, o dispor de uma base de tempo contínuo e a possibilidade de processar gémeos (Figura 3.3). Tal implicou a reformulação de muitas das rotinas de processamento digital de sinal e das rotinas de classificação.

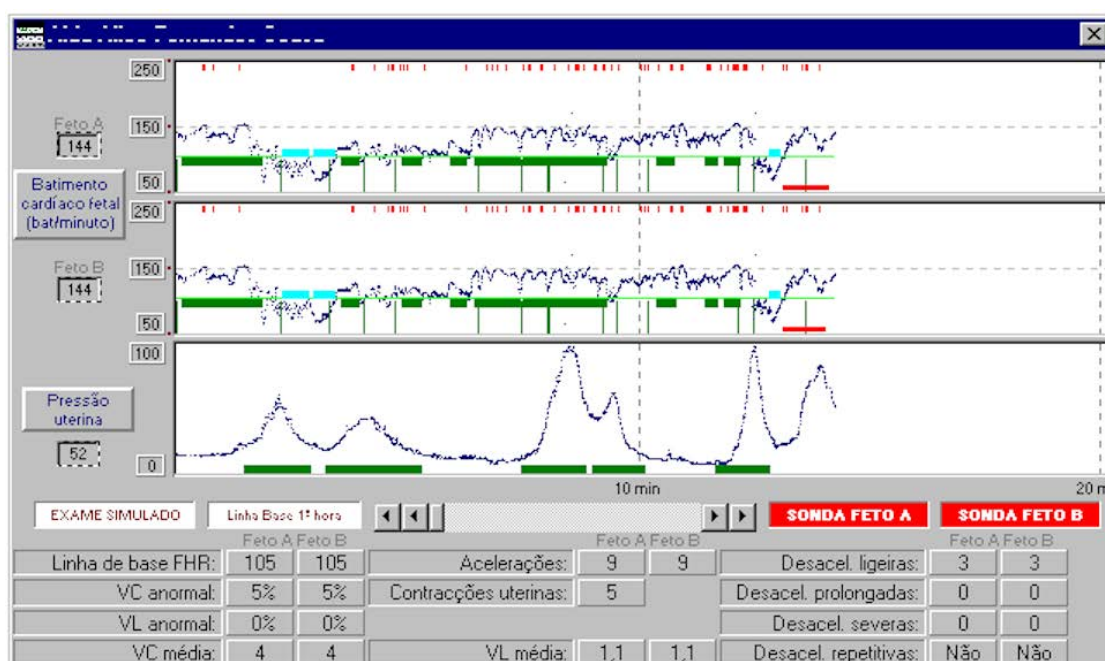


Figura 3.3 - Traçado cardiotocográfico analisado pelo SisPorto 2.0 (Gémeos)

O sistema passou a poder conectar-se com dois dos principais modelos de cardiotocógrafos existentes na altura, os modelos das marcas Hewlett-Packard® e Sonicaid®.

O SisPorto® 2.0 foi criado, com o objectivo principal de servir de base a um estudo, que abrangia 13 centros Europeu e um Australiano, com a finalidade de efectuar uma avaliação alargada da validade das rotinas de diagnóstico.

3.4 - Sistema Omniview-SisPorto® 3.0

Devido às limitações inerentes aos diversos sistemas anteriormente desenvolvidos, — tais como, a necessidade de um computador para cada monitor cardiocógrafos, a existência de um único local para visualização do traçado em aquisição e a necessidade de intervenção humana para arrancar e terminar a aquisição de traçado, — chegou-se à conclusão, de que era necessário um novo sistema de aquisição e visualização, com uma arquitectura diferente, e mais automatizada. Isto, para se pode tirar totalmente partido da experiencia adquirida nos sistemas anteriores, em particular da validação do SisPorto 2.0.

Para o efeito foi desenvolvido a versão SisPorto 3.0, que teria uma arquitectura cliente/servidor. O nome do sistema foi depois alterado para Omniview-SisPorto® 3.0, aquando da sua comercialização pela Speculum - Artigos Médicos, SA, uma empresa de Lisboa.

A arquitectura do sistema Omniview-SisPorto® 3.0 (Figura 3.5) foi desenvolvida de maneira a permitir um ou mais servidores, cada um a efectuar aquisições em modo contínuo e permanente, sem necessidade de intervenção humana (Figura 3.4). O sistema também permite a visualização dos traçados CTG, que estão em aquisição, pelos diversos clientes presentes na rede.

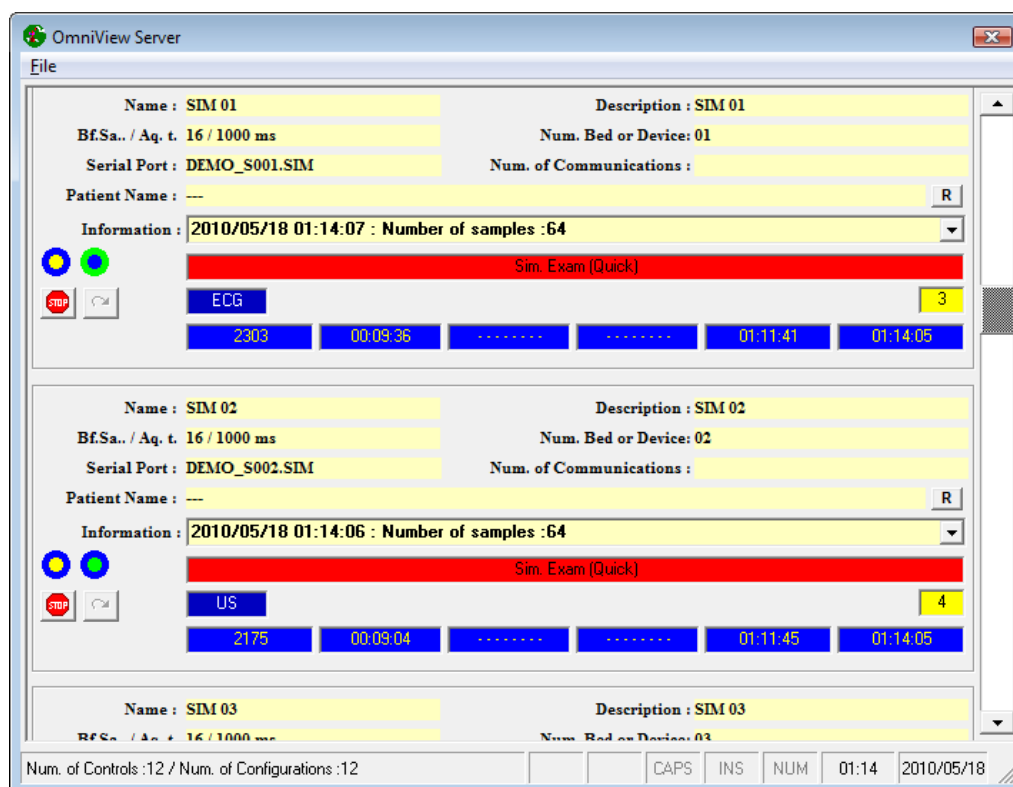


Figura 3.4 - Janela de detalhes do servidor Omniview-SisPorto® 3.0

O servidor Omniview-SisPorto® 3.0, tem como funções principais a detecção automática do início e fim de traçados cardiocardiográficos, guardar o ficheiro e disponibilizar os sinais adquiridos aos clientes. O sistema implementa um repositório global de traçados CTG, que pode ser um servidor FTP ou um simples directório. Ao mesmo tempo efectua um registo numa base de dados, de toda a informação relevante sobre o traçado e a identificação das parturientes. Permite também a ligação ao sistema de informação hospitalar, para efeitos de pesquisa da parturiente e de registo dos exames.

O sistema Omniview-SisPorto® encontra-se instalado e em utilização na prática clínica em vários serviços de saúde de obstetrícia (Tabela 3.1). Existem outras instalações, — por exemplo, Lorient, França; Universidade de Basel, Suíça; entre outros; — para fins de investigação ou ainda para realização de avaliação do produto.

Tabela 3.1 - Serviços com o Omniview-SisPorto® em uso clínico

País	Serviço de Saúde
Dinamarca	Odense University Hospital
Holanda	Máxima Medisch Centrum, Eindhoven
Reino Unido	Royal London, London Glan Clwyd Hospital, Rhyl - Denbighshire Ninewells Hospital, Dundee Cardiff Hospital, Cardiff ST. George's Hospital, London
Israel	Hadassah Jerusalem
Portugal	Hospital São João, Porto Maternidade Dr. Alfredo Costa, Lisboa Centro Hospitalar Gaia Hospital S. Marcos, Braga Hospital Cruz Carvalho, S.R.S. Funchal Hospital Sto. André, Leiria Hospital S. Sebastião, E.P.E. - Santa Maria da Feira Centro Hospitalar Setúbal CLISA - Clínica de Santo António SA, Reboleira Hospital Infante D. Pedro , Aveiro Centro Hospitalar Caldas da Rainha Hospital de Faro Hospital de Coimbra HPP Boavista, Porto Cuf, Porto - Grupo Mello Saúde Hospital Espírito Santo, E.P.E, Évora

A comunicação entre os cliente e os servidores, utiliza diversas ligações TCP/IP. É de

realçar que um cliente pode efectuar ligações a mais do que um servidor (Figura 3.5), e que os servidores podem estar em redes diferentes, ou mesmo em locais geográficos diferentes.

Neste caso, é necessário implementar uma infra-estrutura que permita a ligação aos diversos locais, como por exemplo uma rede privada virtual (VPN).

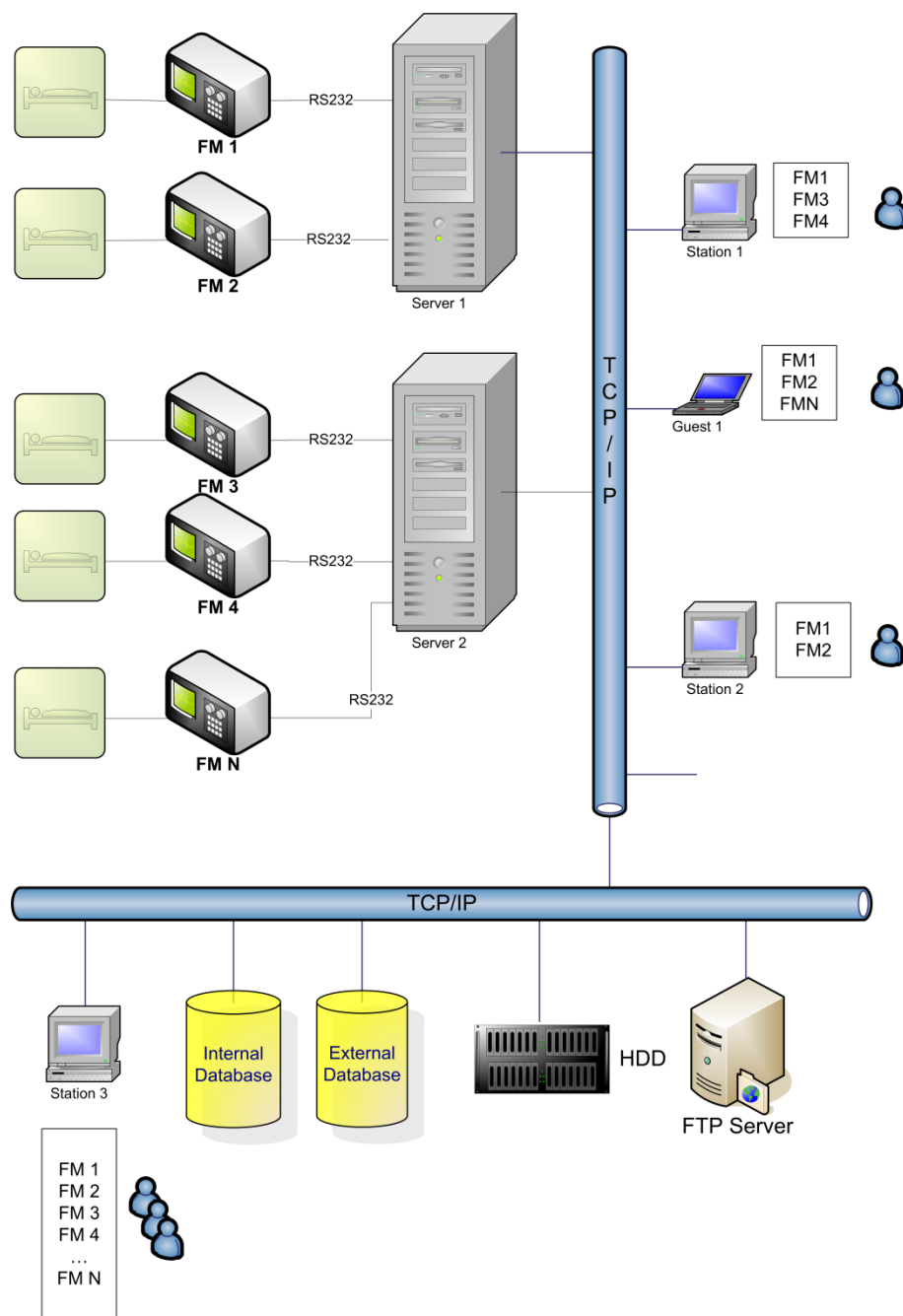


Figura 3.5 - Diagrama da arquitectura do Sistema Omniview-SisPorto® 3.0

Os postos de visualização são computadores onde o programa Omniview-SisPorto® 3.0 Cliente está instalado.

O cliente tem diversos modos de apresentação dos traçados, mas a mais utilizada é a 'Janela de N' (Figura 3.6). A principal razão é o facto de a janela redimensionar o espaço disponível para acomodar o número de exames que estão a decorrer, e efectuar esta acção sempre que recebe a informação de que um novo exame arrancou num dos servidores.

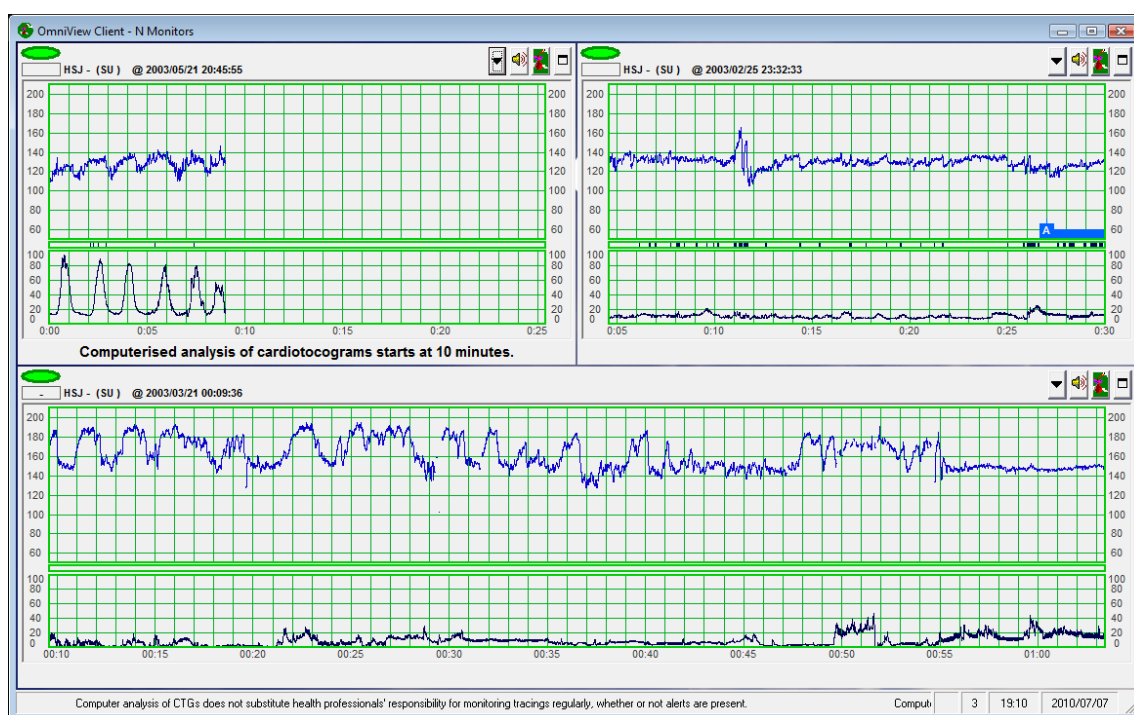


Figura 3.6 - Traçados cardiocardiográficos visualizados pelo Omniview-SisPorto® 3.0 (Janela de N - traçados Minimizados)

O sistema passou a permitir traçados de duração variável, o que implicou uma nova reformulação das rotinas de processamento de sinal e de classificação (diagnóstico), tendo em atenção os apontadores para vectores com crescimento dinâmico, mas principalmente em termos de velocidade. Para exames superiores a três/cinco horas, verificava-se a existência de um impacto na performance do sistema. Foi por isso necessário otimizar grande parte das rotinas do sistema e de criar novas rotinas de processamento de sinal, para lidar com sinais de duração elevada, como por exemplo, uma nova rotina para determinar a linha de base, uma vez que para exames de grande duração está já não pode ser aproximada pela linha basal. Estas optimizações, permitirem que, um exame de cerca de 18 horas tenha um tempo de execução do diagnóstico de menos de 10 segundos, isto num processamento completo em modo off-line, e de 2 a 4 segundos num processamento em modo on-line (em modo de

aquisição real).

Um traçado tem dois modos de visualização, um minimizado (Figura 3.6) que apresenta os sinais adquiridos e informação de alerta, se esta existir. O segundo modo de visualização é modo maximizado (Figura 3.7), e este permite ver para além da sinal, o resultado do processamento e a sua classificação. Apresenta no seu gráfico barras com a informação de correspondente á determinação de acelerações, desacelerações, variabilidade curta e longa, linha de base e contrações uterinas. Também apresenta um lista de valores numéricos referentes á última hora de sinal.

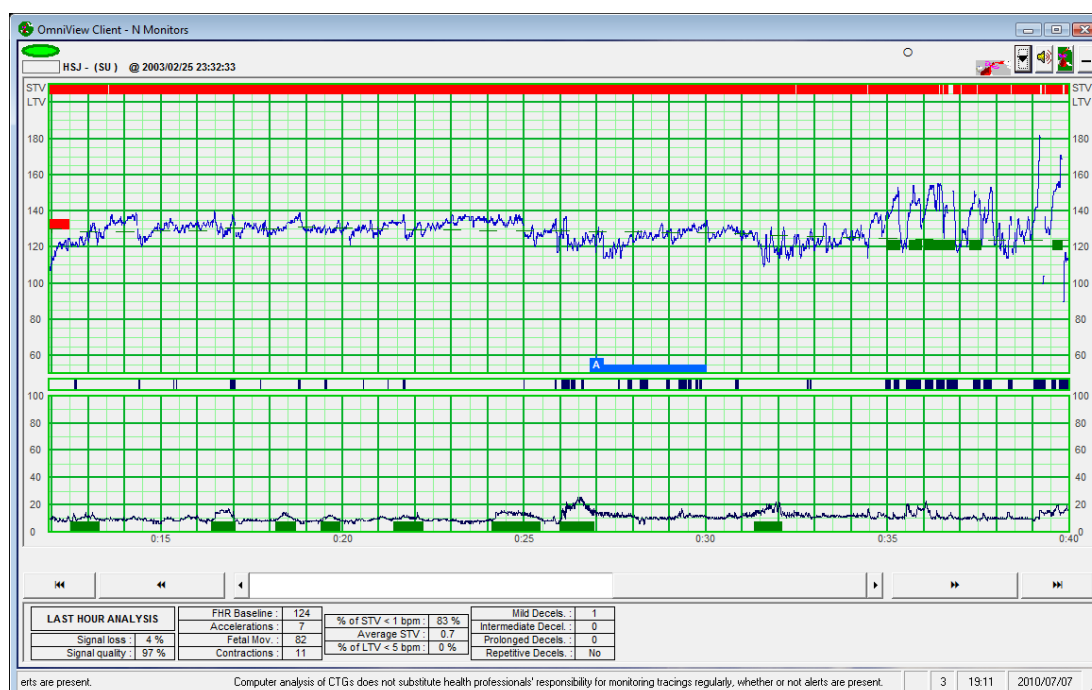


Figura 3.7 - Traçado cardiocotográfico analisado pelo Omniview-SisPorto® 3.0 (Janela de N - traçado Maximizado)

O cliente efectua o processamento dos cardiocotogramas e apresenta uma classificação, e se necessário dá um alerta, assim como informação sobre os diversos parâmetros determinados (Figura 3.7). Também apresenta um conjunto de resultados numéricos sobre a última hora de sinal.

O cliente implementa também toda a interface com o utilizador, desde a identificação da parturiente, interface com bases de dados, sistemas de informação hospitalar e com o repositório de exames CTG.

Capítulo 4

Sistema Stan®

Desde o início da segunda metade do século XX, que se acredita que a análise da forma do segmento ST e da onda T do FECG, podem revelar características importantes na detecção do mal-estar fetal. Nas décadas seguintes, muitas das dificuldades técnicas na aquisição e análise dos sinais FECG, foram ultrapassados. Com o desenvolvimento dos microprocessadores e com introdução de uma média computadorizada do sinal FECG, conseguiu-se uma melhor relação SNR. Isto, permitiu efectuar um processamento digital sobre o sinal, e calcular as suas características.

4.1 - Metodologia Stan®

Em meados da década 1980, com o desenvolvimento do monitor fetal Stan® S-31 (Neoventa, Suécia), passou-se a dispor de um sistema de análise automatizada da forma de onda do FECG.

No fim do século passado a metodologia Stan® passou a estar disponível na prática clínica. A metodologia STAN® é baseado em uma interpretação integrada da análise visual do CTG e análise automatizada de ondas ST do FECG.

Ela está associada a uma melhor identificação de fetos em risco de hipóxia e menos partos cirúrgicos, quando comparado com CTG isolada. Durante a hipóxia, o intervalo ST do ECG fetal é afectado, indicando se o feto sofre de deficiência de oxigénio.

Para obter o ECG fetal é necessário utilizar uma sonda colocada na escalpe do feto. O ECG é um reflexo das correntes eléctricas geradas pelo músculo cardíaco, o miocárdio. A primeira forma de onda, a onda P, corresponde à contracção dos átrios. A próxima fase é a contracção dos ventrículos, o que corresponde ao complexo QRS. O último componente da onda é a onda T, que corresponde à regeneração dos potenciais de membrana do miocárdio

como o coração se prepara para a próxima batida. O complexo QRS é muito robusto e é ideal para a gravação precisos da frequência cardíaca. Ao registrar o tempo entre dois batimentos cardíacos consecutivos, o intervalo RR, a frequência cardíaca fetal pode ser achado.

Um monitor CTG vulgar só utiliza esta parte do ECG. O sistema STAN® combina a duração do intervalo RR (Figura 4.1) com a avaliação de alterações no segmento ST. A relação entre a altura da onda T e amplitude do QRS nos fornece a razão T / QRS (Figura 4.1), que serve como uma medida precisa das alterações na altura de onda T (Sundström, et al., 2000).

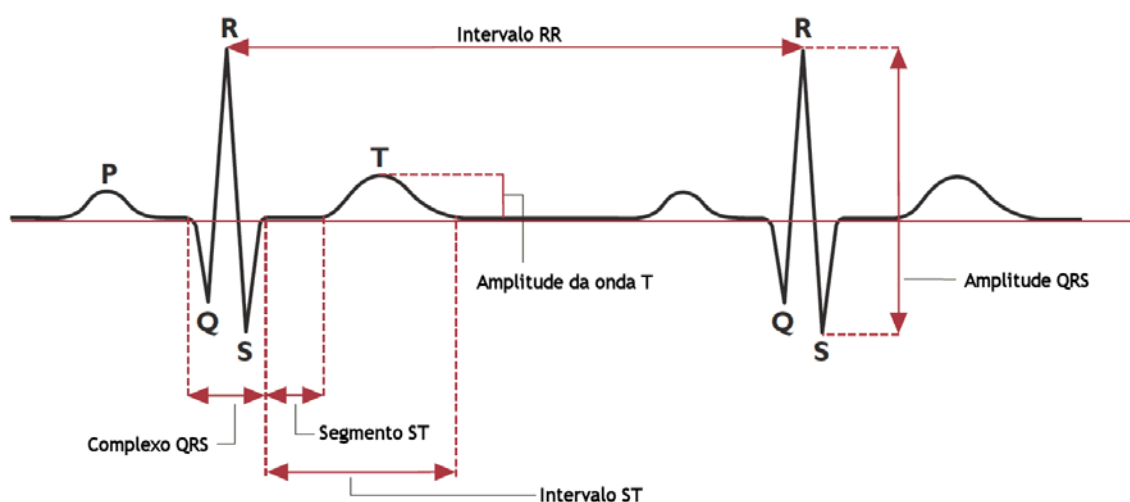


Figura 4.1 - Forma de onda do sinal ECG

Com a aquisição de 30 complexos ECG fetal cria-se uma onda média do ECG fetal (Figura 4.2). A partir da onda média ECG, pode-se calcular a razão T/QRS e analisar o segmento ST, assim como identificar se a onda é do tipo ST Bifásico e o seu grau (Figura 4.2).

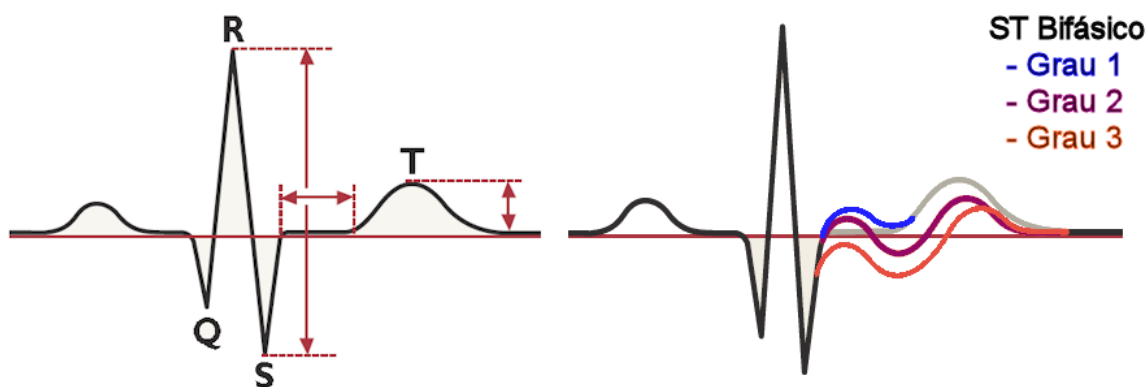


Figura 4.2 - Complexo ECG médio e formas de ondas com tipo ST Bifásico

Se a frequência cardíaca for de 120 bpm e a qualidade do sinal for boa, existem quatro medidas ST por minuto.

4.2 - Protocolo STAN®

Com a ajuda da Speculum - Artigos Médicos, SA, foram efectuados contactos com o fabricante do monitor fetal, a Neoventa Medical AB, da Suécia, para o fornecimento do protocolo de comunicações.

O protocolo foi fornecido, mas com o acordo de manter o seu conteúdo confidencial (Neoventa Medical, 2006).

Pode-se no entanto, fazer algumas considerações sobre o protocolo, em particular o que é de conhecimento público.

4.2.1. Interface de comunicações

A comunicação com o monitor fetal Stan® é efectuada através de uma comunicação série do tipo RS232-C, a uma velocidade de 1200 *baud*, sem paridade e com 1 *start* bit, 8 bits de dados e 1 *stop* bit.

A comunicação é efectuada nos dois sentidos, e os dados são enviados em pacotes dentro de tramas de dados. As tramas são constituídas por uma sequência inicial, um tipo de pacote, a informação a transmitir, uma sequência final e terminando com um checksum de 16-bits. Quando se transmite uma palavra (*word*) o byte mais significativo (MSB) é sempre enviado em primeiro lugar.

Tramas com sequências iniciais erradas, erros de checksum ou de tipo de pacote desconhecido devem ser ignoradas. Não existe um mecanismo que permita a retransmissão pelo monitor fetal Stan® de pacotes de dados perdidos. No entanto, para pacotes essenciais do Stan® existe um contador que permite detectar se algum destes pacotes foi perdido.

A existência de um contador de pacotes é uma importante diferença dos protocolos padrões na indústria de monitorização de CTGs e permite uma melhor vigilância sobre a qualidade e fiabilidade dos dados adquiridos.

4.2.2. Formato das tramas de comunicações

Todas as tramas necessárias para implementar o protocolo têm sempre o mesmo formato, a menos do tipo pacote e dos dados transmitidos (Tabela 4.1). As tramas começam sempre com dois bytes [DLE, STX], e terminam com dois bytes [DLE, ETX] seguidos de dois bytes de CRC16 (Tabela 4.3).

Tabela 4.1- Estrutura da trama de comunicações

<DLE>	<STX>	<TIPO>	<Dados>	<DLE>	<ETX>	<CRC>	<CRC>
Início de Trama		Tipo de trama	Informação a transmitir	Fim de trama		CCITT CRC	

Os bytes especiais são usados para determinar o início e fim de uma trama, em particular o byte DLE (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 - Bytes especiais

Byte	HEX	Descrição
DLE	10h	Data linkage escape
STX	02h	Início do Texto
ETX	03h	Fim do Texto

Para garantir que não existe problemas na recepção das tramas é necessária uma regra para as situações em que ocorrer um DLE no meio de pacotes de dados. Neste caso, o protocolo especifica que o valor deve ser substituído por [DLE, DLE], isto é, efectuar *bit stuffing*. O que permite efectuar a distinção entre as sequências [DLE, STX] e [DEL, ETX]. As rotinas que processam o envio e recepção de tramas têm de ter em atenção a possibilidade da existência de um DLE na trama.

No fim de cada trama existem dois bytes de CRC (16-bit CRC) (Tabela 4.3), para verificação da integridade dos dados transmitidos. Existem diversos tipos de implementações de CRC, mas o que é utilizado pelo protocolo Stan® é conhecido por XMODEM ou ZMODEM.

Tabela 4.3 - Características da implementação do CRC (checksum)

Tamanho	16 bits
Polinómio	1021h
Valor inicial	0000h
Enchimento (<i>Padding</i>)	Sim (16 bits no fim)

4.2.3. Informação adquirida

No protocolo estão definidos diversos tipos de pacotes de comando, de informação e de dados. Destes pacotes, os mais importantes são os que contêm os dados CTG, os dados ST (T/QRS rácios) e os Eventos ST (Tabela 4.4).

O pacote CTG (pacote C) contém diversos tipos de dados, como a frequência cardíaca de um ou dois fetos, as contracções uterinas, a frequência cardíaca materna e um conjunto de dados de informação de estado do monitor.

O pacote de "Dados ST" transmite informação sobre a rácios entre a onda 'T' e as ondas 'QRS', o que fornece uma medição precisa da alteração da altura da onda 'T', assim com o formato da onda 'T'. Também é transmitido o valor que indica se a onda é do tipo, ST bifásico

e o seu grau (Figura 4.2).

Em relação ao pacote "Eventos ST", este transmite informação sobre alterações significativas dos rácios T/QRS, assim como o tipo de alteração (Sundström, et al., 2000).

Tabela 4.4 - Resumo dos pacotes mais importantes do protocolo

Tipo de Pacote	Dados
CTG	Tipo de sondas activas Qualidade de sinal 4 amostras de frequência cardíaca fetal, sonda 1 (FHR1) 4 amostras de frequência cardíaca fetal, sonda 2 (FHR2) 4 amostras de contracções uterinas (UC) 4 amostras dos movimentos fetais (FM) 4 amostras de frequência cardíaca materna (MHR) Saturação oxigénio fetal (FSpO ₂)
Dados ST	T/QRS rácios Valor bifásico Status
Eventos ST	Tipo de evento: • Evento ST • Eventos do utilizador • Outros eventos Descrição
Pressão arterial materna	Pressão arterial sistólica Pressão arterial diastólica Pressão arterial média Pressão arterial - Frequência cardíaca materna
Saturação oxigénio materno	Saturação oxigénio materno (MSpO ₂) Frequência cardíaca materna
MM Marcador	Marcador de eventos
Temperatura	Valor de temperatura materna
Dados da Paciente	Número e nome
GO	Coloca o monitor em modo de envio automático
HALT	Para a transmissão automática
Alive	Mensagem de presença

Existem também pacotes de comando, como por exemplo o comando de arranque (*GO*), e o de paragem (*HALT*) da comunicação RS232. O comando de arranque (*go*) devidamente formatado, configura o monitor fetal para um modo de funcionamento de envio automatizado da informação recolhida pelo aparelho. O comando de paragem (*HALT*) é utilizado para

terminar graciosamente a comunicação. Existe também o comando de "presença" (*ALIVE*), que tem de ser enviado periodicamente pelo sistema Omniview-SisPorto® 3.0 para o aparelho Stan®, para este manter a ligação aberta. Se o aparelho Stan® não receber um *alive* em cada 20 segundo a comunicação RS232 é terminada.

Para uma melhor compreensão do pacote CTG pode-se consultar a informação apresentada em anexo (Anexo A); para os restantes será necessário uma consulta ao protocolo de comunicações do Stan®.

A Figura 4.3 ilustra um exemplo da apresentação gráfica que o monitor Stan® S-31 implementa de uma monitorização fetal.

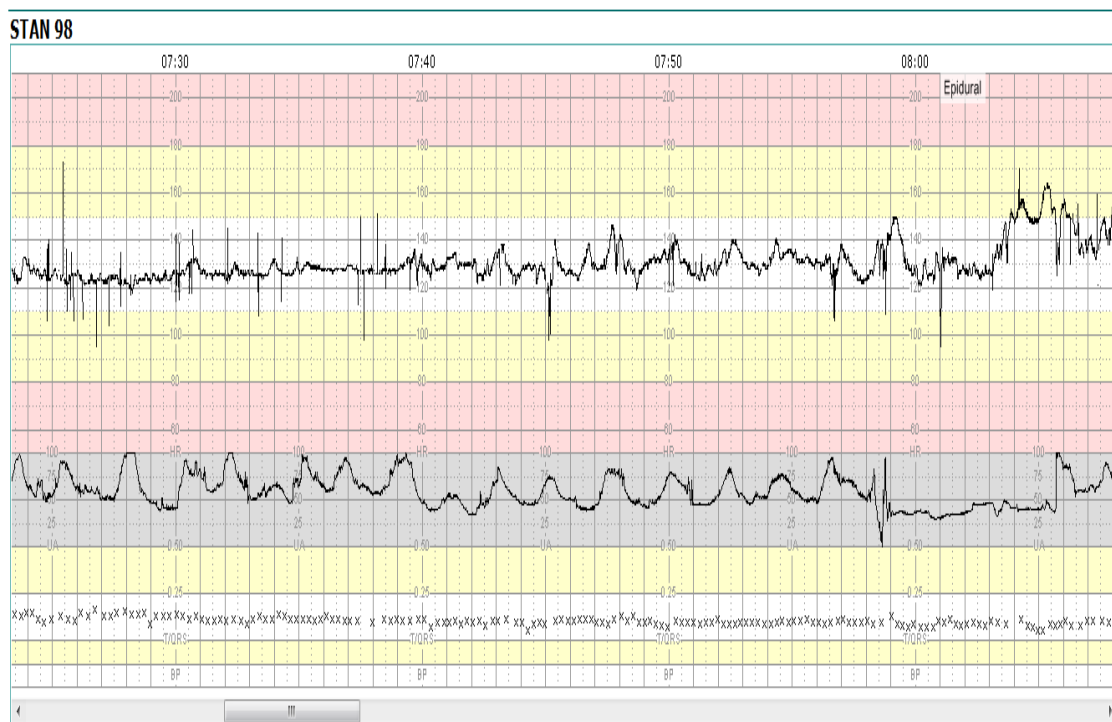


Figura 4.3 - Um CTG recolhido com o Stan® S31™

Capítulo 5

Interface Omniview-SisPorto® / STAN®

Ao sistema Omniview-SisPorto® 3.0 pretende-se acrescentar as funcionalidades únicas do monitor fetal STAN®. O Stan® S31™ é vocacionado para o intraparto e está equipado com todas as funcionalidades que normalmente se encontram num monitor fetal.

Para uma realização eficaz da interface Omniview-SisPorto® / Stan®, começou-se pelos componentes mais básicos do sistema. Ou seja, as bibliotecas responsáveis pelas comunicações RS232, as de gestão de sinal e de gravação de traçados, isto do lado do servidor. Depois, alterou-se os componentes de comunicação TCP-IP entre o cliente e o servidor Omniview-SisPorto® e de visualização dos dados Stan® no cliente. Por último, foram alteradas os componentes responsáveis pelo processamento de sinal e de diagnóstico.

Uma vez que o sistema Omniview-SisPorto® já estava programado por objectos, foi possível tirar partido desse facto e criar novas classes ou alterar as existentes. Assim como alterar a estrutura de dados de sinal para acomodar toda a nova informação enviada pelo Stan®.

Na realização da interface foram seguidos os seguintes passos:

- Alterações efectuadas no objecto FM SRV;
 - o Criar a máquina de estados para interpretação da trama Stan®;
 - o Criar a classe de interface de interface série;
 - o Redesenhar e otimizar as diversas classes constituintes do objecto;
 - o Otimizar a identificação do monitor conectado à porta série;
- Adicionar novos sinais ao objecto SP3 Signal;
 - o Criar uma gestão de vectores indexados em memória;
 - o Rotinas de pesquisa e de indexação do sinal base de tempo;
 - o Criar classe de identificação do tipo de eventos ST;

- Adicionar novos sinais ao objecto SP3 File;
 - o Criar uma nova versão do ficheiro SPM;
 - o Manter compatibilidade com versões anteriores de SPM ;
- Alteração efectuada no objecto SP3 Signal Server;
 - o Alterar a interface dos objectos FM SRV, SP3 Signal, SP3 File;
 - o Criar a interface com a base de dados, para permitir a identificação da parturiente através do aparelho Stan®;
- Alteração efectuada no objecto SP3 Net Server e ao objecto SP3 Net Client;
 - o Alterar as rotinas de envio e recepção de sinal CTG;
 - o Redesenho da classe de gestão de canal;
 - o Adicionar um buffer de saída de dados;
- Alteração efectuada no objecto SP3 Data;
 - o Simplificação da rotina de identificação da parturiente;
 - o Simplificação da base de dados;
- Alteração efectuada no objecto SP3 Graph
 - o Alterar as rotinas de desenho da visualização, para apresentar os novos sinais, notas, eventos ST e diversos dados maternos;
 - o Alterar as rotinas de impressão do relatório, para apresentar os novos sinais, notas, eventos ST e diversos dados maternos;
- Alteração efectuada no objecto SP3 Diag;
 - o Criar novas rotinas de processamento de sinal T/QRS;
 - o Criar novos alertas do sistema com os eventos ST;
 - o Criar novos alertas do sistema para o sinal T/QRS;

5.1 - Integração dos sistemas

O sistema Omniview-SisPorto® foi desenvolvido usando o Microsoft Visual Studio, na linguagem de programação Visual Basic. O sistema está dividido em duas aplicações principais, o servidor e o cliente. Ambos os programas são constituídos por diversos componentes DLL, OCX, EXE, como se pode verificar nas próximas figuras (Figura 5.1 e Figura 5.2). Assim como, mais algumas ferramentas auxiliares do sistema.

Uma vez que o sistema já se encontrava instalado em diversos locais, foi também necessário garantir que todas as alterações não interferissem com as funcionalidades já implementadas. O simples facto de existirem muitos pacotes de dados implementados pelo protocolo Stan®, alguns dos quais muito complexos (exemplo do pacote CTG (Anexo A)), levantou alguns problemas na realização das alterações necessárias para adaptar o sistema Omniview-SisPorto® ao Stan®.

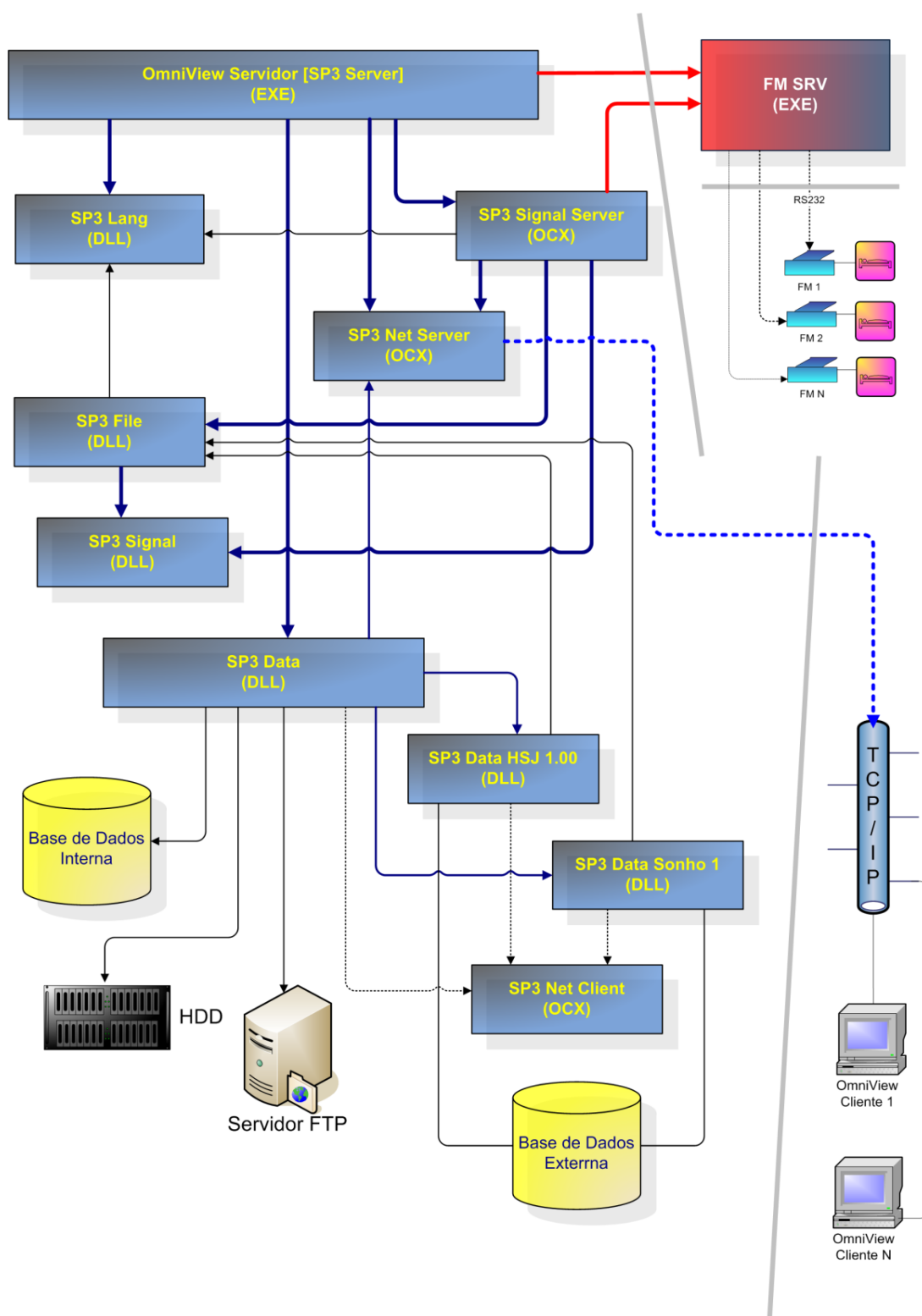


Figura 5.1 - Diagrama dos componentes principais do servidor Omniview-SisPorto®

O tamanho do sistema Omniview-SisPorto® também adicionou algumas dificuldades na realização das tarefas, em particular porque algumas funcionalidades necessárias pelo Stan® vão contra a filosofia do programa ou não existia suporte dentro do sistema.

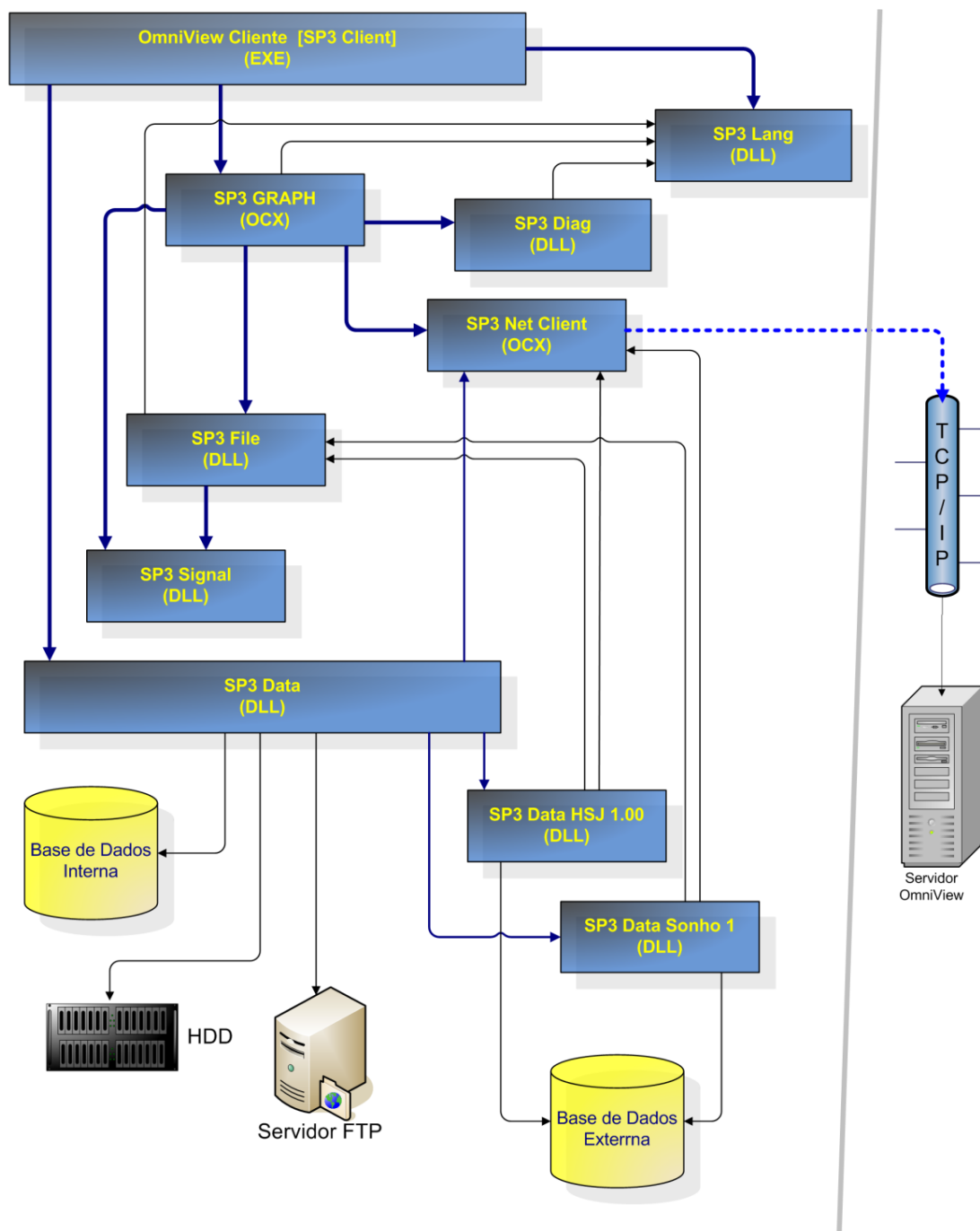


Figura 5.2 - Diagrama dos componentes principais do cliente do Omniview-SisPorto®

Como exemplo de tais dificuldades, a comunicação nos dois sentidos entre o cliente/servidor e o monitor fetal, para permitir a identificação da parturiente em qualquer dos aparelhos STAN[®] ou posto de visualização Omniview-SisPorto[®]. Outra dificuldade, foi a de actualizar a informação nos diversos pontos do sistemas Stan[®]/Servidor Omniview-SisPorto[®]/Cliente Omniview-SisPorto[®]/Base de dados do Omniview-SisPorto[®], sem no entanto entrar num ciclo de actualizações infinito.

Todos estes e outros aspectos que tiveram de ser resolvidos estão enumerados na tabela abaixo (Tabela 5.1).

Tabela 5.1 - Tarefas a resolver na integração Omniview-SisPorto[®] / Stan[®]

Nome da tarefa	Descrição	Comentário
Trama Stan [®]	Detectar o início e fim de uma trama, com diversos tamanhos e formatos de pacotes.	Optou-se por uma máquinas de estados, permite a extracção da informação dos pacotes.
Dados Stan [®]	Processar os diversos tipos de dados, e guardar a informação dada.	Necessidade de verificar se não existe falhas na sequência no contador dos pacotes.
Optimizar criação de protocolos	Simplificar a criação de novos protocolos, assim como a sua utilização.	Optou-se por usar polimorfismo na criação dos objectos dos protocolos.
Novos sinais	Adicionar os novos ao programa, tendo em atenção que os sinais não são periódicos.	Usou-se sinais indexados ao vector base de tempo.
Identificação ST	Com o texto dos eventos ST, identificar o tipo de evento e correspondente valor numérico.	Optou-se por usar uma ferramenta de correspondência de ajuste ("pattern matching") de texto.
Identificação parturiente no Stan [®]	Permitir a identificação da parturiente a partir de aparelhos Stan [®] .	Foi necessário simplificar o processo de identificação no sistema Omniview-SisPorto [®] .
Enviar identificação para o Stan [®]	Envia a identificação do sistema Omniview-SisPorto [®] para o monitor Stan [®] .	Foi necessário evitar que a informação enviada para o monitor, e reenviada por este, crie um ciclo de actualizações.
Comunicações TCP/IP	Alterar a comunicação entre o cliente e servidor, para acomodar os novos sinais.	Difícil devido ao tamanho de dados, e problemas de estabilidade no canal de dados.
Diagnóstico	Alterar as rotinas de classificação para os novos sinais.	

5.2 - Comunicações RS232

A introdução da comunicação com o monitor fetal Stan® no sistema Omniview-SisPorto®, implicava substanciais alterações no sistema. Por isso, optou-se por realizar uma reestruturação às rotinas e objectos que já estavam implementadas.

A comunicação entre o monitor fetal Stan® e o sistema Omniview-SisPorto® 3.0 é efectuada através de uma comunicação série do tipo RS232-C, a uma velocidade de 1200 *baud*, sem paridade e com 1 *start* bit, 8 bits de dados e 1 *stop* bit.

No intraparto é normal a mudança de aparelhos de monitorização fetal: uma parturiente pode estar a ser monitorizada por um monitor, por exemplo um Hewlett-Packard®, e depois para uma análise mais detalhada passar para um monitor fetal Stan®. Por isso, é desejável que exista um método, que detecte automaticamente qual o tipo de monitor fetal que está em uso. Assim como, o determinar se um sinal adquirido de um protocolo de comunicações é válido para início de exame ou se o fim de exame já ocorreu.

Para conseguir estas funcionalidades, optou-se por utilizar uma rotina (Figura 5.4) que é activada por um temporizador (*timer*) e cujo pseudocódigo é apresentado na figura 5.3. Na rotina, para cada configuração existente, é inicializado um objecto de comunicações (FM SRV (Figura 5.1)), e dentro de cada objecto esta rotina é chamada periodicamente.

A rotina (Figura 5.4) é responsável por verificar se um protocolo de comunicações já esta activo, e se não estiver chamar a activação do protocolo (Figura 5.6). Se a comunicação já está aberta, efectua a chamada á aquisição do protocolo, e de seguida vai verificar se o exame já esta a decorrer, ou se o sinal é valido para início de exame ou fim de exame, dependendo do estado corrente.

Também se tenta minimizar o impacto que os erros, devido comunicações, têm no decorrer do exame, desde o simples desligar do monitor fetal até ao facto de a porta de comunicações série desaparecer do sistema.

O uso de conversores RS232/TCP-IP e TCP-IP/RS232 para aumentar a distância entre o monitor fetal e o computador, apresentaram problemas específicos deste tipo de comunicação, como o atraso na recepção dos dados, interrupções longas do canal de comunicações, ou mesmo situações em que a porta série no computador deixa de existir. Uma porta série pode deixar de existir, porque o hardware foi desligado ou devido ao uso de conversores TCP-IP por software (drivers de portas série virtuais) que deixaram de funcionar. Quando este tipo de erro ocorre, tenta-se corrigir a situação para o exame não terminar imediatamente. São efectuadas diversos procedimentos, desde a limpeza de buffers de comunicação, o fechar e abrir as portas de comunicação série, ou reinicializar o objecto referente ao protocolo activo. Se tudo falhar, o exame é dado como terminado; a seguir o exame é guardado para ficheiro e a informação é enviada aos clientes.

A rotina de gestão de comunicações (Figura 5.4) e a rotina de inicialização do protocolo (Figura 5.6) são comuns a todos os protocolos implementados no sistema. A rotina de inicialização do protocolo utiliza polimorfismo para declarar uma interface comum para todos os protocolos implementados. Foi necessário alterar os protocolos já implementados para permitir uma interface comum a todos e que pudesse acomodar o novo protocolo Stan®.

```
Procedimento [Processar_Comunicacao] : Chamado por Temporizador_1 ;  
Se existe ligação ao monitor então  
    Chamar [Protocolo.Aquisicao]  
    Se existe mensagens para enviar para o monitor então  
        [Enviar Mensagem]  
    Se existe dados de identificação então  
        [Enviar dados de identificação]  
    Se resultado da aquisição = ok então  
        Se exame está a correr então  
            Se sinal (último minuto) do exame é valido para terminar então  
                Fechar a comunicação  
                Enviar dados para o ficheiro e clientes  
                Activar o Temporizador_1 = 20 segundos  
        Senão  
            Se duração de exame < 60 segundos então sair de rotina.  
            Verificar se sinal tem condições para ser considerado um  
            traçado CTG válido então  
                Enviar dados para o ficheiro e clientes.  
                Processar inicio de exame  
            Se sinal não é válido para ser um CTG válido então  
                Fechar a comunicação  
                Enviar dados para o ficheiro e clientes  
                Activar o Temporizador_1 = 20 segundos  
    Se resultado da aquisição = erro então  
        Se Contador >= 8 então  
            Fechar a comunicação  
            Enviar dados para o ficheiro e clientes  
            Activar o Temporizador_1 = 20 segundos  
        Se Contador < 8 então  
            Rotinas de tratamento de erros, identificar e tentar corrigir  
            Incrementar contador  
            Reinicializar comunicações  
Senão  
    Chamar rotina de Inicialização de objecto do protocolo [ StartCommObj ]  
Sair
```

Figura 5.3 - Pseudocódigo da rotina "Processar_Comunicacao"

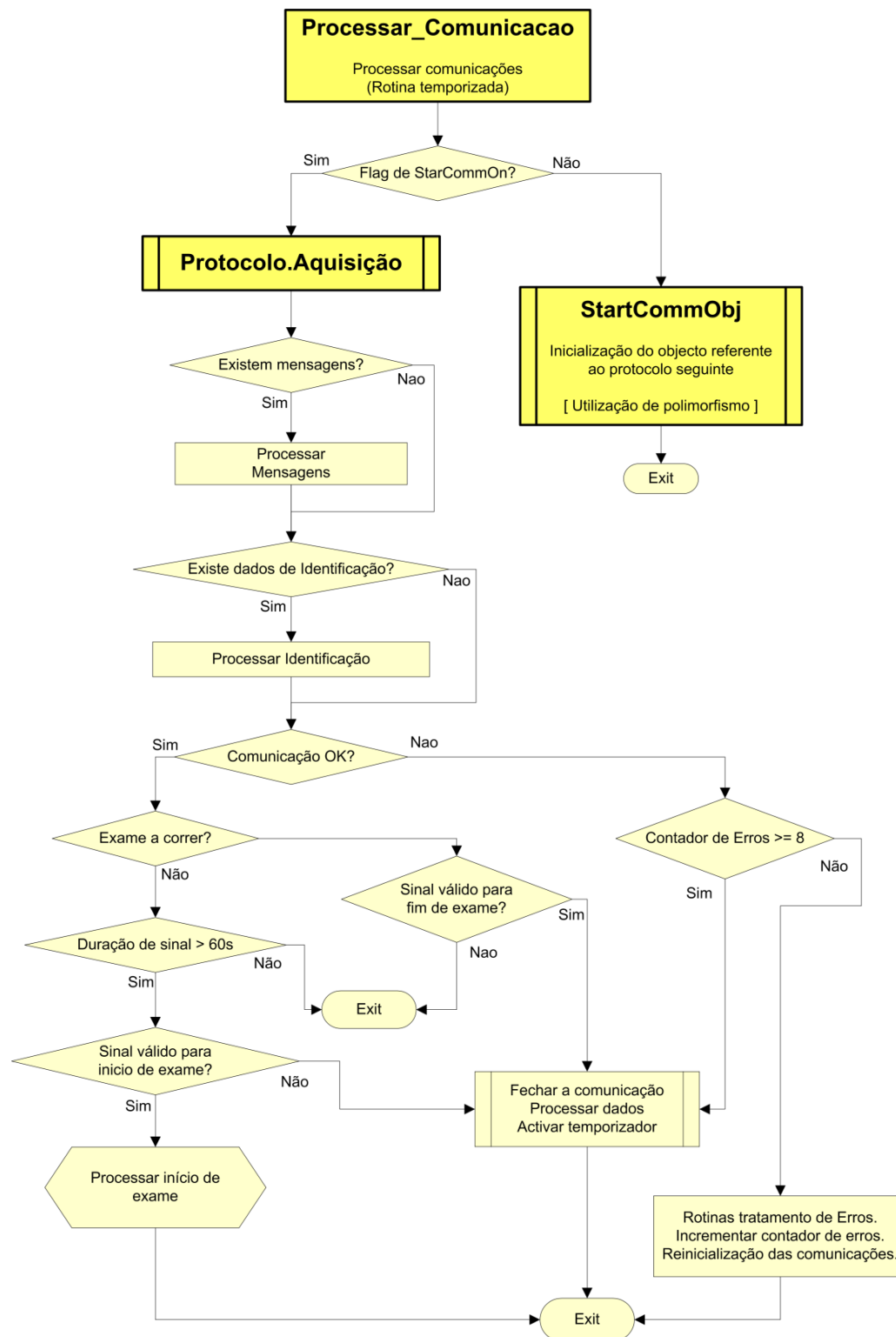


Figura 5.4 - Fluxograma simplificado da rotina: Rotina "Processar_Comunicacao"

Procedimento [StartCommObj] ;

Se existe ligação ao monitor então

Sair

Senão

Limpar objectos e variáveis do protocolo anterior;

Determinar qual o protocolo a activar

Inicializar classe Protocolo.xpto (neste caso o Stan)

Se existir algum erro a inicializar a classe do protocolo então

Activar Temporizador_1 = 20 seg

Sair

Chamar **[Protocolo.IniComm]**

Se comunicação aberta com sucesso então

StarCommOn = Verdadeiro

Inicializar armazenamento

Activar Temporizador_1 com intervalo apropriado ao protocolo

Senão

StarCommOn = Falso

Limpar objectos do protocolo

Activar Temporizador_1 = 20 seg

Mensagem para o utilizador

Fazer log de mensagens

Limpar variáveis

Sair

Figura 5.5 - Pseudocódigo da rotina "StartCommObj"

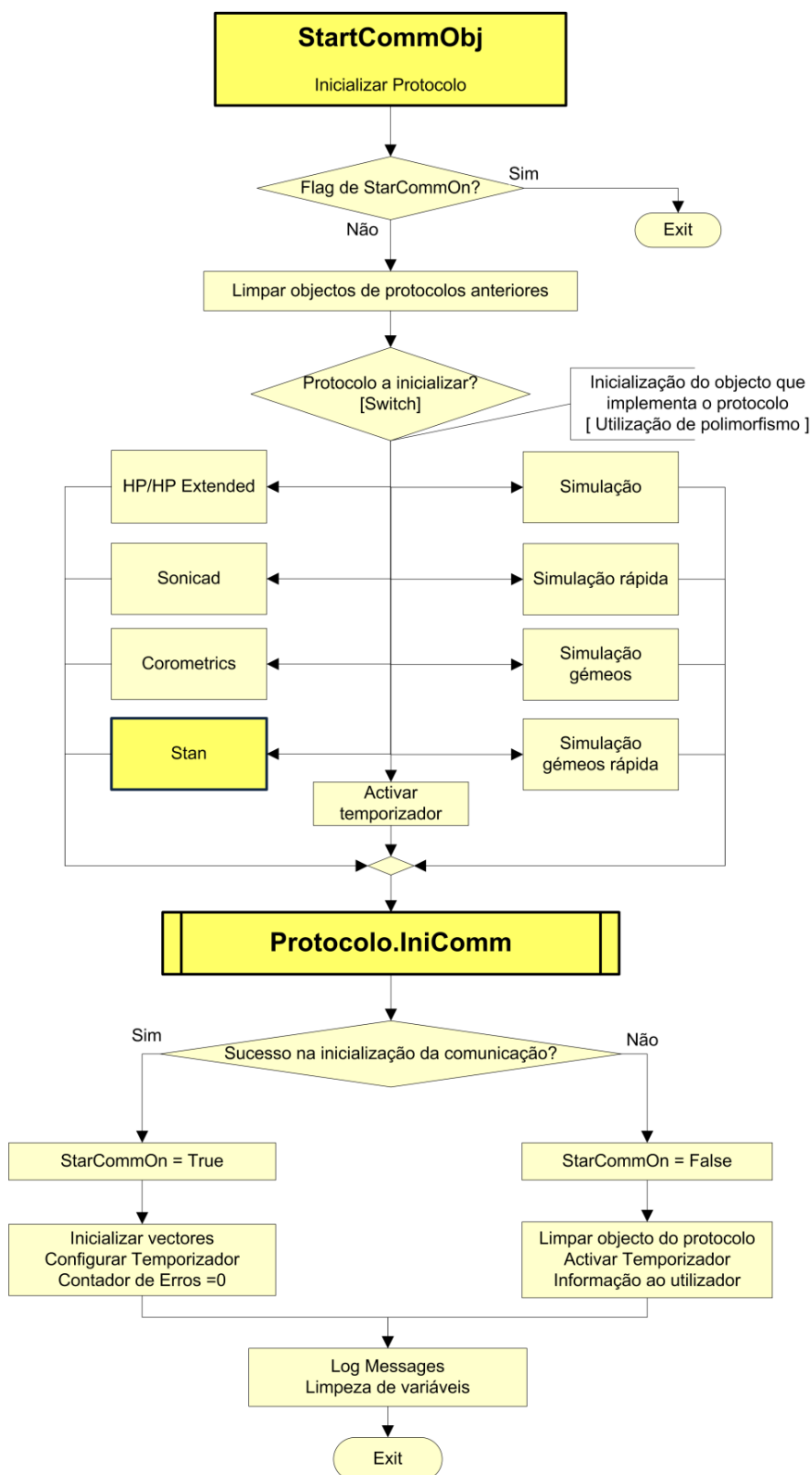


Figura 5.6- Fluxograma simplificado da rotina: Rotina de inicialização dos protocolos

A rotina de inicialização de comunicações com o monitor fetal Stan[®] (Figura 5.8) , tem de efectuar diversas tarefas, tais como configurar a porta série, verificar se consegue abrir a porta e começar a comunicar com o monitor fetal.

Procedimento [Stan.IniComm] ;

```

Configurar e abrir porta de comunicações
Se existe porta aberta com sucesso então
    Limpar buffers da porta
    Enviar o comando GO
    Esperar por dados CTG
    Se existe pacote CTG então
        Enquanto existir pacotes CTG
            Chamar [Stan_Processar_Buffer]
            Se dados processados estão correctos então
                Determinar tipo de sondas, se é um exame de gémeos
                Guardar dados
            Senão
                Fechar Porta
                Resultado = CheckComPorts
        Resultado = CommunicationOpenSucessful
        Sair
    Senão
        Fechar Porta
        Resultado = CheckComPorts
Senão
    Resultado = CommunicationOpenNotSucessful

Sair

```

Figura 5.7 - Pseudocódigo da rotina "Stan.IniComm"

Uma das primeiras coisas a fazer, é enviar o comando 'GO' para o Stan[®]. Este comando vai configurar o monitor para enviar automaticamente os dados do cardiotocograma. Depois, é necessário esperar pela recepção de pacote do tipo CTG, este tipo de pacote é utilizado para implementar a base de tempo do sistema Omniview-SisPorto[®].

Os dados recebidos têm de ser verificados se estão a ser recebidos com a correcta formatação, isto para determinar se o protocolo que está activo é o correcto para o monitor fetal. Pode ocorrer que o sistema esteja ligado a um monitor fetal, que está a enviar dados

devido a uma configuração anterior, ou porque existiu uma troca de cabos, logo é necessário garantir que informação errada não é aceite pela implementação do protocolo.

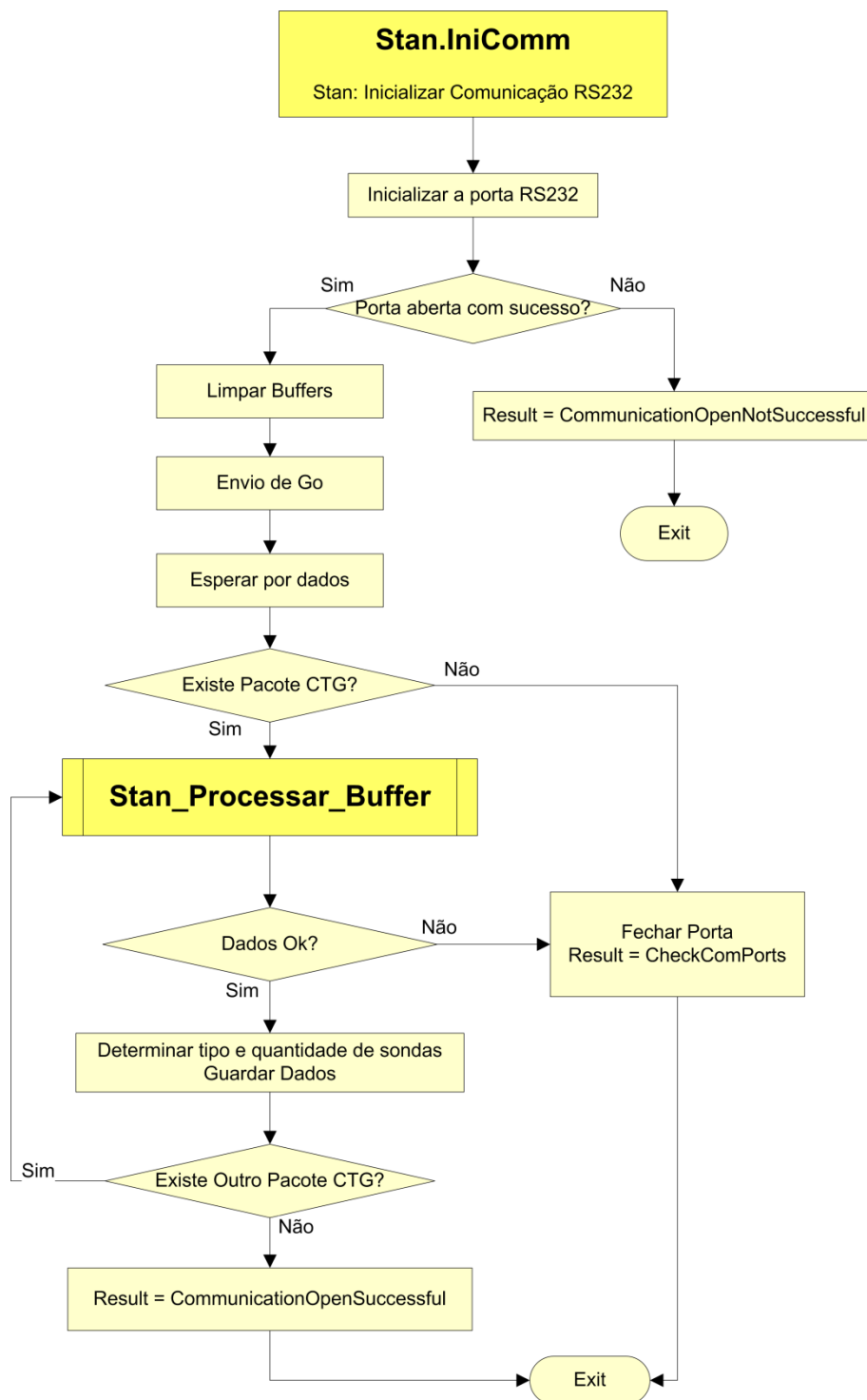


Figura 5.8- Fluxograma simplificado da rotina da rotina "Stan.IniComm"

Nesta rotina também se faz a primeira detecção sobre o tipo de exame que pode estar começar. Detectar o número de fetos monitorizados e os respectivos sinais de frequência cardíaca fetal (FHR1 e FHR2) e que tipo de sonda estão a ser utilizadas. Assim como , o tipo de sonda utilizada para a aquisição das contracções uterinas e se existem dados maternos.

Se a abertura de comunicações for bem sucessiva, a rotina de gestão de comunicações (Figura 5.4) passa a chamar a rotina de aquisição respeitante ao protocolo activo, neste caso a rotina do objecto respeitante ao protocolo Stan[®] (Figura 5.10). A rotina de aquisição verifica o estado da porta série de comunicações, e se não for detectado problemas, vai ler a porta para um buffer de comunicações interno ao objecto do protocolo. A seguir, vai-se verificar se já é tempo de enviar uma mensagem de 'Alive' para o monitor fetal, ou se existem outros dados para enviar, como por exemplo a identificação da parturiente.

Procedimento [Stan.Aquisição] ;

```

Se a porta série está a funcionar bem então
  Ler porta para um buffer
  Se já passou 5 segundos desde o envio do comando Alive então
    Envia novo comando Alive
  Se existe dados para envia para o monitor fetal (por ex. a identificação) então
    Enviar dados
  Se existe um pacote CTG então
    Enquanto existir pacotes CTG
      Chamar [Stan_Processar_Buffer]
      Se dados processados estão correctos então
        Determinar tipo de sondas, se é um exame de gémeos
        Guardar dados
      Senão
        Fechar Porta
        Resultado = CheckComPorts
    Resultado = CommunicationSucessful
  Senão

  Result = verificar se portas

Sair

```

Figura 5.9 - Pseudocódigo da rotina "Stan.Aquisição"

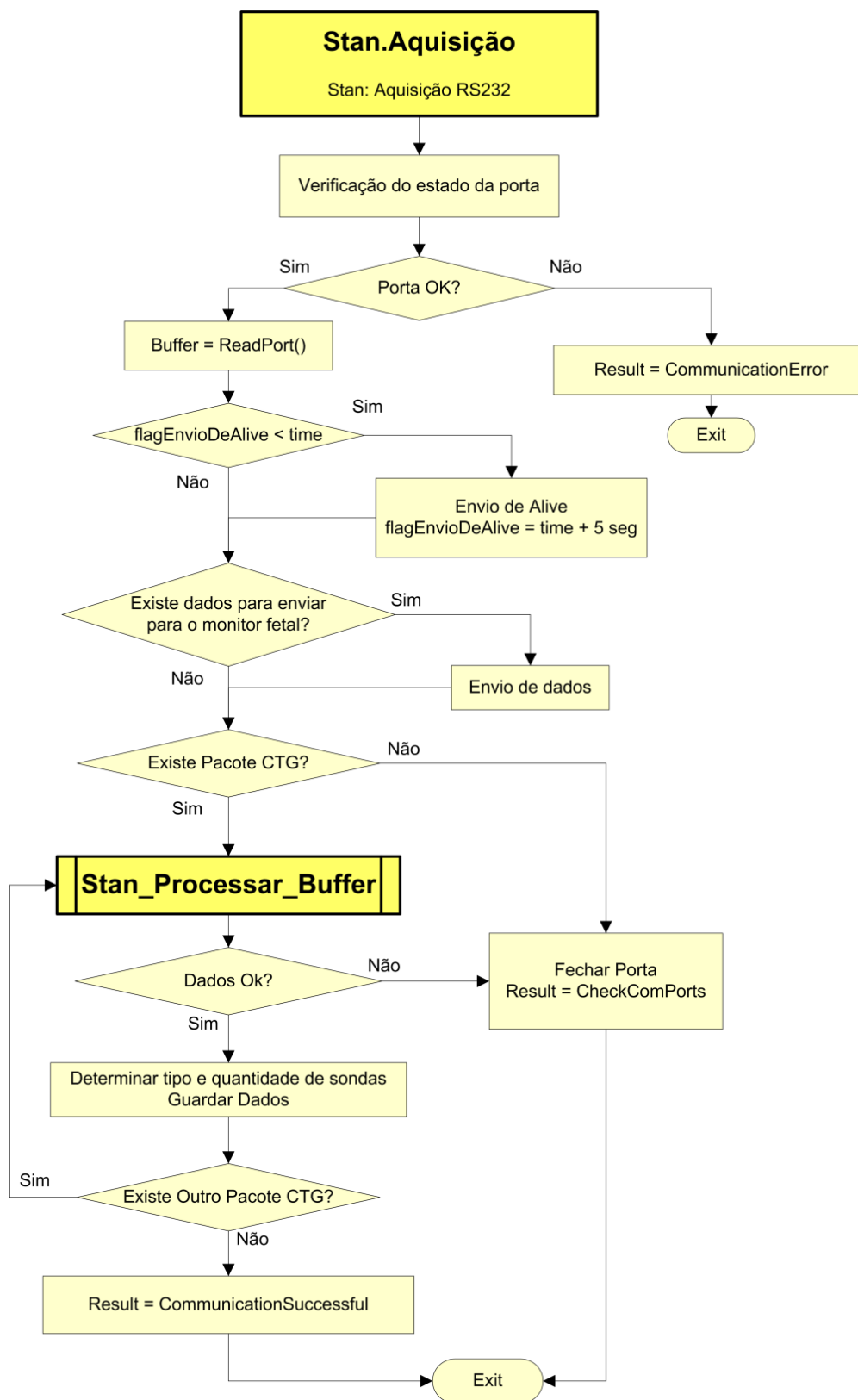


Figura 5.10 - Fluxograma simplificado da rotina "Stan.Acquisição"

Se dentro do buffer de comunicações interno ao objecto do protocolo, existir um ou mais pacotes CTG completos, é necessário efectuar o processamento buffer (Figura 5.11). Nessa rotina vai-se identificar todos os pacotes implementados pelo protocolo Stan[®] (Tabela 4.4).

O protocolo impõe que os pacotes mais importantes, tenham um byte que funciona como um contador de sequência de pacotes. A existência desse contador de pacotes permite uma melhor vigilância sobre a qualidade e fiabilidade dos dados adquiridos. Com este contador pode-se minorar situações de atraso de comunicações, pois permite detectar se algum pacote de dados foi perdido.

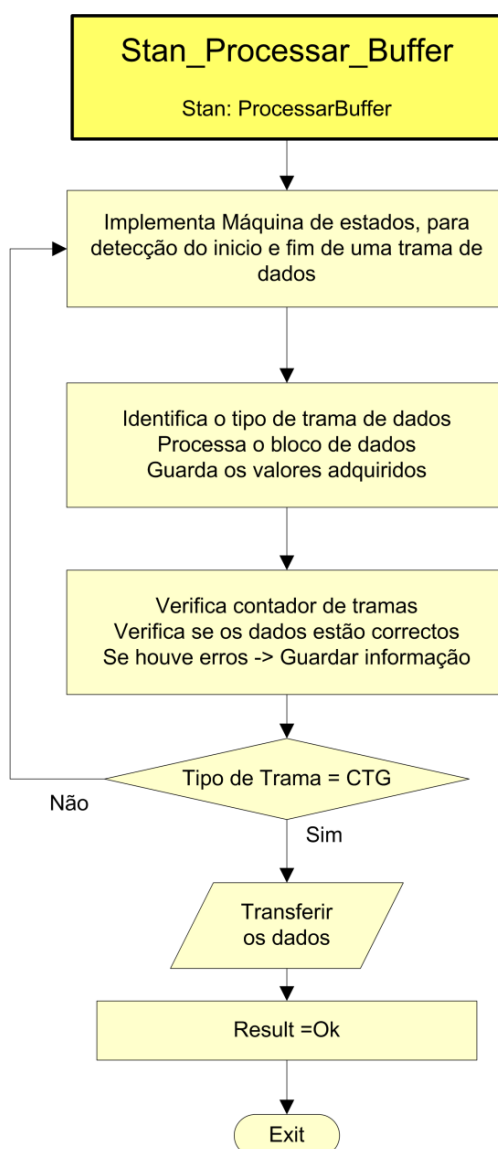


Figura 5.11 - Fluxograma simplificado da rotina "Stan_Processar_Buffer"

Devido ao elevado número de tipos de tramas de comunicação, aos seus diversos tamanhos, e — o que é de resolução mais difícil — a existência de tipos de tramas com tamanhos diferentes ao longo do tempo, a melhor maneira de processar uma trama enviada por um cardiocógrafa STAN® é utilizar uma máquina de estados (Figura 5.12).

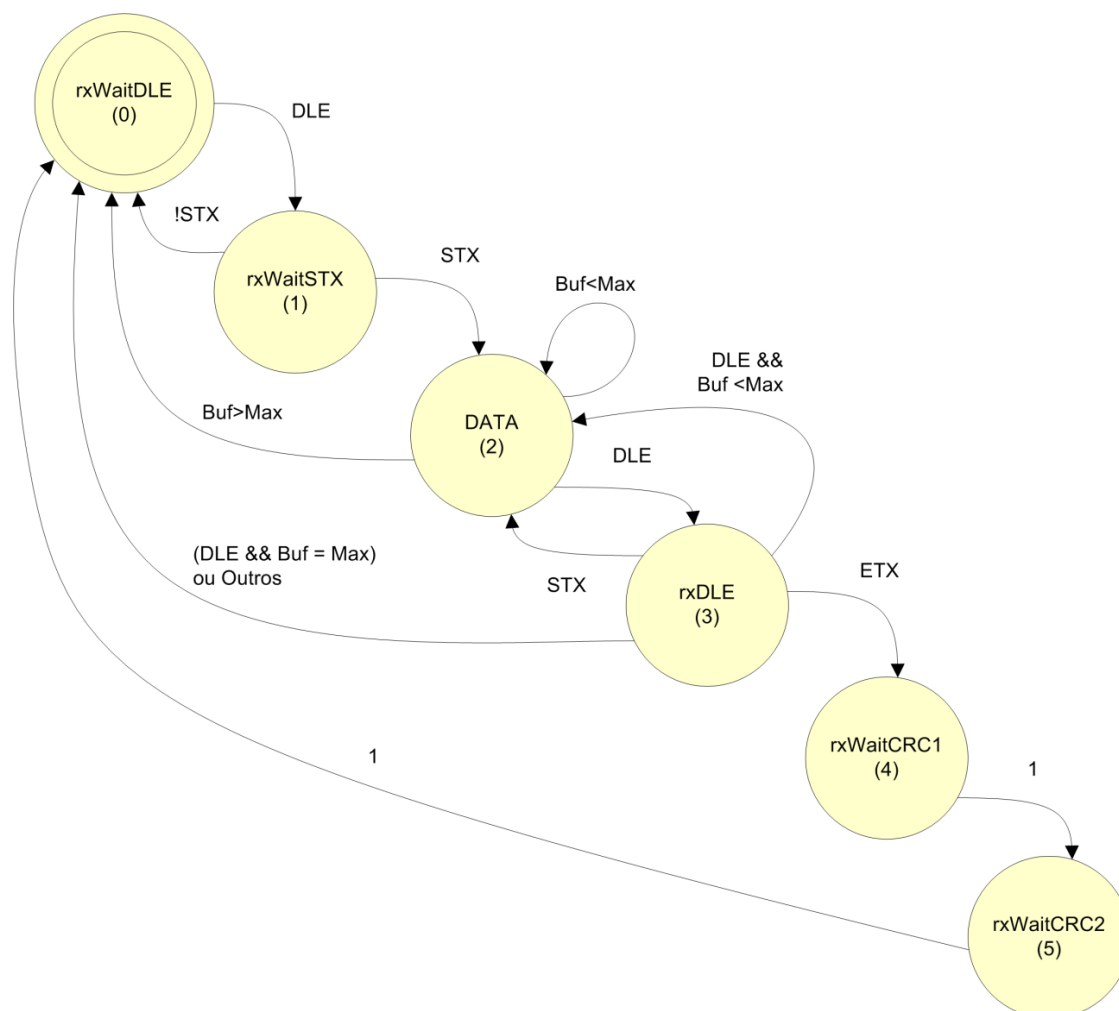


Figura 5.12 - Diagrama da máquina de estados para o protocolo STAN®

A implementação da máquina de estados permite identificar o início e fim de cada trama, lidar com possíveis erros de transmissão, efectuar a sua verificação através dos dois bytes de CRC-16 e retirar o pacote de dados enviado na trama.

5.3 - Gestão de sinal

O sistema Omniview-SisPorto® usa como base de tempo o intervalo entre duas amostras da frequência cardíaca fetal. Como todos os dados básicos de cardiotocografia estão associados ao FHR, os dados do sinal estavam guardados em vectores que tinham o mesmo tamanho. Mas os novos pacotes de dados do sistema Stan® não são periódicos ou têm um periodicidade muito elevada. Por isso, definir vectores para os novos pacotes com tamanho iguais aos antigos levaria a um desaproveitamento de memória. Para minimizar o uso da memória e manter uma velocidade aceitável na leitura dos dados, optou-se por criar um sistema de indexação (Figura 5.13) na qual existe um vector que vai conter uma *flag*, que indica a existência de algum tipo de informação extra e um outro vector que indica onde essa informação está guardada (Tabela 5.2).

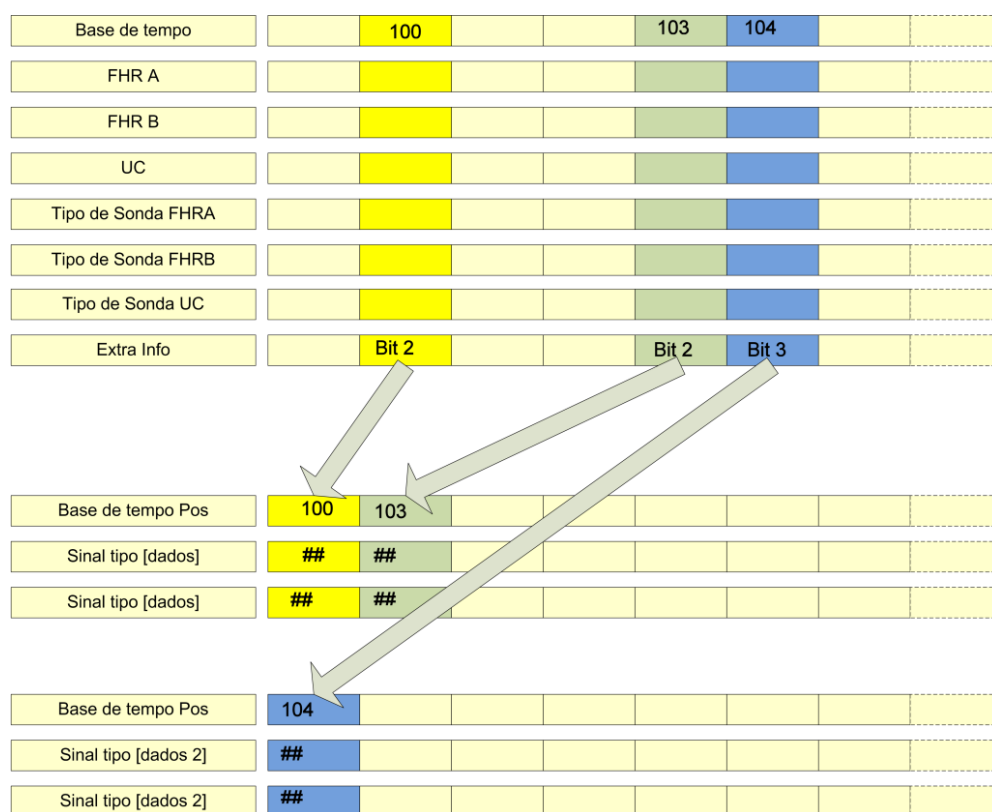


Figura 5.13 - Diagrama dos vectores em memória

No vector de informação extra cada bit indica a presença de um bloco de informação adicional. No caso do marcador de eventos, que é do tipo verdadeiro/falso, o próprio bit é a informação.

Tabela 5.2 - Vectores fixos á base de tempo

Tipo de Vectores	Vectores
CTG	Base Tempo Delta(); FHRa(); FHRb(); UC(); UC Filtrado(); FM(); MHR(); Tipo de Sonda FHRa(); Tipo de sonda FHRb(); Tipo de Sonda UC()
Informação extra e indexação	ExtralInfoFlag(); ExtralInfoFlag_Fetal_SpO2(); ExtralInfoFlag_Pressure(); ExtralInfoFlag_Maternal(); ExtralInfoFlag_Event(); ExtralInfoFlag_TQRS(); ExtralInfoFlag_Error();

Para cada tipo de informação extra, existem novos vectores que guardam essa informação (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Vectores indexados á base de tempo

Tipo de Vectores	Vectores
Pressão arterial materna	TimeBase Position(); Pressure_Systolic_BP(); Pressure_Diastolic_BP(); Pressure_Mean_BP(); Pressure_NIBP_MHR();
Saturação de oxigénio materno	TimeBase Position() ; Maternal_SpO2(); Maternal_HR();
Eventos	TimeBase Position(); EVENT_TYPE(); EVENT_DESC(); EVENT_SUB_TYPE(); EVENT_VALUE(); EVENT_DESC_AUX();

T/QRS	TimeBase Position(); TQRS_Status(); TQRS_Value(); TQRS_Biphasic();
Saturação de oxigénio fetal	TimeBase Position(); fSpO2()
Erros	TimeBase_Position(); Error_Type(); Error_Desc();

5.4 - Identificação Eventos ST

O protocolo Stan[®] não especifica um processo para a correcta identificação dos eventos ST; essa informação é enviada em texto. Mas um dos objectivos da integração do Stan[®] é usar a informação da forma de onda ST no diagnóstico.

Tabela 5.4 - Eventos ST (Português)

Evento ST (Português)	Tem número?
Aumento T/QRS basal	Não
ST bifásico #	Sim
Aumento T/QRS episódico #	Sim

Figura 5.14 -Aplicação de teste da rotina de reconhecimento dos eventos ST

Para isso, é necessário identificar qual dos três tipos de eventos ocorreu, e qual o valor numérico associado a dois deles (Tabela 5.4).

Foi criado um processo, que usa uma ferramenta de reconhecimento de ajuste ("*matching*") de texto, que permite a identificação do tipo de evento ST. Para facilitar a adição e teste de novos padrões de reconhecimento no sistema foi criada uma pequena aplicação de teste da rotina (Figura 5.14). Já existe na rotina de ajuste de texto, padrões para as seguintes idiomas: o Inglês, o Alemão, o Holandês e Português.

5.5 - Comunicações TCP-IP (Servidor - Cliente)

Na implementação das alterações para o envio de dados entre o servidor e o cliente, surgiram algumas dificuldades, introduzidas em parte pelo aumento da informação a transmitir e pelo outro o uso de redes *wireless* ou redes com muito tráfego.

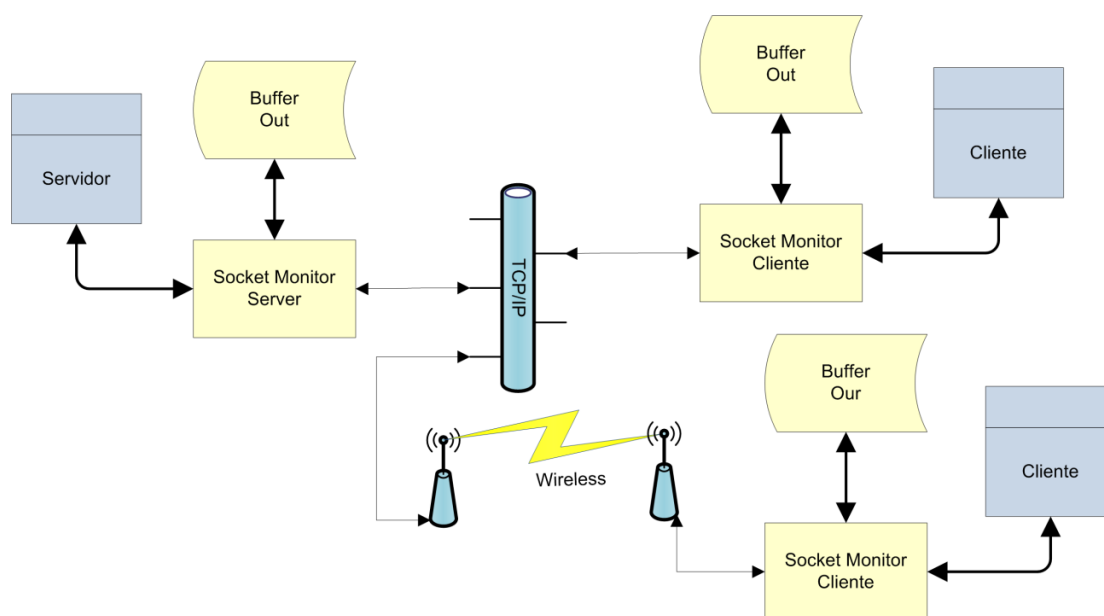


Figura 5.15 - Nova gestão de comunicações servidor/cliente

Ao utilizar redes de comunicação *wireless*, verificou-se que existia uma elevada perda de informação na transmissão, e em situações mais críticas o cliente perdia toda a comunicação com o servidor. Optou-se por isso tornar o sistema mais resistente a problemas de tráfego: começou-se por adicionar um buffer de saída ao objecto de gestão das comunicações e implementar um sistema de *acknowledgment* (Figura 5.16).

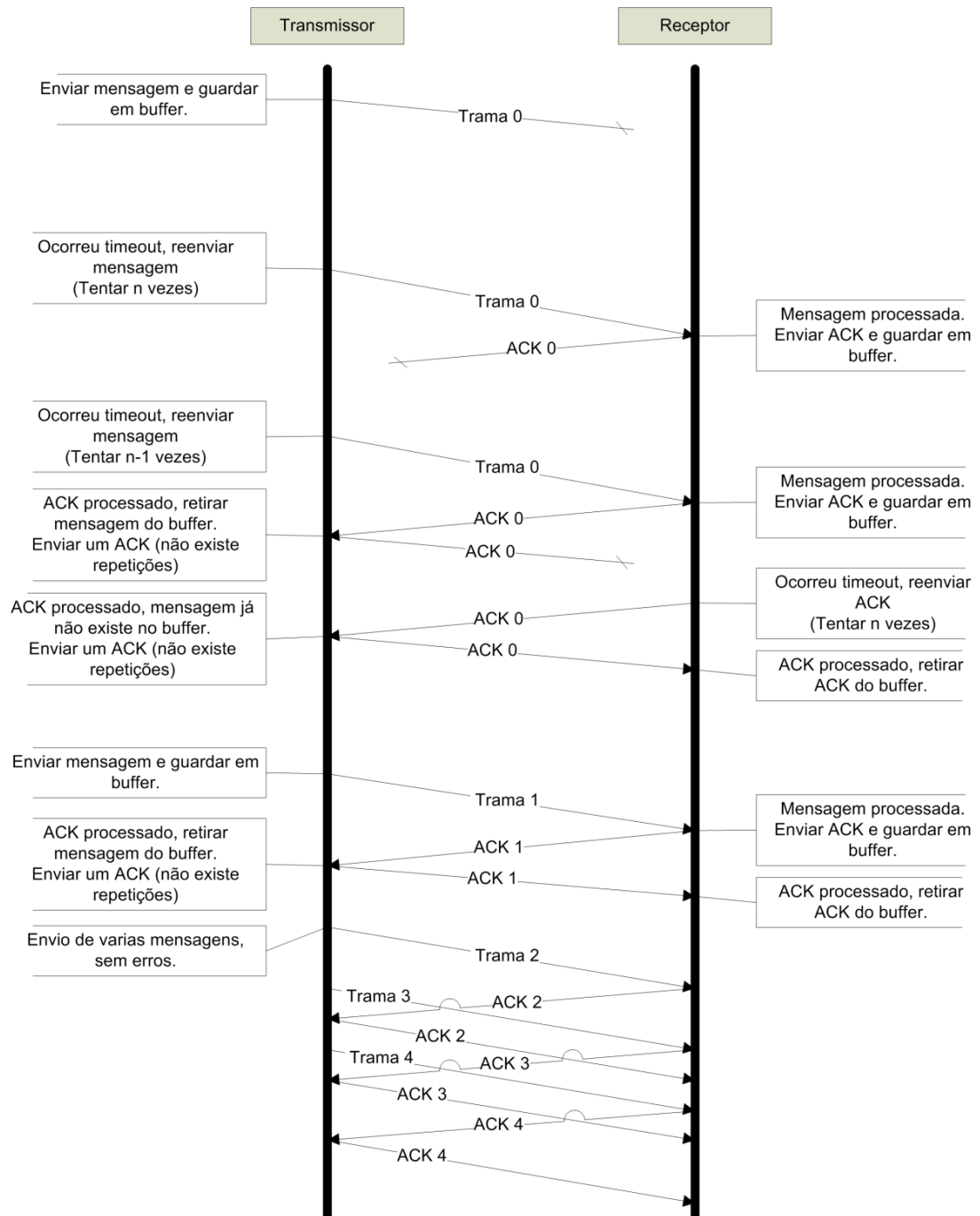


Figura 5.16 - Modelo de transmissão de trama

Em redes *wireless* com fraco sinal e baixa velocidade verificou-se que o *acknowledgment* enviado pelo receptor podia perder-se, em particular quando existiam picos de informação a transmitir, como por exemplo o arranque de um cliente quando o servidor tinha exames com várias horas de duração. Para corrigir a situação, adicionou-se um limite á quantidade de informação transmitida por segundo e um segundo *acknowledgment* (Figura 5.16).

Quando se envia uma trama, o receptor envia um ACK no momento da recepção, mas adiciona essa ACK ao buffer de saída para eventual nova retransmissão. Só quando é enviado o segundo ACK, neste caso pelo transmissor, e o receptor o processa é que termina o evento de transmissão da trama.

Tabela 5.5 - Número e período de repetições por tipo de trama

Tipo de trama	Número de repetições	Intervalo de tempo (seg)
Primeiro ACK	10	1
Segundo ACK	0	0
Envio de Sinal	20	10+5(por repetição)
Pedido de Sinal	10	15
Outros	(configurável)	5

Uma trama tem um formato constituído por um identificador de inicio e fim de trama, um tipo de mensagem, um identificador de mensagem e um valor de CRC, isto para além do bloco de dados que se quer transmitir (Figura 5.17). Este formato de trama é usado para todas as trocas de informação ente o servidor e o cliente. O formato de trama foi escolhido, porque permite uma rápida verificação de erros de transmissão; a ordem de recepção da informação não é importante; e não obriga a grandes processamentos pelo emissor e receptor. Além de que, permite definir tramas de tamanhos diversos para acomodar o diversos tipos de mensagens trocadas pelo cliente e servidor.

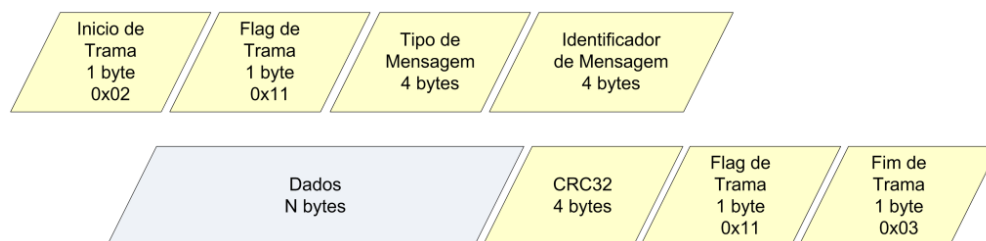


Figura 5.17 - Formato da trama de transmissão

Para transmitir o sinal do exame, e para otimizar a transmissão, dividiu-se os dados a transmitir em blocos (Figura 5.18).

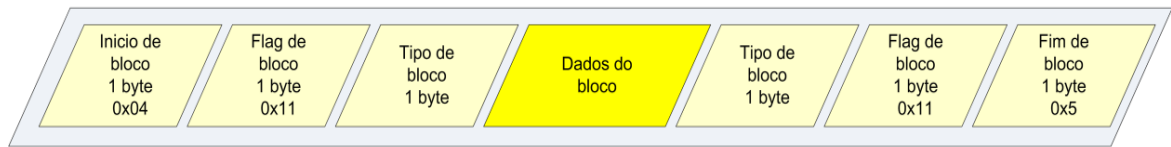


Figura 5.18 - Formato de um bloco de dados de sinal

Cada bloco corresponde a uma posição na base de tempo, e é criado de uma maneira semelhante à trama de comunicação, a menos de identificador de mensagem e do valor de CRC. O tamanho de um bloco não é fixo, e varia para cada tipo de bloco de sinal. O que acontece normalmente, é juntar-se vários blocos de dados e estes serem enviados juntos por uma trama de dados (Figura 5.19). O tamanho máximo da soma de todos os blocos é de 5Kbytes, se esse valor for ultrapassado envia-se uma nova trama com os blocos de dados seguintes.

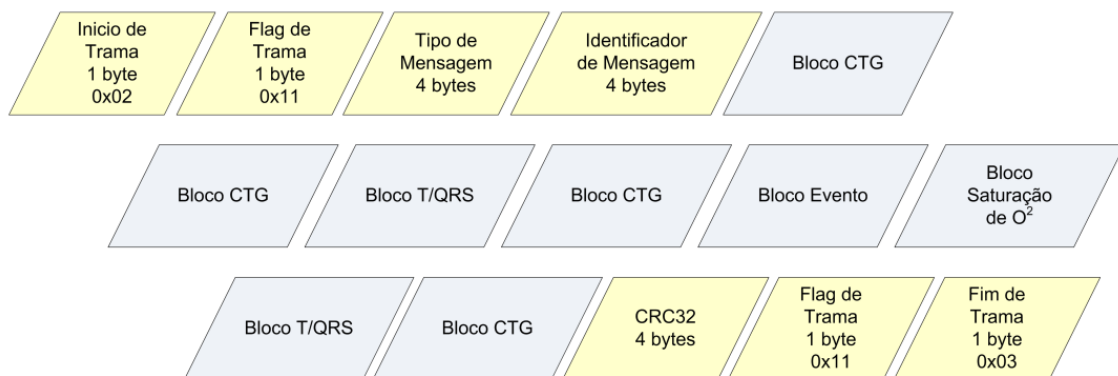


Figura 5.19 - Exemplo da transmissão de vários blocos de sinal

5.6 - Interface Gráfica

Todos os novos sinais são apresentado nos gráficos do sistema Omniview-SisPorto® - Cliente. Na Figura 5.20, pode se ver dois tipos de eventos (bifásico e episódico), dois tipos de notas, o marcador de eventos, o sinal T/QRS simples e bifásico de grau 2.

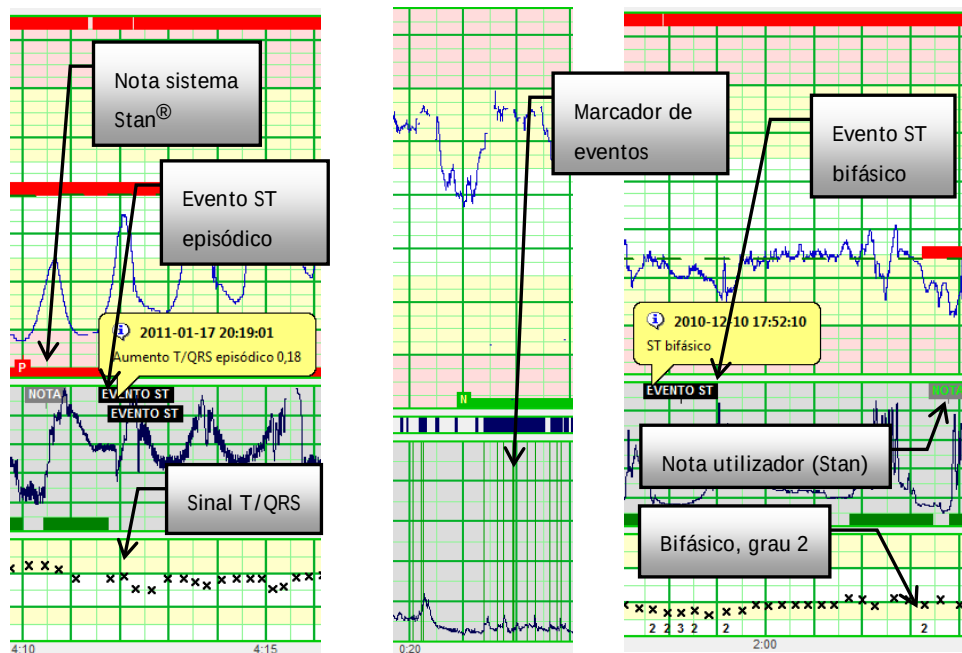


Figura 5.20 - Exemplo gráfico

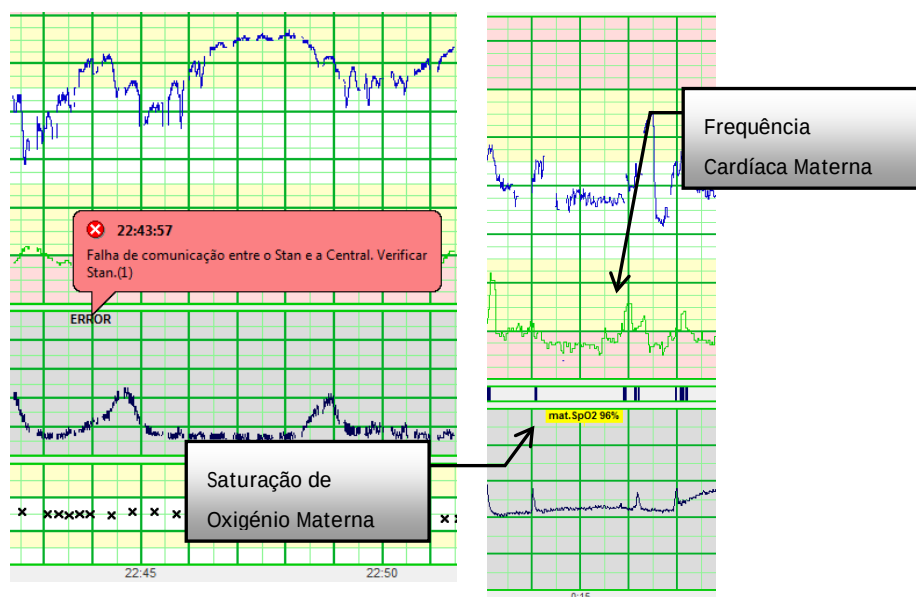


Figura 5.21 - Exemplo gráfico

Na Figura 5.21 (esquerda), pode-se ver um erro de comunicações entre o sistema Omniview-SisPorto® e o sistema Stan®, existiu a perda de um pacote de dados; na figura da direita existe um valor de Saturação de oxigénio materno e um sinal de frequência cardíaca materna (MHR).

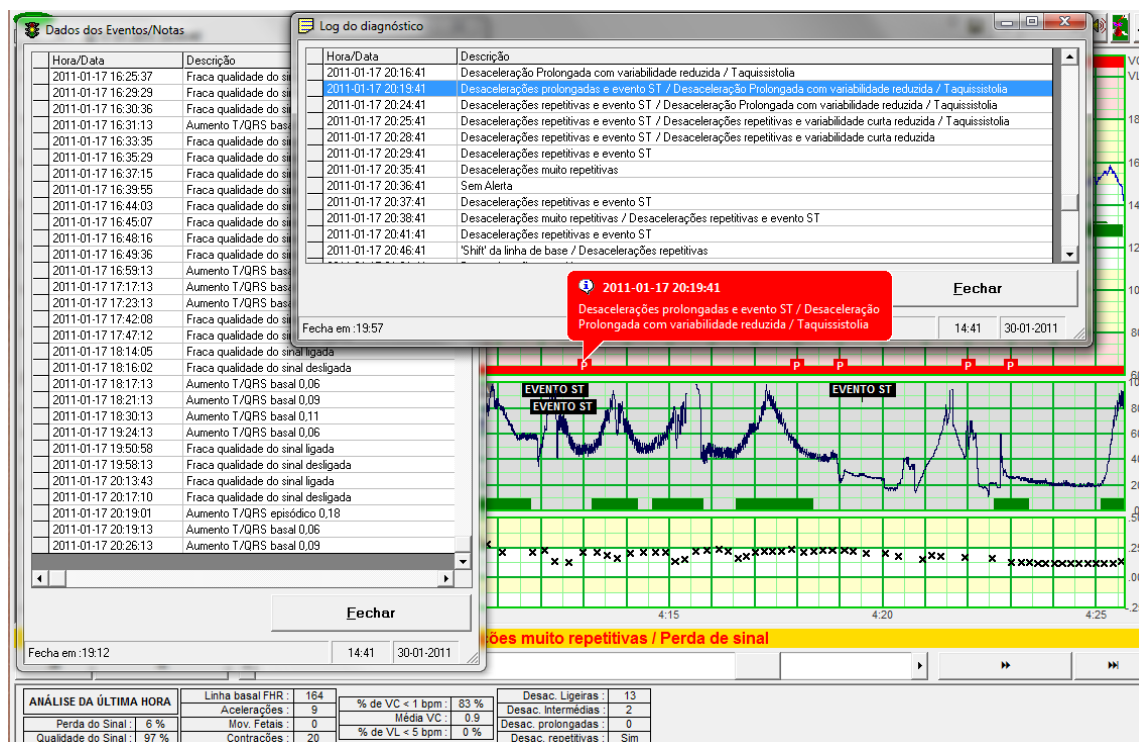


Figura 5.22 - Janelas de resumo de eventos e diagnóstico

Na figura anterior, pode-se ver as duas janelas de resumo, uma para os eventos e notas e a outra para o diagnóstico; também se pode ver uma classificação pré-terminal.

5.7 - Identificação da parturiente

Foi necessário criar rotinas para permitir a identificação da parturiente, a partir do sistema Stan®, e enviar a informação para o sistema Omniview-SisPorto®. A partir do sistema Omniview-SisPorto®, também passou a ser possível enviar a informação da parturiente para o Stan®. Foi preciso implementar *flags* de controlo para impedir que os sistemas entrem num ciclo de actualizações.

Capítulo 6

Diagnóstico

6.1 - Novas rotinas de processamento de sinal

Foram criadas duas rotinas de processamento de sinal, uma para detectar a perda de sinal T/QRS, e a outra para verificar que não se está a monitorizar o mesmo sinal, através de sondas diferentes.

6.1.1. Detecção de perda de sinal T/QRS

Nesta rotina efectua-se o teste ao sinal T/QRS. A rotina consiste em verificar se existe sinal T/QRS nos últimos 4 minutos de traçado, para sondas do tipo DECG (*Direct ECG*) ou AECG (*Abdominal ECG*).

6.1.2. Detecção de monitorização do mesmo sinal

No último minuto do sinal, pretende-se verificar nos dois sinais a analisar, se 85% de pontos são válidos e se o número de pontos em que a diferença entre sinais, é menor do que três é superior a 50%, do considerados como pontos validos; então considera-se que se está a monitorizar o mesmo sinal.

Realiza-se o teste de detecção de monitorização do mesmo sinal, para a combinação dos seguintes sinais; FHRa, FHRb e MHR.

6.2 - Alertas

A combinação da análise do sinal CTG e dos eventos ST, permite criar alertas, que são visíveis na janela principal do sistema Omniview-SisPorto®.

6.2.1. Descrição de alertas

Alertas de atenção, ocorrem com alterações, que não estão normalmente associadas com hipóxia fetal, como por exemplo CTG e ST perda de sinal, excesso de contracções uterinas, e monitorização de frequência cardíaca materna. O alerta consiste numa mensagem visual azul, sem som.

Alertas de atenção extra, ocorrem com alterações, que podem ou não estar associadas com hipoxia fetal, tais como grande perda de sinal. O alerta consiste numa mensagem visual azul a piscar, com um alerta sonoro configurável, para chamar a atenção dos profissionais de saúde para a eventual necessidade de agir sobre a situação.

O alerta de condições de normalidade atingidas, foi projectado para traçados CTG de curta duração, como os que ocorrem na consulta. Este alerta só ocorre, entre 20 a 60 minutos, após o início do traçado, e se todas as condições de acelerações, desacelerações e de variabilidade curta são satisfeitas. É dado um alerta verde, sem som.

Alertas suspeito, ocorrem com alterações na FCF que não são normalmente associadas à hipóxia fetal, mas podem exigir um acompanhamento contínuo e, ocasionalmente, investigação adicional: bradicardia fetal; 'shift' da linha de base; taquicardia fetal; ausência de acelerações; desacelerações repetitivas, mas de curta duração. É dado um alerta amarelo, sem som.

Alerta muito suspeito, ocorrem com alterações da FCF mais preocupantes, que são normalmente associadas a um considerável risco de hipoxia fetal iminente: desacelerações muito repetitivas; desacelerações prolongadas; desacelerações repetitivas e evento ST. Implicam uma monitorização atenta e de medidas adicionais para impedir o progresso para episódios mais relevantes de hipóxia. Apresenta um alerta laranja a piscar e com som.

Alertas pré-terminal, ocorrem com alterações de sinal que são normalmente associados com hipóxia moderada a hipóxia severa do feto: variabilidade longa e curta reduzida; desacelerações repetitivas ou prolongadas e variabilidade longa reduzida ou evento ST; taquicardia, desacelerações e evento ST; desacelerações e evento ST; desaceleração muito prolongada. São necessárias medidas rápidas, para evitar resultados anormais no feto. Apresenta um alerta vermelho a piscar e com som.

6.2.2. Árvore de classificação

Resumo final da árvore de classificação e dos alertas que podem ocorrer no sistema Omniview-SisPorto®:

Condições de normalidade atingidas

- Linha basal e de base do FHR com valores de 105-160 bpm
- E: ≥ 2 acelerações nos últimos 50 minutos
- E: baixo valor de variabilidade longa anormal (aLTV) nos últimos 30 OU 10 minutos consecutivos de LTV normal nos últimos 50 minutos
- E: ≤ 1 desacelerações com duração < 2 minutos nos últimos 50 minutos
- Não pode haver alertas anteriores do tipo: Atenção Extra; Suspeito; Muito Suspeito;

Atenção

- Perda de sinal
 - perda de sinal $> 15\%$ nos últimos 10 minutos
 - E : perda de sinal $\leq 50\%$ últimos 5 minutos
- Taquissistolia
 - > 5 em contracções nos últimos 10 ou 11 minutos ou > 5 em contracções nos últimos 15
- Monitorização da frequência cardíaca materna?
 - Sinal compatível com a frequência cardíaca materna
- ST Signal Loss
 - Não há sinais T/QRS nos últimos 4 minutos

Atenção Extra

- Monitorização do mesmo gémeo?
 - Numero de pontos em que a diferença entre sinais é menor que 3 é superior a 50% de pontos válidos
- Grande Perda de sinal
 - perda de sinal $> 50\%$ nos últimos 5 minutos
- Monitorização da frequência cardíaca materna? / Desaceleração?
 - Sinal compatível com a frequência cardíaca materna
 - OU: desaceleração com duração de $[2, 8[$ minutos
- Monitorização da frequência cardíaca materna? / Desaceleração prolongada?
 - Sinal compatível com a frequência cardíaca materna
 - OU: desaceleração com duração de com mais de 8 minutos

Suspeito

- Bradicardia fetal
 - Linha Basal ≤ 105 bpm
- "Shift" da linha de base
 - Linha de base $>$ Linha basal + 20 bpm , últimos 10 minutos
- Taquicardia fetal
 - Linha basal > 160 bpm (todo o traçado)
 - OU: linha de base > 160 bpm, nos últimos 20 minutos
- Ausência de acelerações
 - ≤ 1 acelerações nos últimos 50 minutos
- Desacelerações
 - ≥ 1 desacelerações intermédias (2-5 minutos), nos últimos 5 minutos
- Desacelerações repetitivas
 - ≥ 2 desacelerações nos últimos 10 minutos
 - E : ≥ 4 desacelerações nos últimos 20 minutos
- Variabilidade longa reduzida
 - Variabilidade longa anormal (aLTV) $> 31\%$, nos últimos 30 minutos
 - E : Variabilidade longa anormal (aLTV) $> 31\%$, nos últimos 10 minutos
 - E : não haver acelerações do tipo "spiky"

Muito Suspeito

- Desacelerações repetitivas e Taquissistolia
 - Desacelerações repetitivas nos últimos 20 minutos
 - E : [> 5 em contracções nos últimos 10 ou 11 minutos ou > 5 em contracções nos últimos 15]
- Desacelerações muito repetitivas
 - [≥ 3 desacelerações nos últimos 10 minutos e ≥ 7 desacelerações nos últimos 20 minutos e ≥ 1 desacelerações com mais de 1 minuto nos últimos 10 minutos]
 - OU: [≥ 2 desacelerações nos últimos 10 minutos e ≥ 4 desacelerações nos últimos 20 minutos e ≥ 1 desacelerações com mais de 2 minuto nos últimos 20 minutos]
- Desaceleração Prolongada
 - Uma ou mais desaceleração com duração de [5, 8[minutos nos últimos 10 minutos
 - E : Variabilidade curta normal nos últimos 5 minutos
- Desacelerações repetitivas e Evento ST
 - Desacelerações repetitivas nos últimos 20 minutos
 - E : [1 bifásico ST OU 1 aumento T/QRS episódico com valor 0.10 - 0.15 OU aumento T/QRS basal com valor 0.05-0.10] nos últimos 20 minutos

- Variabilidade longa reduzida
 - Variabilidade longa anormal (aLTV) > 31%, nos últimos 50 minutos
 - E: Variabilidade longa anormal (aLTV) > 31%, nos últimos 10 minutos

Pré-terminal

- Variabilidade longa reduzida
 - Variabilidade longa anormal (aLTV) > 31%, nos últimos) 90 minutos
 - E: Variabilidade longa anormal (aLTV) > 31%, nos últimos 10 minutos
- Desacelerações repetitivas e variabilidade longa reduzida
 - Desacelerações repetitivas nos últimos 20 minutos
 - E : Variabilidade longa anormal (aLTV) > 31%, nos últimos) 90 minutos
- Taquicardia, desacelerações e evento ST
 - linha de base > 160 bpm e desacelerações > 2 minutos e (qualquer aumento T/QRS episódico ou aumento T/QRS basal), tudo nos últimos 20 minutos
 - E: linha de base > 160 bpm e desacelerações repetitivas e (qualquer aumento T/QRS episódico ou aumento T/QRS basal), tudo nos últimos 20 minutos
- Desacelerações repetitivas e evento ST
 - Desacelerações repetitivas nos últimos 20 minutos
 - E : [mais do que um bifásico ST OU um ou mais aumento T/QRS episódico com valor > 0.15 OU um ou mais aumento T/QRS basal com valor > 0.10 OU mais do que dois eventos ST, qualquer tipo] nos últimos 10 minutos
- Desacelerações e evento ST
 - Uma ou mais desaceleração com duração de [2, 5[minutos nos últimos 20 minutos
 - E : [mais do que um bifásico ST OU um ou mais aumento T/QRS episódico com valor > 0.15 OU um ou mais aumento T/QRS basal com valor > 0.10] nos últimos 20 minutos
- Desacelerações muito repetitivas e evento ST
 - Desacelerações muito repetitivas
 - E : [mais do que um bifásico ST OU um ou mais aumento T/QRS episódico OU um ou mais aumento T/QRS basal] nos últimos 20 minutos
- Desacelerações Prolongada e evento ST
 - Uma ou mais desaceleração com duração de >5 minutos nos últimos 5 minutos
 - E : [mais do que um bifásico ST OU um ou mais aumento T/QRS episódico OU um ou mais aumento T/QRS basal] nos últimos 5 minutos
- Variabilidade curta reduzida
 - Não haver acelerações do tipo "spiky" nos últimos 50 minutos
 - E : Mais do que 50% dos valores fora do intervalo à volta da linha basal, nos últimos 20 minutos
 - E: Valor alto de aSTV nos últimos 10 e 20 minutos

- Desacelerações repetitivas e variabilidade curta reduzida
 - Desacelerações muito repetitivas
 - E: Não haver acelerações do tipo "spiky" nos últimos 30 minutos
 - E: Valor alto de aSTV nos últimos 10 e 20 minutos
- Desaceleração muito prolongada
 - Uma ou mais desaceleração com duração de >8 minutos nos últimos 5 minutos
- Desaceleração prolongada com variabilidade reduzida
 - Uma ou mais desaceleração com duração de >5 minutos nos últimos 5 minutos
 - E: Valor alto de aSTV nos últimos 10 e 20 minutos

Capítulo 7

Conclusões

- ✓ Este projecto nasceu de uma necessidade dos profissionais de saúde de integrar os dados do CTG com os dados da análise da onda ST.
- ✓ A nova versão do sistema Omniview-SisPorto[®], já se encontra instalada em diversos hospitais, onde se incluí o Hospital São João, e está a funcionar em permanência sem apresentar problemas de estabilidade.
- ✓ Os problemas de rede *wireless* que surgiram na Maternidade Dr. Alfredo da Costa, encontram-se resolvidos e o sistema está funciona sem problemas.
- ✓ O Omniview-SisPorto[®] 3.6 é a primeira central de monitorização, a incorporar a análise computadorizada do CTG e dos sinais e eventos ST, e a providenciar alertas visuais e sonoros, em tempo real.
- ✓ A nova versão do sistema Omniview-SisPorto[®] foi bem aceite, tanto por médicos e enfermeiros, e encontra-se integrada na prática clínica dos respectivos serviços.
- ✓ Um ensaio randomizado (RCT), com início este ano, vai permitir avaliar a eficácia das alterações introduzidas no sistema Omniview-SisPorto[®].
- ✓ Foram cumpridos todos os objectivos propostos para o projecto.

Anexo A

Protocolo Stan[®]

O protocolo foi fornecido pelo fabricante do monitor fetal, Neoventa Medical AB, da Suécia, mas com o acordo de manter o seu *conteúdo confidencial* (Neoventa Medical, 2006).

Pode-se no entanto, fazer algumas considerações sobre o protocolo, em particular o que é de conhecimento público.

A.1 - Interface de comunicações

A comunicação com o monitor fetal Stan[®] é efectuada através de uma comunicação série do tipo RS232-C, a uma velocidade de 1200 *baud*, sem paridade e com 1 *start* bit, 8 bits de dados e 1 *stop* bit.

A comunicação é efectuada nos dois sentidos, e os dados são enviados em pacotes dentro de tramas de dados. As tramas são constituídas por uma sequência inicial, um tipo de pacote, a informação a transmitir, uma sequência final e terminando com um checksum de 16-bits. Quando se transmite uma palavra (*word*) o byte mais significativo (MSB) é sempre enviado em primeiro lugar.

Tramas com sequências iniciais erradas, erros de checksum ou de tipo de pacote desconhecido devem ser ignoradas. Não existe um mecanismo que permita a retransmissão pelo monitor fetal Stan[®] de pacotes de dados perdidos. No entanto, para pacotes essenciais do Stan[®] existe um contador que permite detectar se algum destes pacotes foi perdido.

A existência de um contador de pacotes é uma importante diferença dos protocolos padrões na indústria de monitorização de CTGs e permite uma melhor vigilância sobre a qualidade e fiabilidade dos dados adquiridos.

A.1.1. Formato das tramas de comunicações

Todas as tramas necessárias para implementar o protocolo têm sempre o mesmo formato, a menos do tipo pacote e dos dados transmitidos (Tabela A.1). As tramas começam sempre com dois bytes [DLE, STX], e terminam com dois bytes [DLE, ETX] seguidos de dois bytes de CRC16 (Tabela A.3).

Tabela A.1- Estrutura da trama de comunicações

<DLE>	<STX>	<TIPO>	<Dados>	<DLE>	<ETX>	<CRC>	<CRC>
Início de Trama		Tipo de trama	Informação a transmitir	Fim de trama		CCITT CRC	

Os bytes especiais são usados para determinar o início e fim de uma trama, em particular o byte DLE (Tabela A.2).

Tabela A.2 - Bytes especiais

Byte	HEX	Descrição
DLE	10h	Data linkage escape
STX	02h	Início do Texto
ETX	03h	Fim do Texto

Para garantir que não existe problemas na recepção das tramas é necessária uma regra para as situações em que ocorrer um DLE no meio de pacotes de dados. Neste caso, o protocolo especifica que o valor deve ser substituído por [DLE, DLE], isto é, efectuar *bit stuffing*. O que permite efectuar a distinção entre as sequencias [DLE, STX] e [DEL, ETX]. As rotinas que processam o envio e recepção de tramas têm de ter em atenção a possibilidade da existência de um DLE na trama.

No fim de cada trama existem dois bytes de CRC (16-bit CRC) (Tabela A.3).para verificação da integridade dos dados transmitidos. Existem diversos tipos de implementações de CRC, mas o que é utilizado pelo protocolo Stan® é conhecido por XMODEM ou ZMODEM.

Tabela A.3 - Características da implementação do CRC (checksum)

Tamanho	16 bits
Polinómio	1021h
Valor inicial	0000h
Enchimento (<i>Padding</i>)	Sim (16 bits no fim)

A.1.2. Pacote C

O Pacote CTG (pacote C) contém os sinais básicos de cardiotocografia. O pacote contém dados da frequência cardíaca do feto, das contracções uterinas, movimentos fetais e frequência cardíaca materna e é transmitido uma vez por segundo (1Hz), mas a amostragem dos sinais é de quatro vezes por segundo (4Hz), razão pela qual o pacote contém quatro amostras de cada sinal amostrado. Por exemplo para sinal FHR1 existem quatro amostras em que o mais antigo é o HR1(0) e o mais actual é o HR1(3), o intervalo de tempo entre cada amostra é sempre igual a 250 ms.

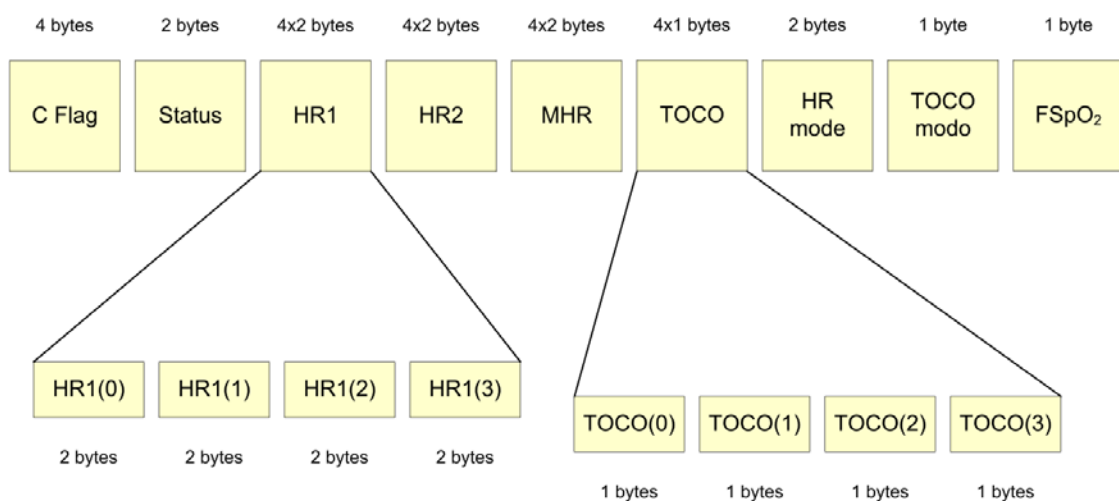


Figura A.1 - Informação transmitida pelo pacote do tipo C

O campo estado (status) do pacote C, contém informação sobre o estado do monitor fetal, se telemetria ligada ou desligada, o estado do corrente pacote C (validade de bits), tipo de movimentos fetais, offsets de FHR, presença de informação sobre a saturação de oxigénio do feto (FSpO₂) e mais alguns dados de informação (Tabela A.4).

Tabela A.4 - Codificação do campo "Status"

Número de bit/Byte mais significativo								Número de bit/Byte menos significativo								Descrição
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	
x	x	x	0	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	x	X	
															0	FMP não activo
															1	FMP activo
															0	HR1 gémeos offset desligado
															1	HR1 gémeos offset ligado (+20 bmp)
															0 0 0	Reserva (zero)
															0	Lógica DECG desligada
															1	Lógica DECG ligada
															0 0	Reserva
															0	HR verificação de canal cruzado não detectada
															1	HR verificação de canal cruzado detectada
															0	Telemetria desligada
															1	Telemetria ligada
															0	Reserva
															1	Reserva
															0	FSpO ₂ não disponível
															1	FSpO ₂ disponível
															0	Reserva (zero)
															0	No CTG data deleted
															1	CTG data (250 msec ticks) deleted
															0	No CTG data inserted
															1	Default CTG data (250 msec ticks) inserted
															0	Reserva (Monitor desligado)
															1	Reserva (Monitor ligado)

A frequência cardíaca e as contracções uterinas são transmitidas em conjuntos de quatro, em cada pacote C. A frequência cardíaca fetal é guardada em 11 bits sem sinal, e com uma resolução de 0.25 bpm. Os valores representados têm uma amplitude de 0 a 300 bpm (batimentos por minuto), onde o zero é indicativo de um traçado em branco (Tabela A.5).

As contracções uterinas são guardadas num único byte e contêm valores de 0 a 127 com uma resolução de 0.5 e com uma gama de valores de 0 a 200 (Tabela A.5).

A saturação de oxigénio fetal é guardada em 7 bits, com uma resolução de 1, e com uma gama de valores de 0 a 100 (Tabela A.5).

Tabela A.5 - Armazenamento da Frequência cardíaca, Contracções uterinas e FSpO2

	Frequência cardíaca	Contrações uterinas	FSpO ₂
Número de bits	11	8	7
Resolução	0.25 bpm	0.5	1
Valores digitais	0 ... 1200	0 ... 255	0 ... 100
Valores representados	0.25 ... 300 bpm	0 ... 127	0 ... 100
Interpretação de 0	Traçado vazio	-	-

Na tabela seguinte (Tabela A.6) está representado a codificação efectuada para a frequência cardíaca fetal da primeira sonda (HR1).

Tabela A.6 - Codificação da frequência cardíaca 1 (HR1)

Número de bit/Byte mais significativo								Número de bit/Byte menos significativo							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bits da frequência cardíaca 1															
			0	1	Movimento fetal: 1 - movimento; 2, 3 - reservado										
		0	0	Qualidade de sinal vermelho											
		0	1	Qualidade de sinal amarelo											
		1	0	Qualidade de sinal verde											
		1	1	Reservado											
0	Reservado (sempre zero)														

A codificação para a segunda frequência cardíaca fetal (HR2) e para a frequência cardíaca materna é idêntica à da primeira frequência cardíaca fetal (HR1), com a exceção de não existir informação sobre os movimentos fetais (Tabela A.7).

Tabela A.7 - Codificação da segunda frequência cardíaca (HR2) e da frequência cardíaca materna (MHR)

Número de bit/Byte mais significativo								Número de bit/Byte menos significativo							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
Bits da frequência cardíaca															
				0	0	Não é utilizado, valor sempre igual a zero									
				0	0	Qualidade de sinal vermelho									
				0	1	Qualidade de sinal amarelo									
				1	0	Qualidade de sinal verde									
				1	1	Reservado									
0	Reservado (sempre zero)														

As contracções uterinas (TOCO) estão guardadas em um único byte e não têm informação adicional embebida (Tabela A.8).

Tabela A.8 - Codificação das contracções uterinas

Número de bit							
7	6	5	4	3	2	1	0
Toco bits 7 ... 0							

O tipo de frequência cardíaca (*HR Mode*) das sondas um e dois e da materna são guardados em dois bytes (Tabela A.9).

Tabela A.9 - Codificação do tipo de frequência cardíaca

Número de bit/Byte mais significativo								Número de bit/Byte menos significativo							
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0
Reserva (Zero)															
								Tipo da MHR			Descrição				
								1			inop				
								0	0	0	Sem sonda				
								0	1	1	MECG				
								1	0	0	Ext. MHR				
								1	0	1	Reserva				
								1	1	0	Reserva				
								1	1	1	Tipo desconhecido				
								Tipo da HR2			Descrição				
								1			Inop				
								0	0	0	Sem sonda				
								0	0	1	Ultra-som				
								0	1	0	DECG				
								1	1	0	Reserva				
								1	1	1	Tipo desconhecido				
								Tipo da HR1			Descrição				
								1			Inop				
								0	0	0	Sem sonda				
								0	0	1	Ultra-som				
								0	1	0	DECG				
								1	1	0	Reserva				
								1	1	1	Tipo desconhecido				

A.1.3. Outros pacotes

O protocolo STAN® apresenta diversos tipos de pacotes de dados, tal como:

- Data/ Hora;
- Pressão arterial materna;
- SpO2 materna;
- Temperatura materna;
- Marcador de eventos;
- Dados sobre o monitor;
- Mensagem de arranque;
- Mensagem de parar;
- Dados ST (T/QRS rácios);
- Eventos ST;
- Eventos do utilizador;
- Outros eventos;
- STAN® pedido de informações;
- STAN® pedido de informações ao paciente;
- STAN® actualizar as informações do paciente;
- STAN® ping ou mensagem 'Alive'.

Para uma melhor compreensão dos restantes pacotes será necessário uma consulta ao protocolo de comunicações do Stan®.

Anexo B

Gráfico e relatório de um traçado

B.1 - Gráfico do traçado

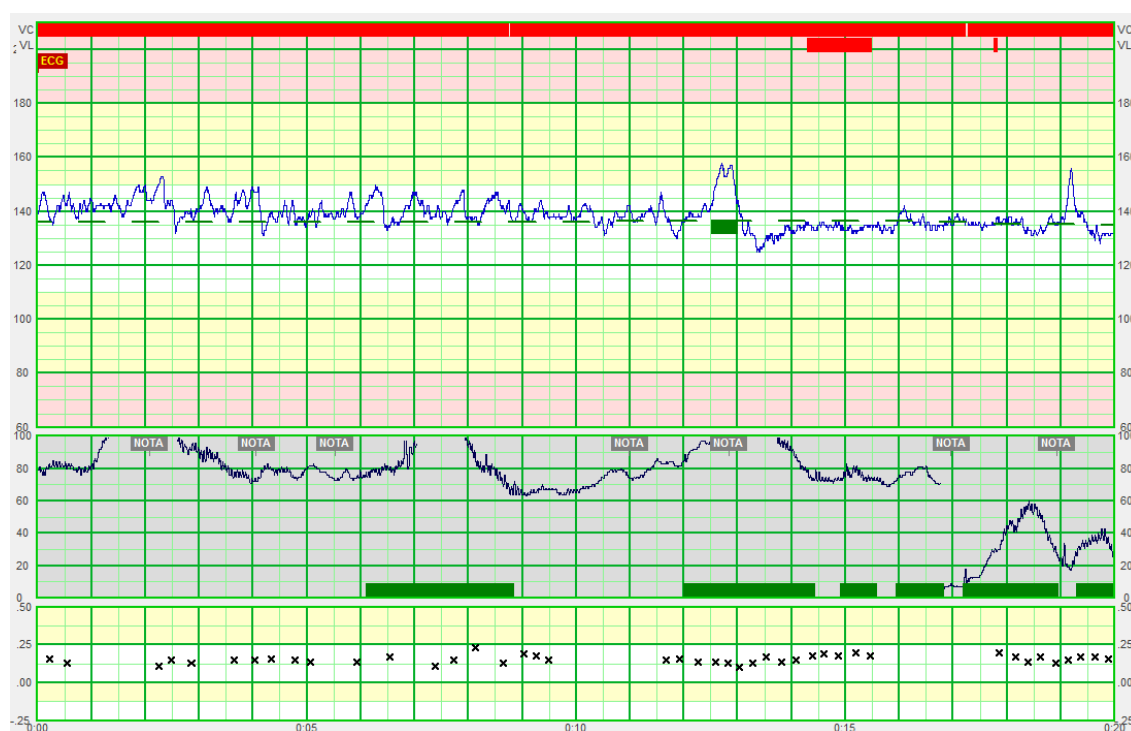


Figura B.1 - Gráfico de um exame com dados Stan® [0:00 - 0:20]

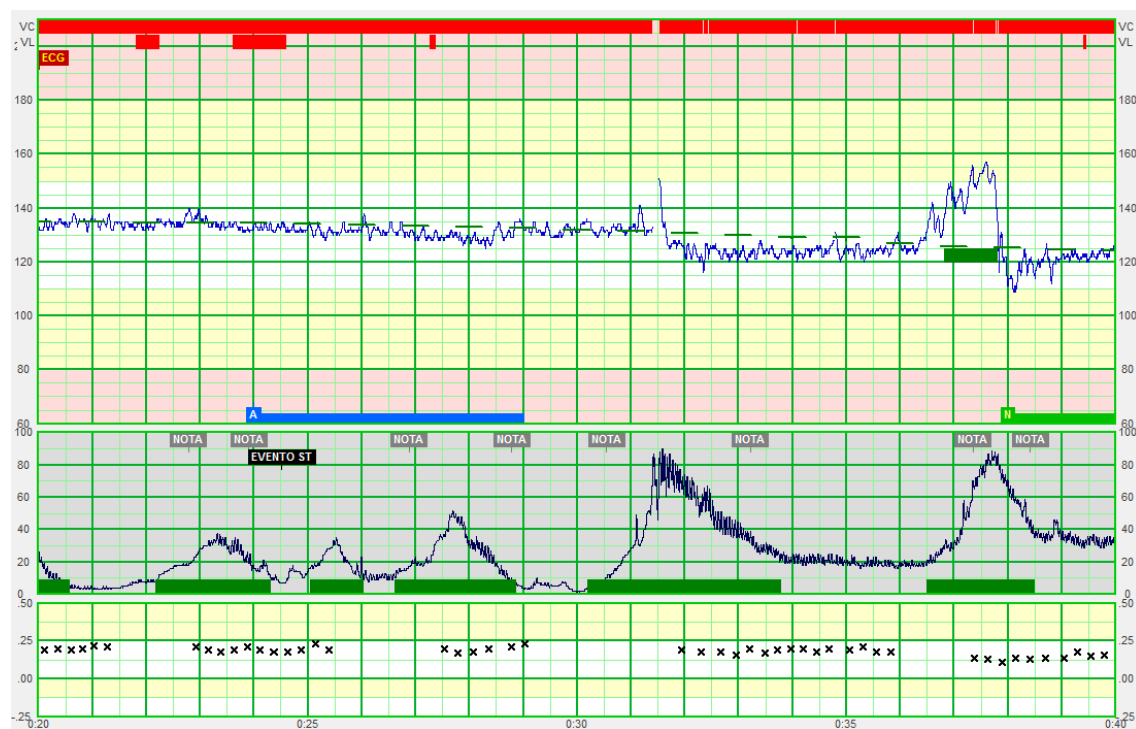


Figura B.2 - Gráfico de um exame com dados Stan® [0:20 - 0:40]

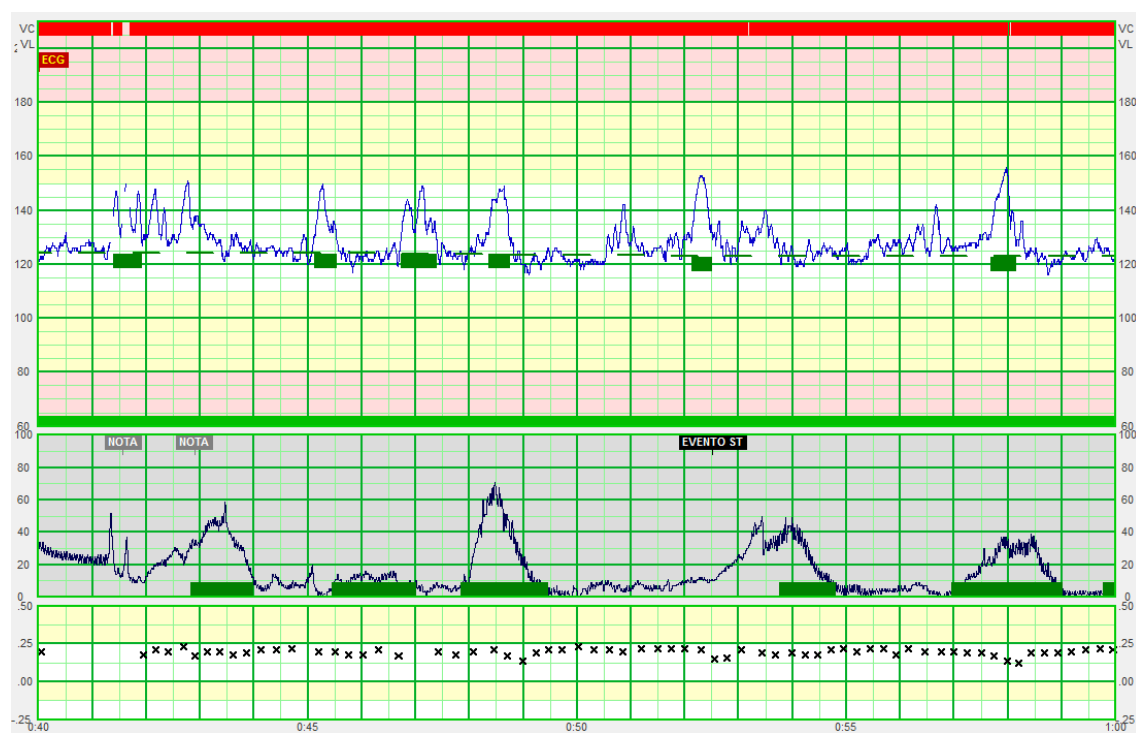


Figura B.3 - Gráfico de um exame com dados Stan® [0:40 - 1:00]

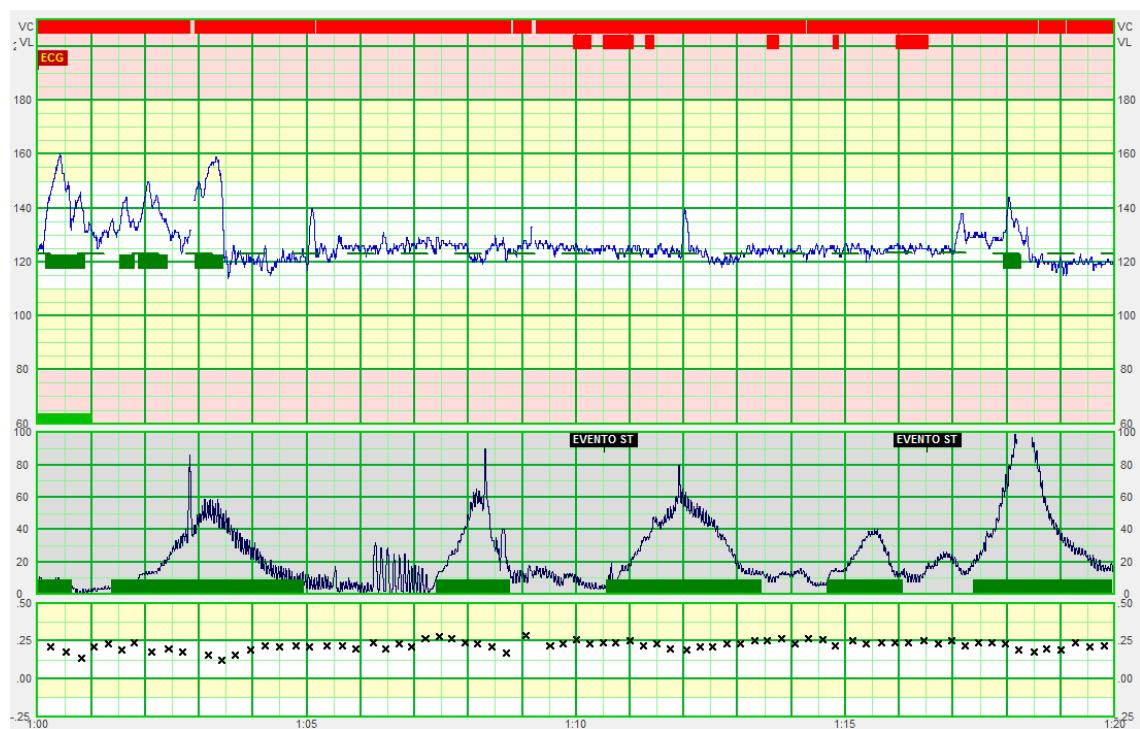


Figura B.4 - Gráfico de um exame com dados Stan® [1:00 - 1:20]

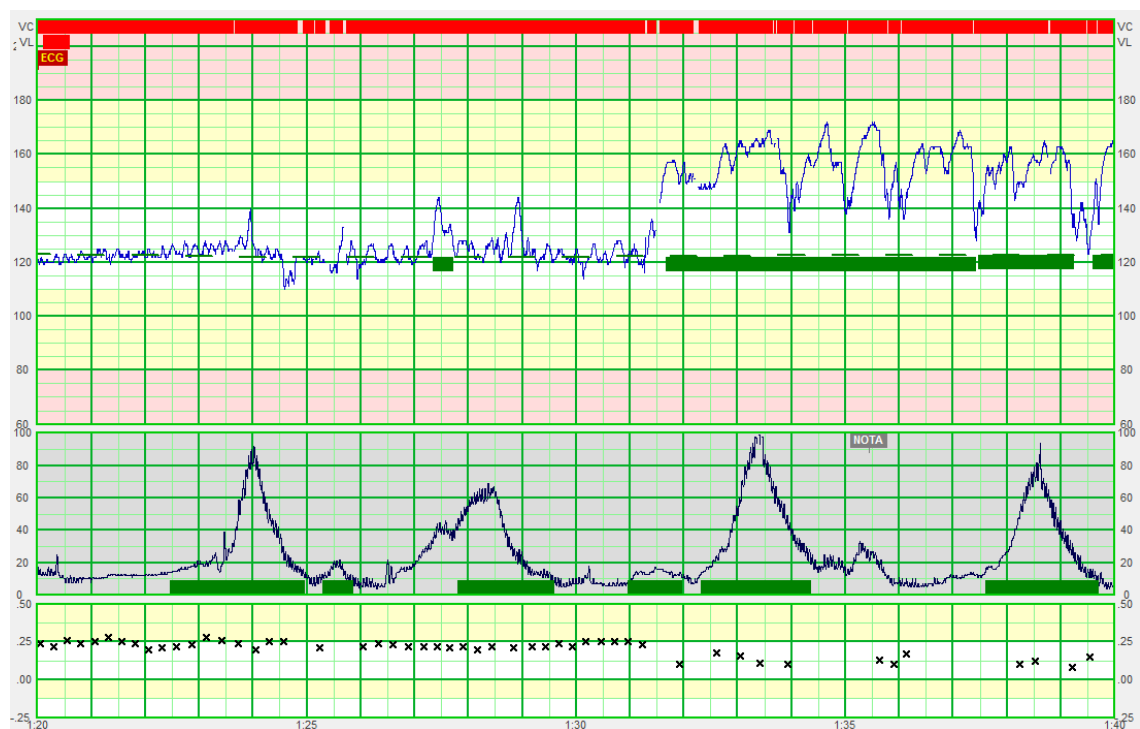


Figura B.5 - Gráfico de um exame com dados Stan® [1:20 - 1:40]

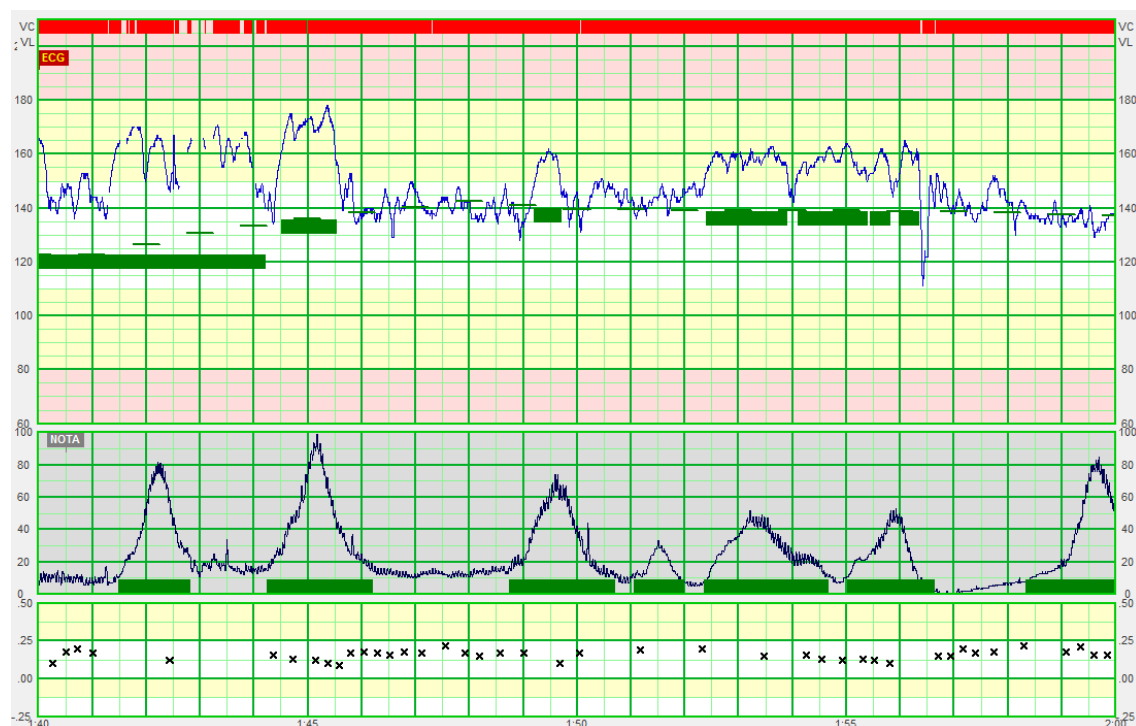


Figura B.6 - Gráfico de um exame com dados Stan® [1:40 - 2:00]

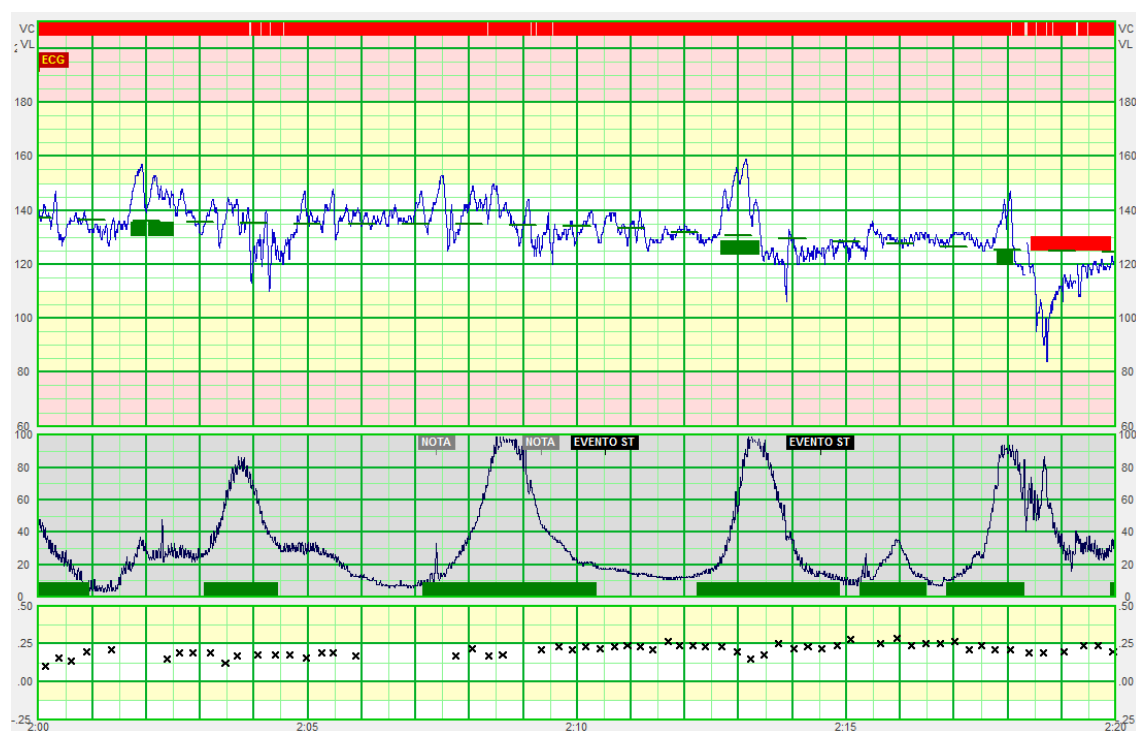


Figura B.7 - Gráfico de um exame com dados Stan® [2:00 - 2:20]

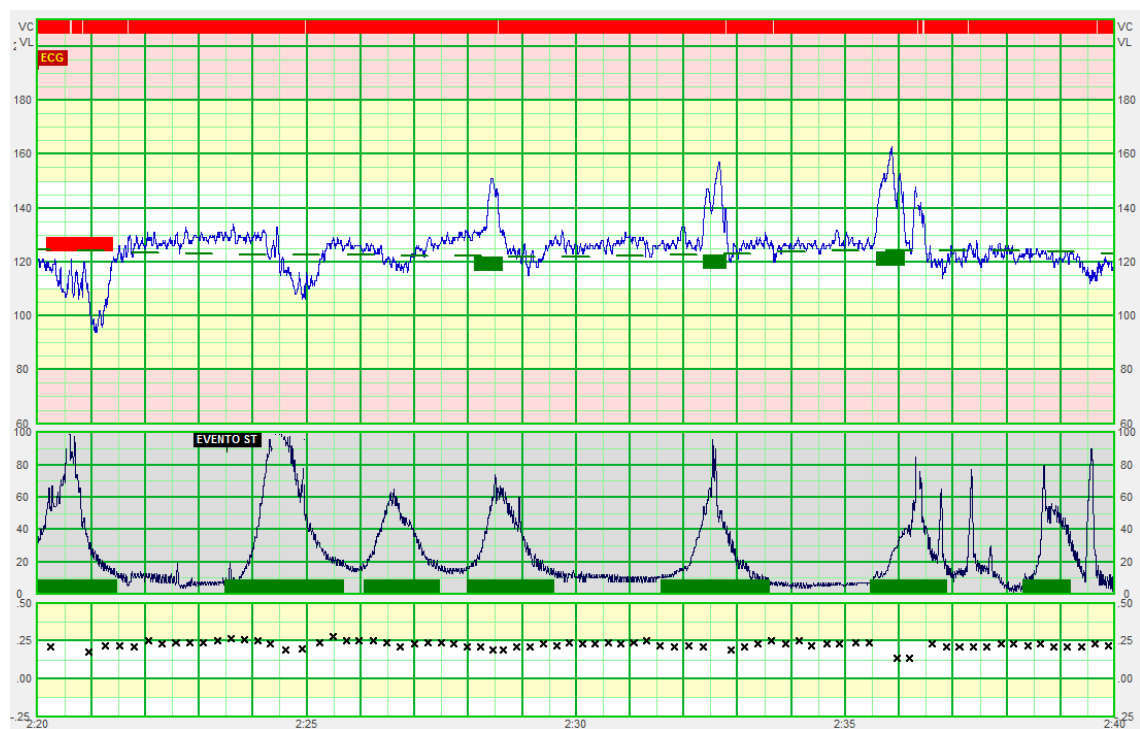


Figura B.8 - Gráfico de um exame com dados Stan® [2:20 - 2:40]

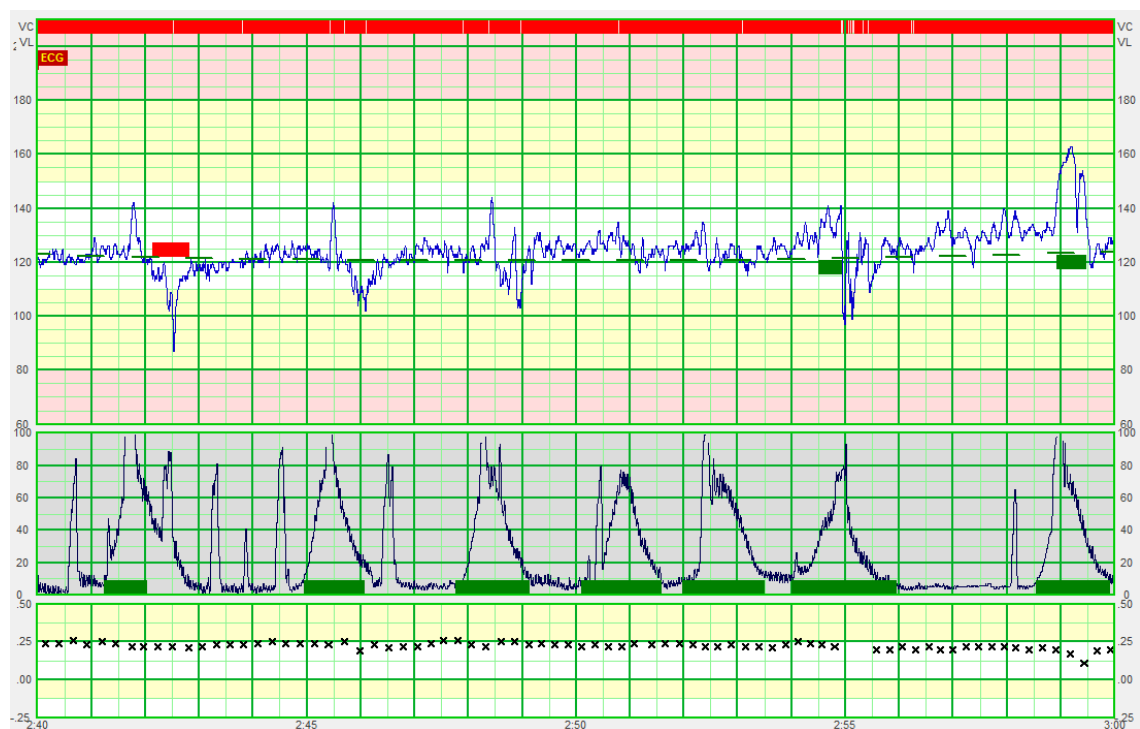


Figura B.9 - Gráfico de um exame com dados Stan® [2:40 - 3:00]

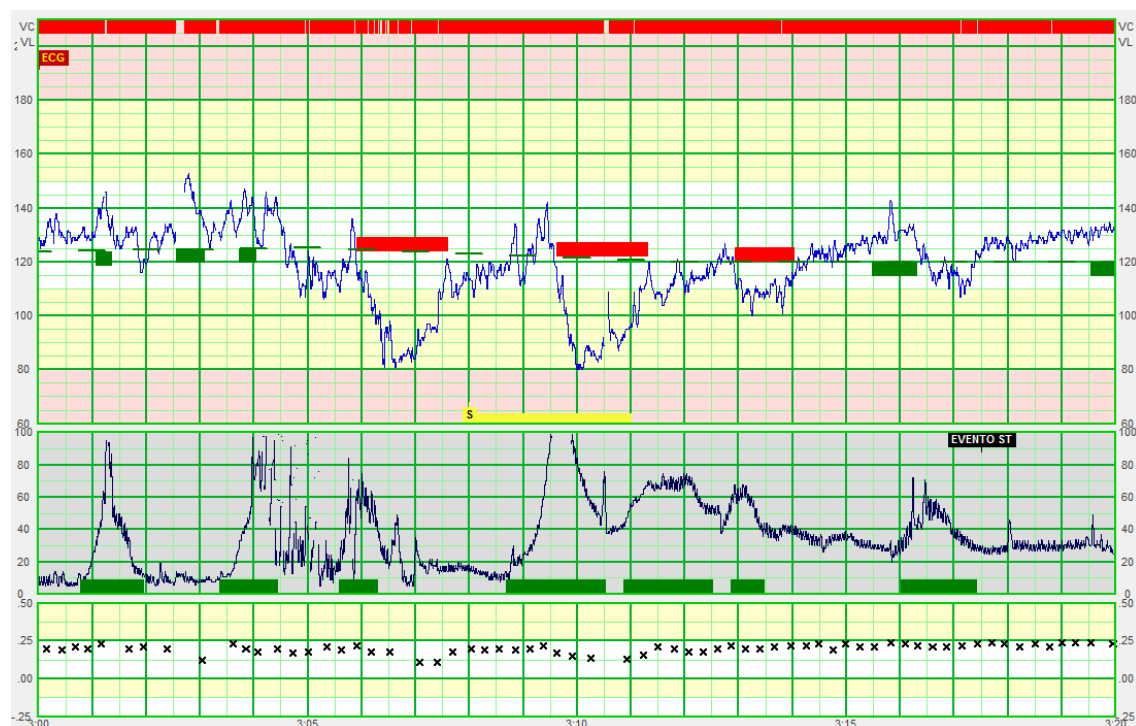


Figura B.10 - Gráfico de um exame com dados Stan® [3:00 - 3:20]

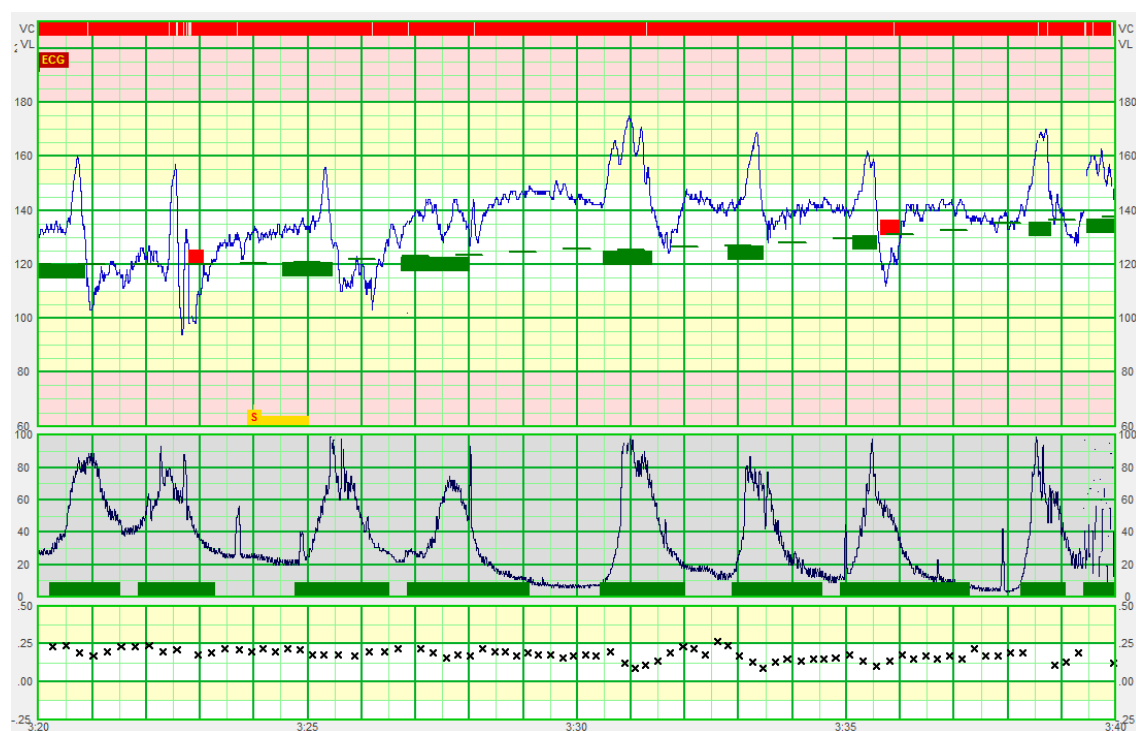


Figura B.11 - Gráfico de um exame com dados Stan® [3:20 - 3:40]

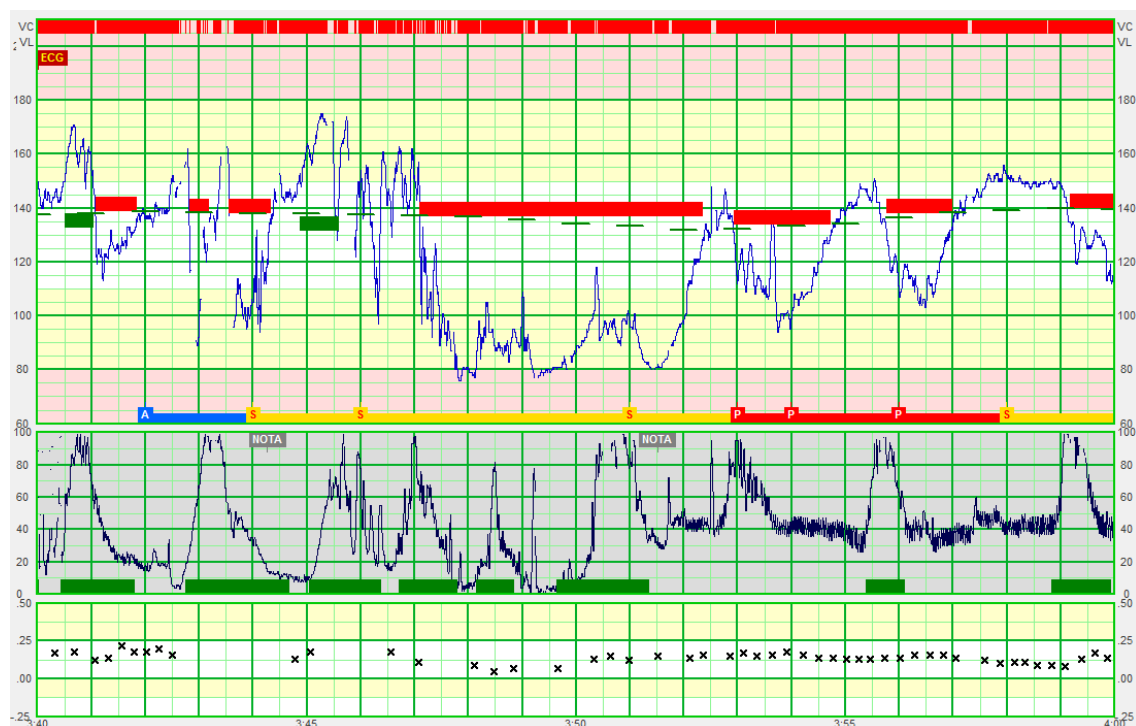


Figura B.12 - Gráfico de um exame com dados Stan® [3:40 - 4:00]

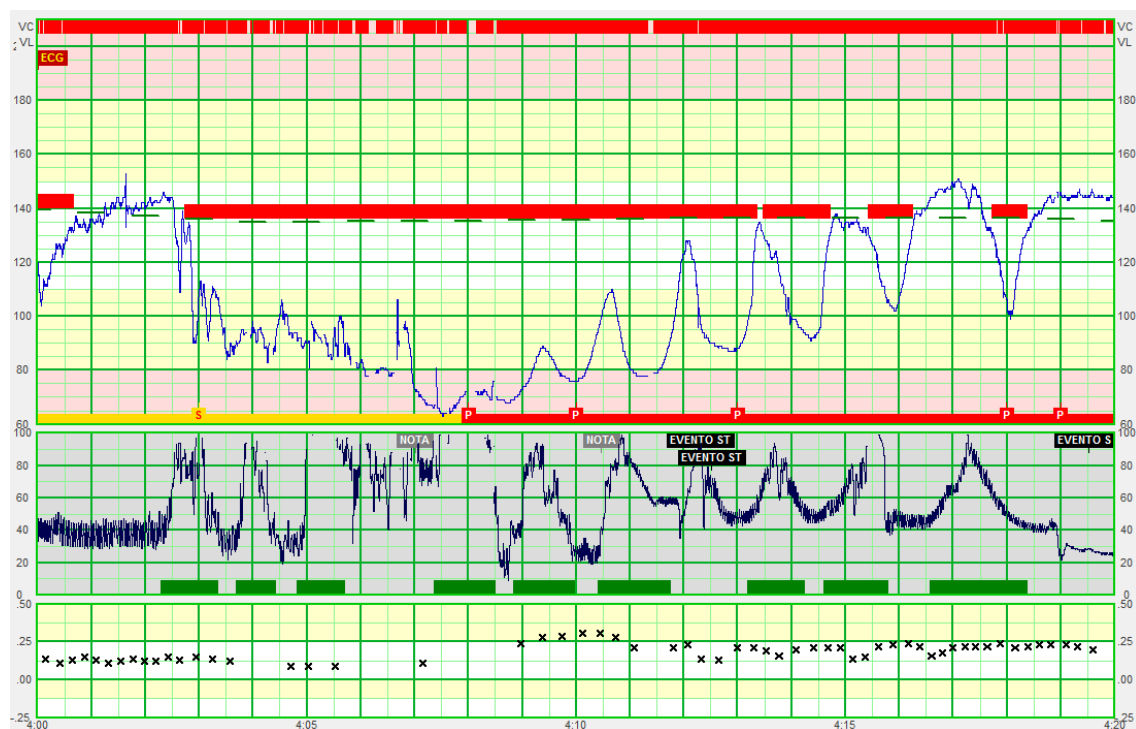


Figura B.13 - Gráfico de um exame com dados Stan® [4:00 - 4:20]

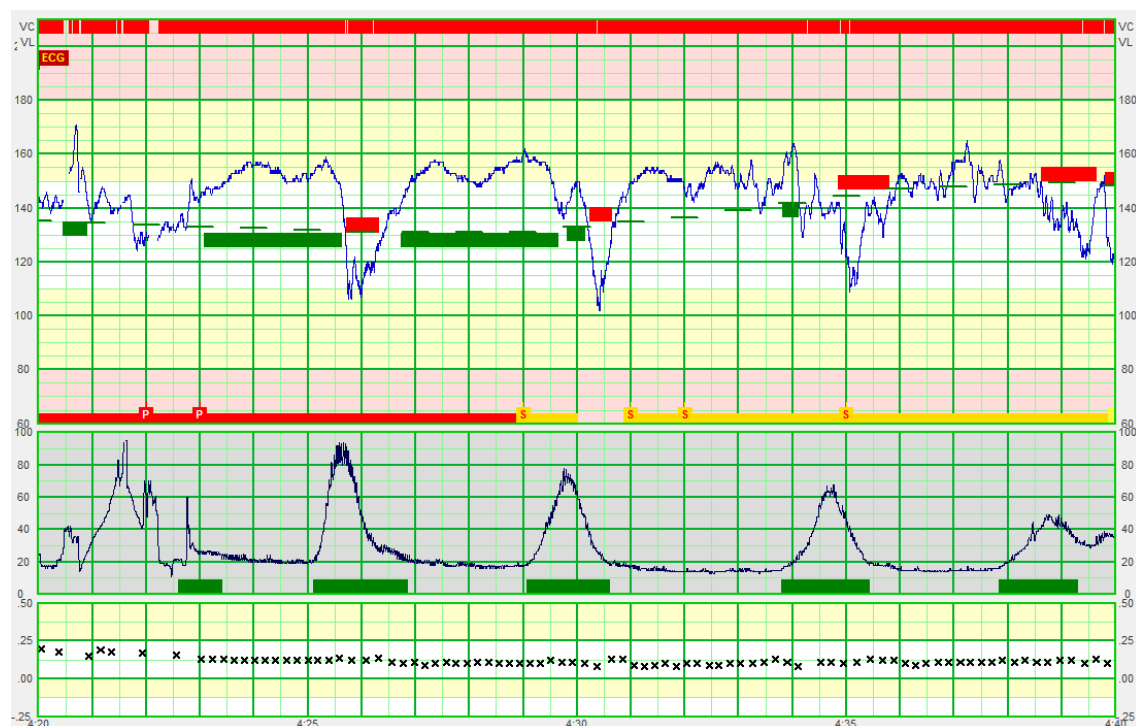


Figura B.14 - Gráfico de um exame com dados Stan® [4:20 - 4:40]

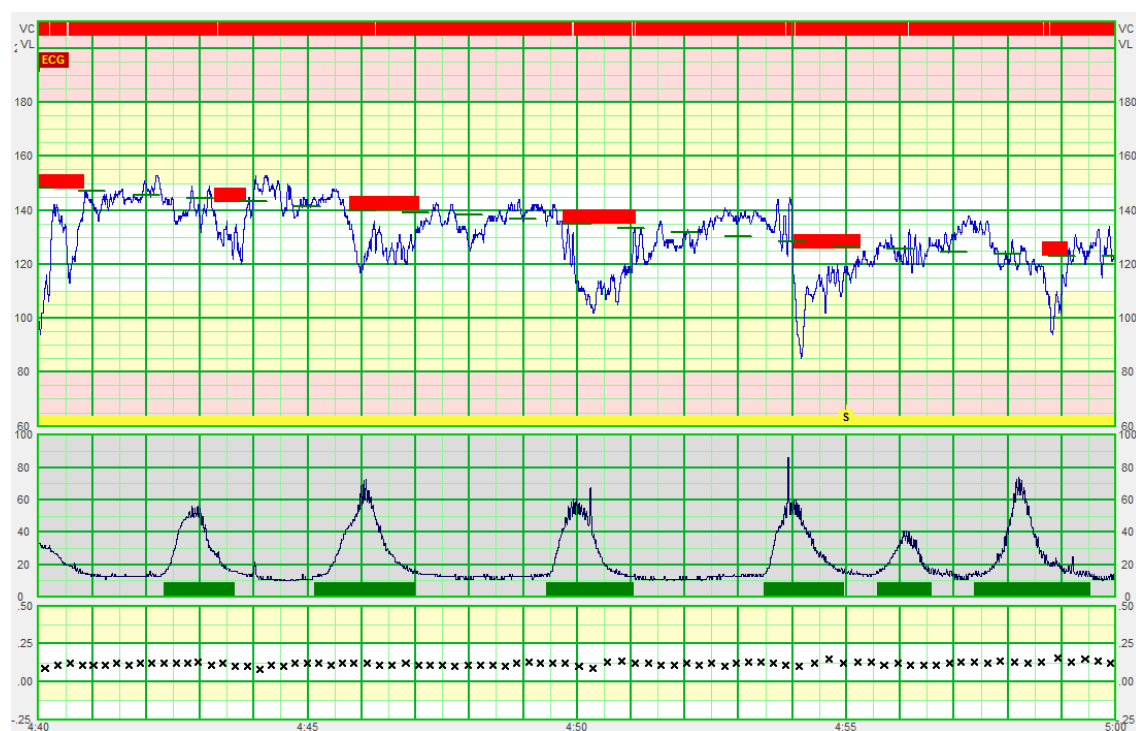


Figura B.15 - Gráfico de um exame com dados Stan® [4:40 - 5:00]

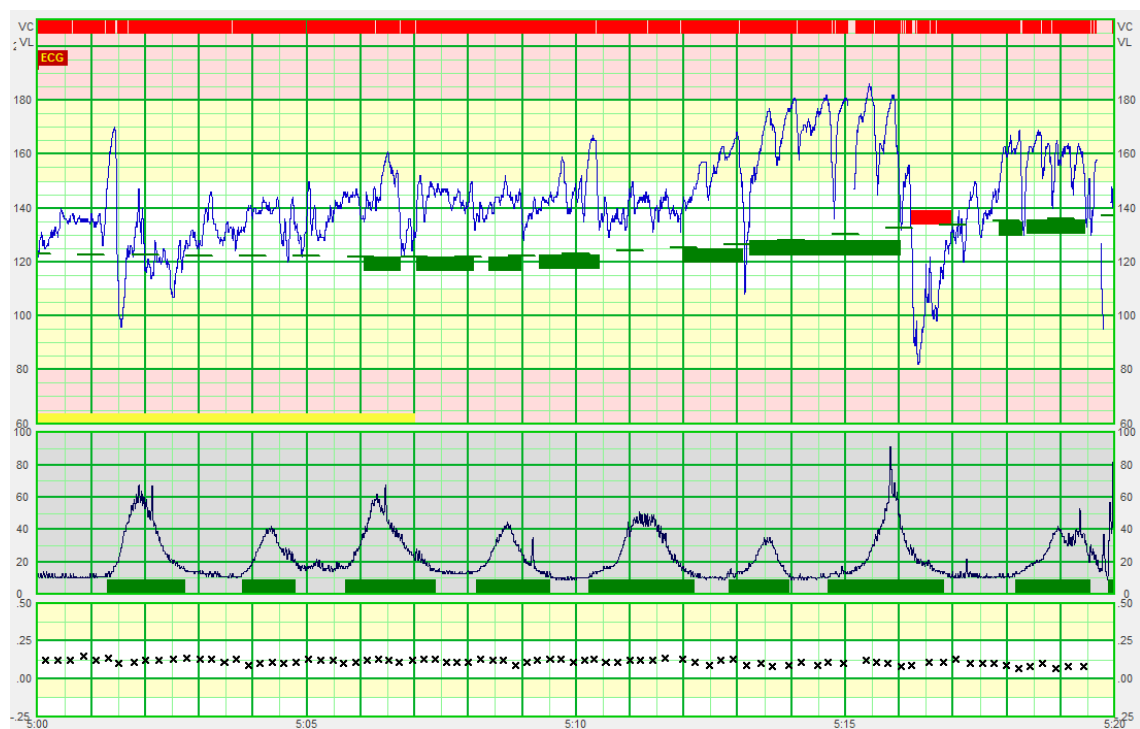


Figura B.16 - Gráfico de um exame com dados Stan® [5:00 - 5:20]

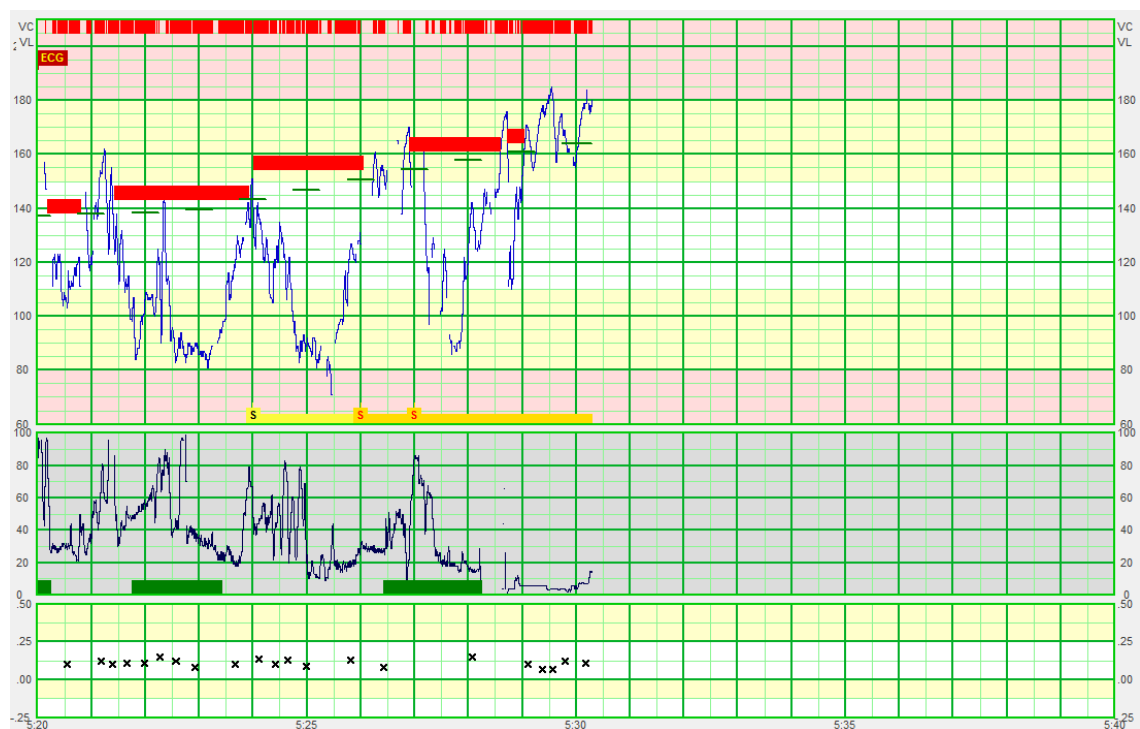


Figura B.17 - Gráfico de um exame com dados Stan® [5:20 - 5:31]

B.2 - Relatório do traçado

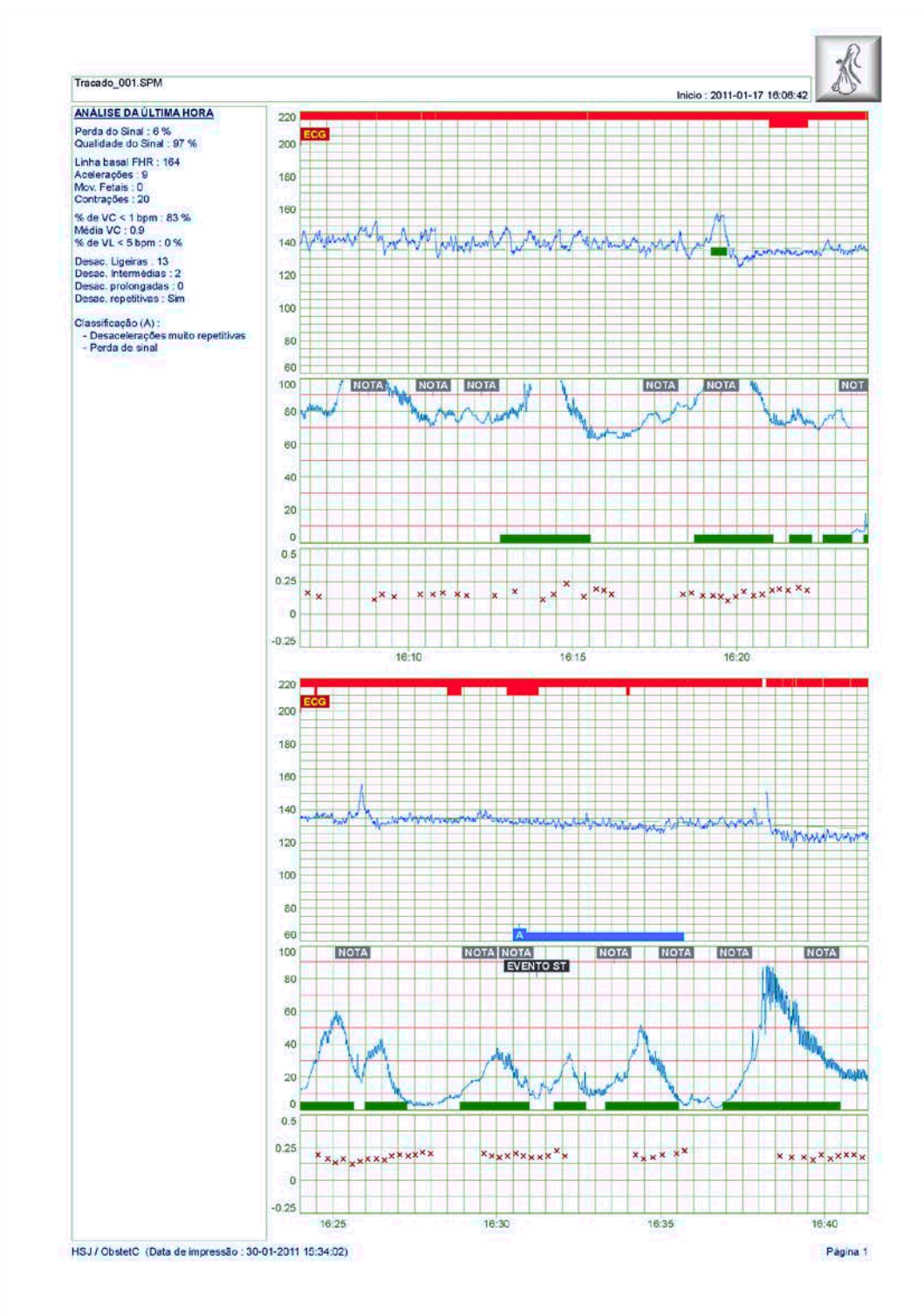


Figura B.18 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 1]

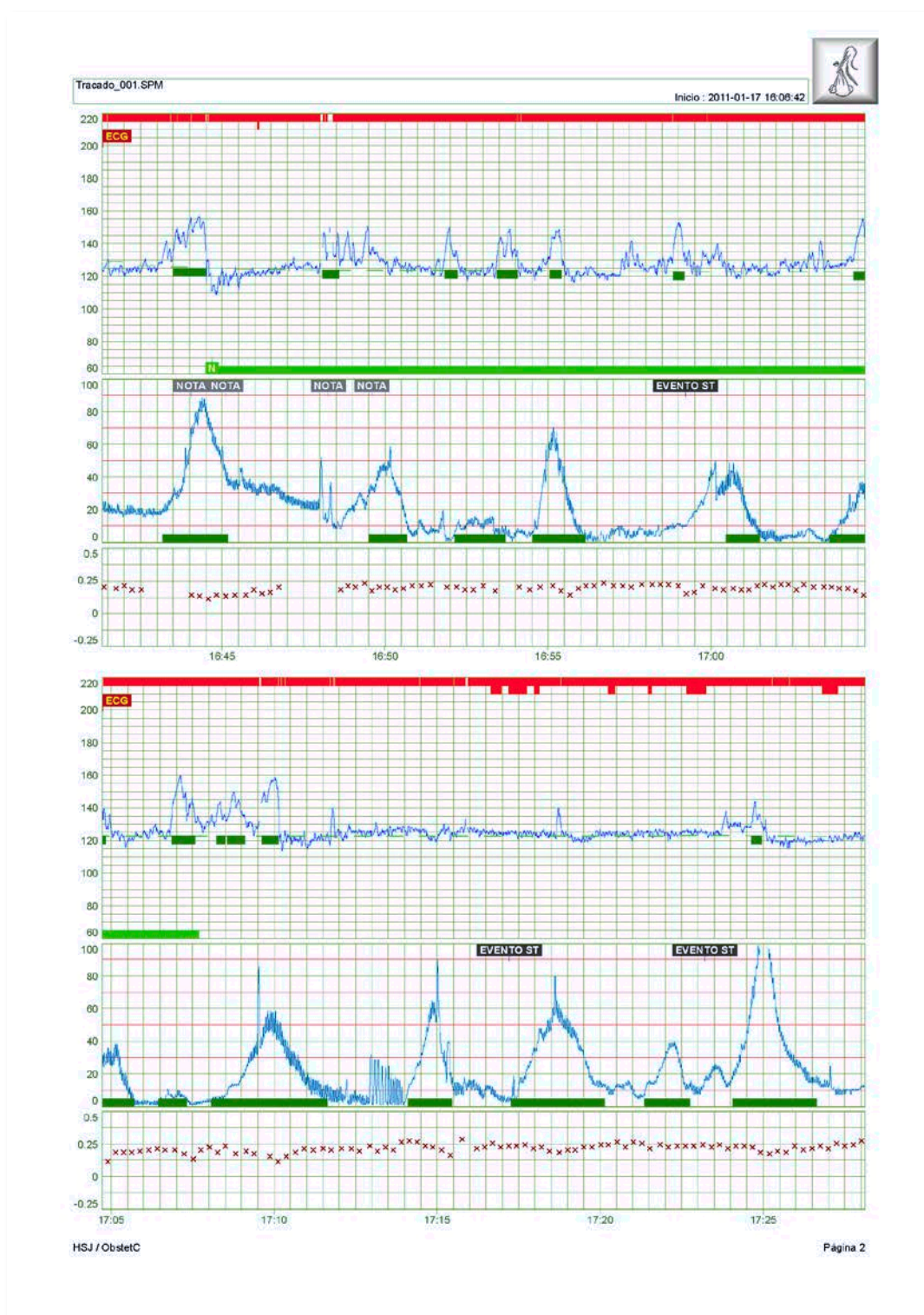


Figura B.19 - Relatório de um exame com dados Star® [Página 2]



Figura B.20 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 3]

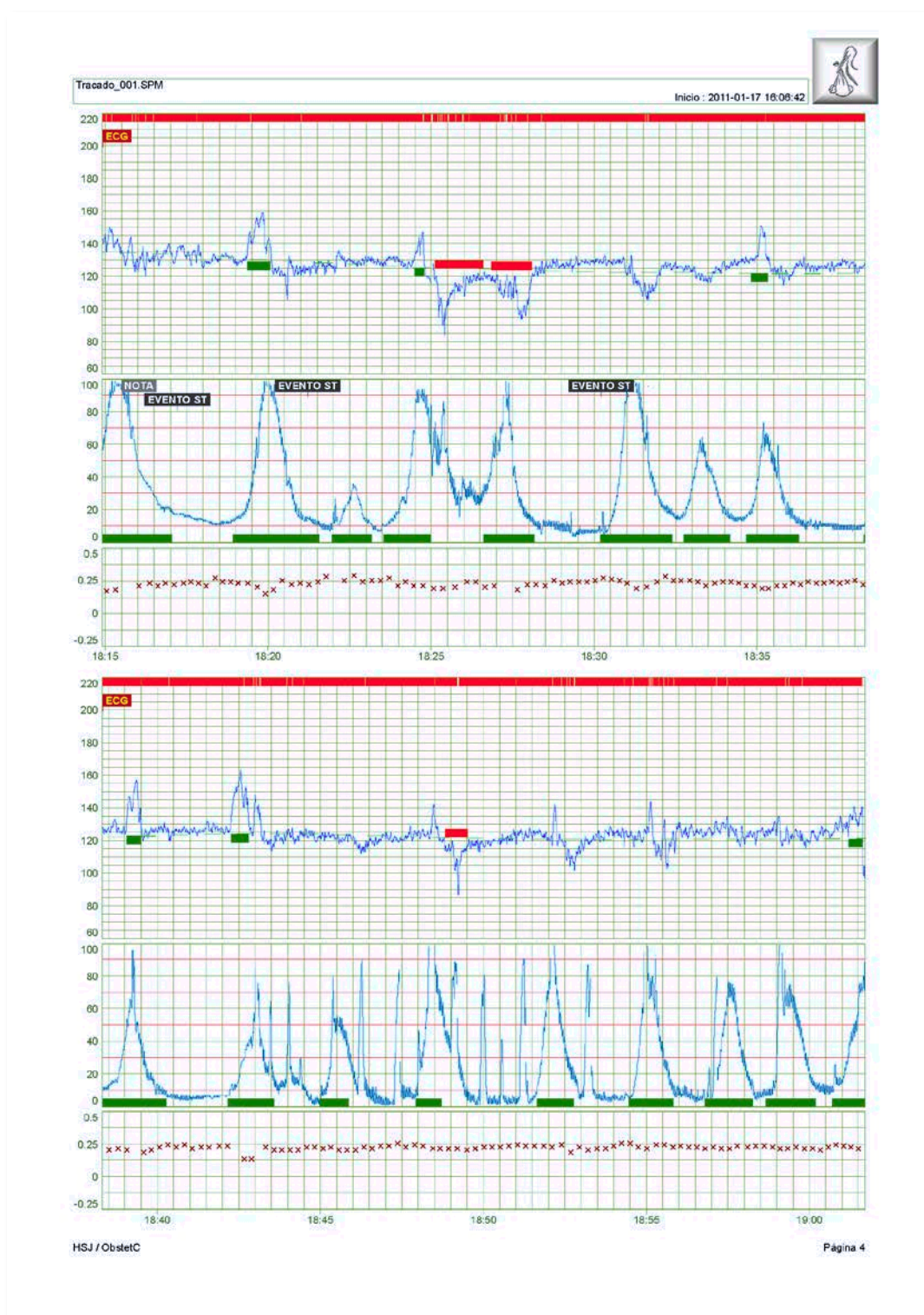


Figura B.21 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 4]

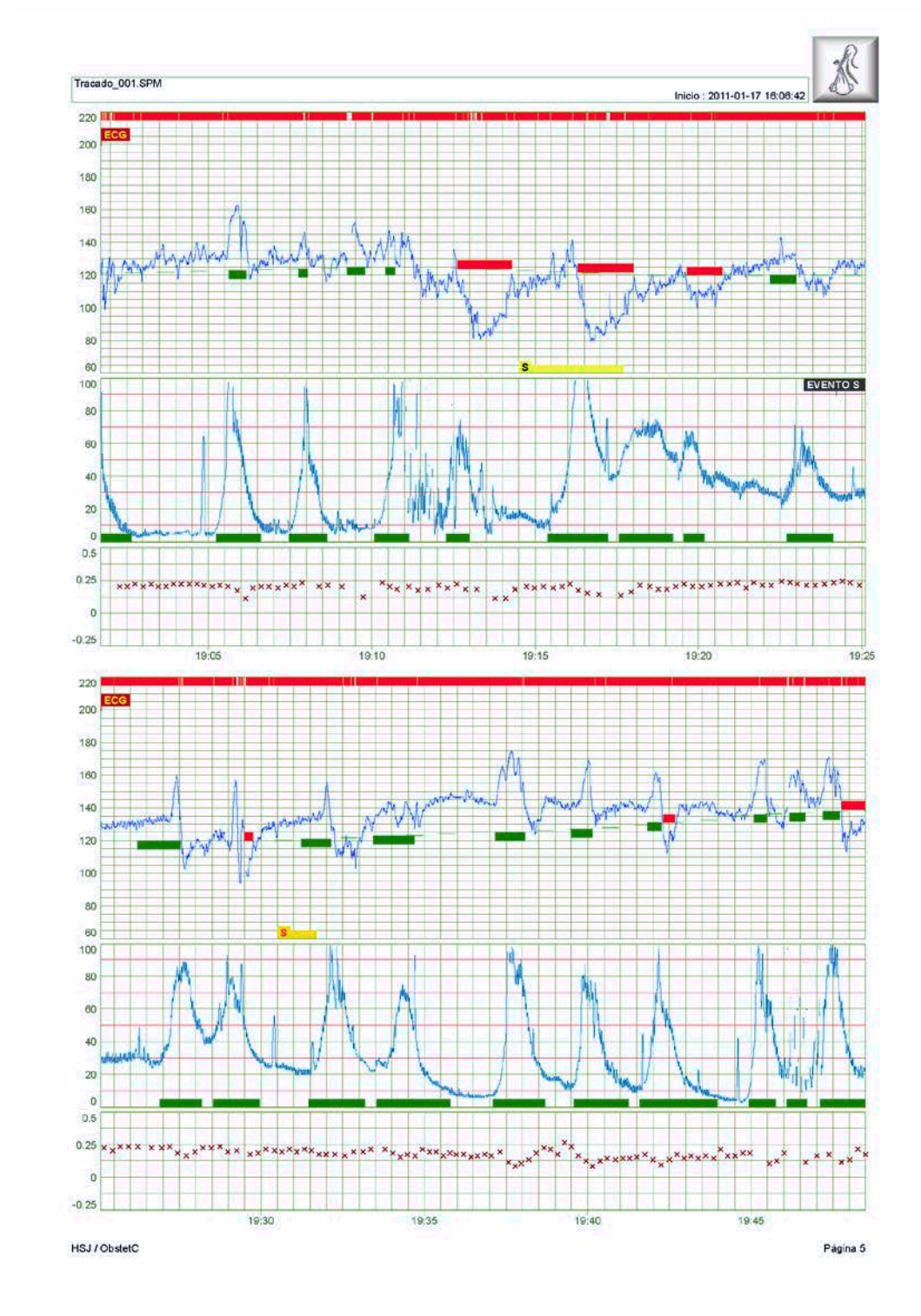
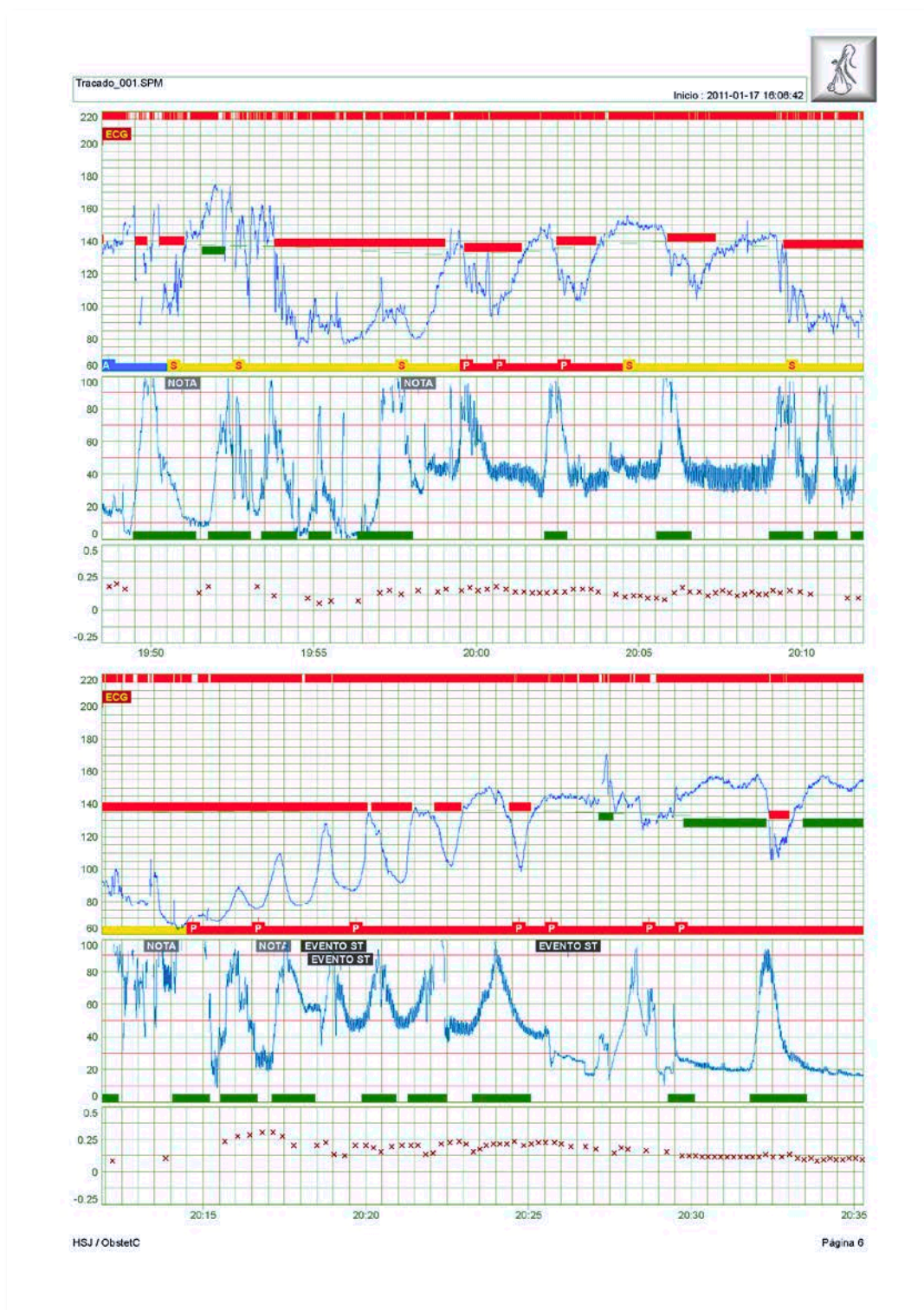


Figura B.22 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 5]

Figura B.23 - Relatório de um exame com dados Star[®] [Página 6]

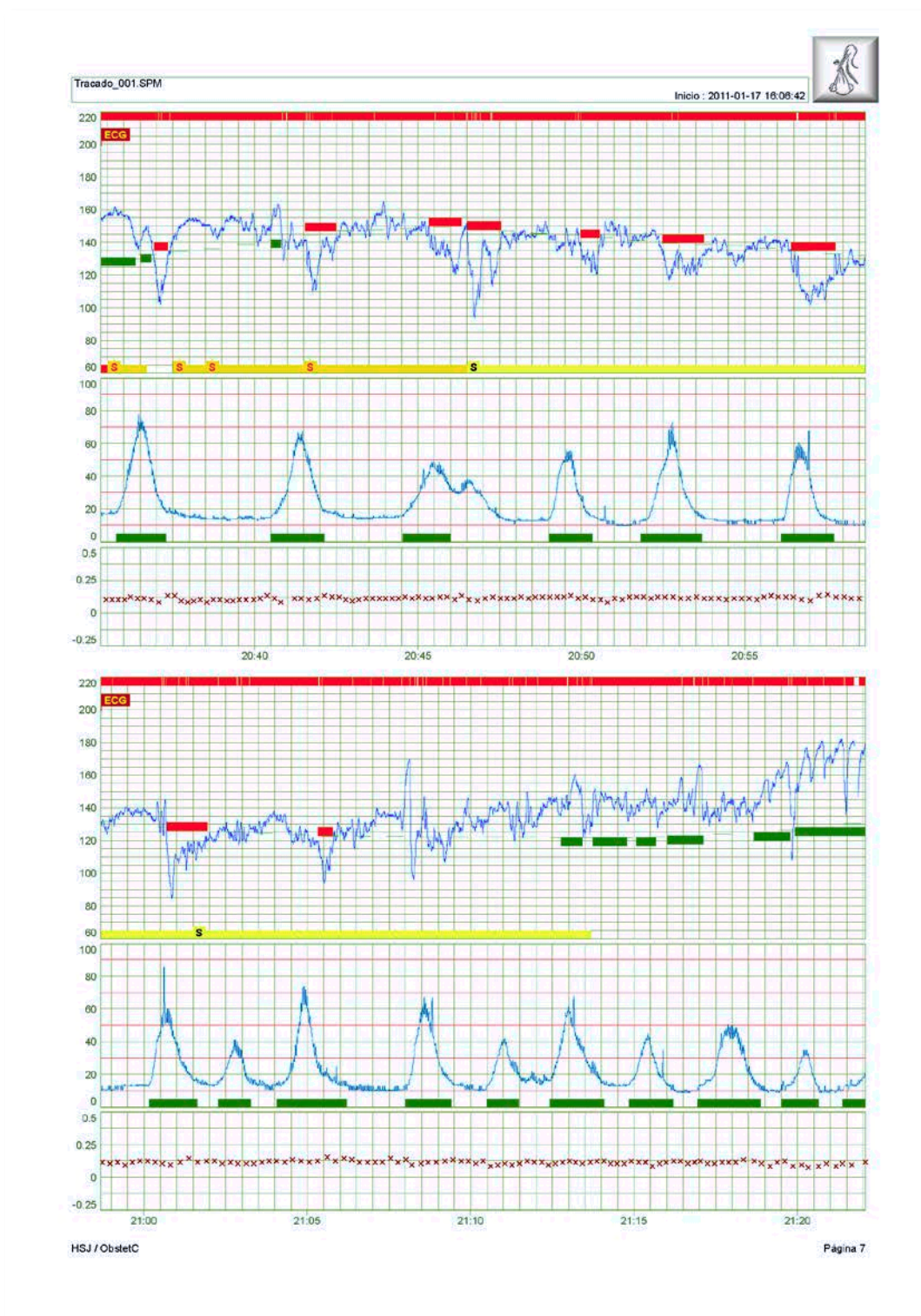


Figura B.24 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 7]

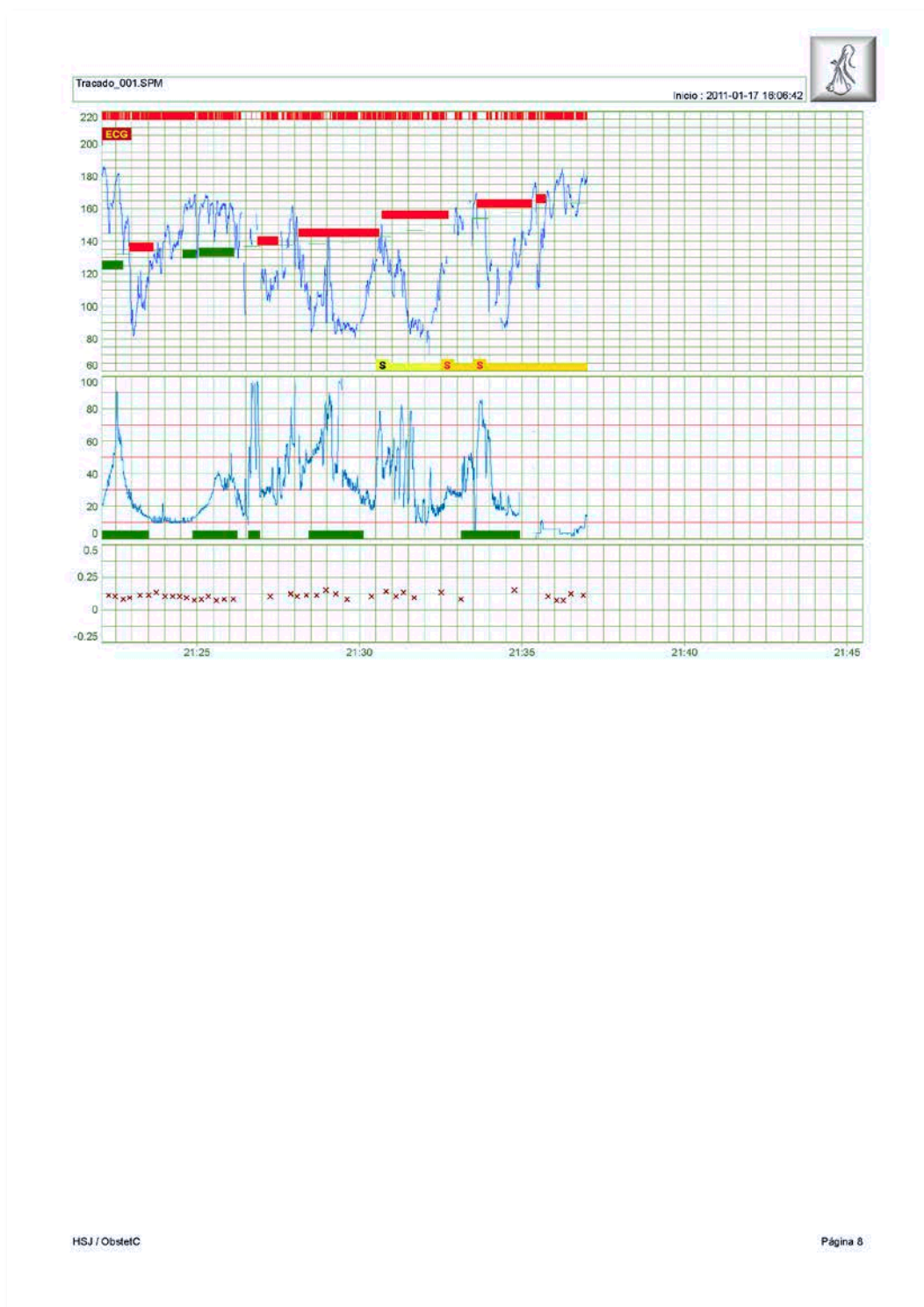


Figura B.25 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 8]



Figura B.26 - Relatório de um exame com dados Stan® [Página 9]

Referências

- Ayres-de-Campos, D, et al. 2003.** SisPorto 3.0 – Computer analysis of cardiotocograms for routine clinical practice. *7th Internacional Symposium on Intrauterine Surveillance*. 2003.
- Bernardes, J, et al. 1991.** The Porto system for automated cardiotocographic signal analysis. 1991, 61, pp. 61-5.
- Brown, VA, et al. 1982.** The value of antenatal cardiotocography in the management of high-risk pregnancy: a randomized controlled trial. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*. Sep de 1982, pp. 716-22.
- Callagan, D, Rowland, T e Goldman, D. 1964.** Ultrasonic Doppler observation of the fetal heart. [ed.] *Journal of Gynecology & Obstetrics*. 1964, Vol. 23, pp. 637-41.
- Campos, Diogo Ayres de. 2001.** *Desenvolvimento, Avaliação Clínica e Optimização de um Sistema de Análise Automatizada do Cardiotocograma*. Porto : s.n., 2001.
- Dawes, GS, Redman, CW e Smith, JH. 1985.** Improvements in the registration and analysis of fetal heart rate records at the bedside. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*. Apr de 1985, pp. 92(4):317-25.
- FIGO. 1997.** Report of the FIGO Study Group on the Assessment of New Technology. Evaluation and standardization of fetal monitoring. International Federation of Gynecology and Obstetrics. [ed.] International Federation of Gynecology and Obstetrics. *Figo News*. Nov de 1997, pp. 169-73.
- FIGO, et al. 1987.** Guidelines for the use of fetal monitoring. *International Journal of Gynecology and Obstetrics*. 1987, 25, pp. 159-167.
- Gultekin-Zootzmann. 1975.** The history of monitoring the human fetus. *Journal of Perinatal Medicine*. 1975, Vol. 3, 3, pp. 135-144. ISSN (Online) 1619-3997, ISSN (Print) 0300-5577, DOI: 10.1515/jpme.1975.3.3.135.
- Improvements in computerized fetal heart rate analysis antepartum.* **Dawes, GS, Moulden, M e Redman, CW. 1996.** 25-36, s.l. : J Perinat Med, 1996, Vol. 24 (1).
- Marques-de-Sá, JP, et al. 1996.** SisPorto®: um sistema de análise automática de sinais cardiotocográficos. *Anais Engenharia Tecnologia Electrotécnica*. 1996, 2, pp. 5-8.
- Moura, AC, et al. 1988.** Aquisição e e análise automática do cardiotocograma. *Proceedings do BioEng' 88*. Porto : Faculdade de Medecina do Porto, 1988. pp. 125-6.

Neoventa Medical. 2006. STAN® Serial Surveillance Protocol. 08 de 08 de 2006.

SisPorto 3.0 - Computer analysis of cardiotocograms for routine clinical practice.

Bernardes, J, et al. 2003. Santiago, Chile : XVII FIGO World Congress of Gynecology and Obstetrics, 2003.

SisPorto 3.0 - Computer analysis of cardiotocograms for routine clinical practice.

Bernardes, J, et al. 2003. 83 Suppl 3 (Nov5):36. , s.l. : J Gynecol Obstet, 2003.

Sundström, AK, D, Rosén e KG, Rosén. 2000. Fetal Surveillance. s.l. : Neoventa Medical, 2000.



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL
www.fe.up.pt