

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 15/02/2018.

Oswaldo Ishizava

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE DA
VARIABILIDADE DE CURTO PRAZO DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA FETAL**

Ilha Solteira
2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Campus de Ilha Solteira

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Oswaldo Ishizava

**SISTEMA DE MONITORAMENTO E ANÁLISE DA
VARIABILIDADE DE CURTO PRAZO DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA FETAL**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia - UNESP - Campus de
Ilha Solteira, para obtenção do título
de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de Conhecimento: Automação.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre César Rodrigues da Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Aledir Silveira Pereira

Ilha Solteira

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

I798s Ishizava, Osvaldo.
Sistema de monitoramento e análise da variabilidade de curto prazo da
frequência cardíaca fetal / Osvaldo Ishizava. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2016
142 f. : il.

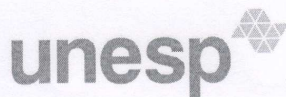
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2016

Orientador: Alexandre César Rodrigues da Silva

Co-orientador: Aledir Silveira Pereira

Inclui bibliografia

1. Frequência cardíaca fetal. 2. Variabilidade de curto prazo. 3.
Cardiotocografia. 4. Sofrimento fetal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

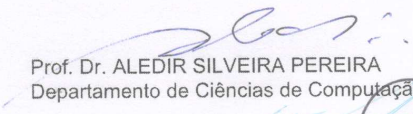
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Sistema de monitoramento e análise da variabilidade de curto prazo da frequência cardíaca fetal

AUTOR: OSVALDO ISHIZAVA

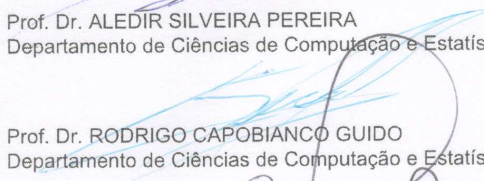
ORIENTADOR: ALEXANDRE CESAR RODRIGUES DA SILVA

CO-ORIENTADOR: ALEDIR SILVEIRA PEREIRA

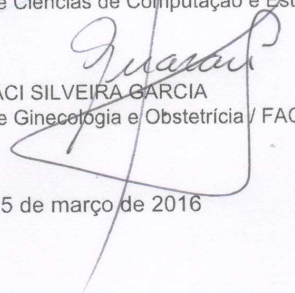
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENGENHARIA ELÉTRICA, área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ALEDIR SILVEIRA PEREIRA

Departamento de Ciências de Computação e Estatística / Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas


Prof. Dr. RODRIGO CAPOBIANCO GUIDO

Departamento de Ciências de Computação e Estatística / Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas


Prof. Dr. GUARACI SILVEIRA GARCIA

Departamento de Ginecologia e Obstetrícia / FACERES

Ilha Solteira, 15 de março de 2016

DEDICATÓRIA

*À Deus, especialmente à minha esposa Cristiane, meus filhos e neta
por todo amor, apoio, confiança, incentivo e inspiração em todos os momentos.*

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a Deus, todos os familiares, amigos, professores, colaboradores, funcionários da FEIS-UNESP, IBILCE-UNESP e CAMF, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Em especial, dedico meus agradecimentos:

- A Deus, por ter me dado força e saúde para chegar até aqui;
- À minha esposa Cristiane pelo amor, apoio, confiança, inspiração deste trabalho e incentivo em todos os momentos;
- Aos meus filhos Daniel, Alexandre, Amanda, Leonardo, Felipe e Matheus e minha neta Cecília amor, carinho, apoio, inspiração e incentivo que tenho recebido;
- Ao Prof. Dr. Alexandre César R. da Silva, por todo ensinamento, incentivo, confiança e orientação;
- Ao Prof. Dr. Guaraci Silveira Garcia, pelo acompanhamento nas pesquisas, sugestões e incentivo;
- Ao Prof.Dr. Aledir Silveira Pereira por todo ensinamento, orientação, sugestões e incentivo.
- Ao Prof. Dr. Rodrigo Capobianco Guido pela orientação, sugestões e incentivo,
- Aos meus amigos e colegas do laboratório que de forma direta ou indiretamente me ajudaram, em especial ao Prof. Dr. Toni Amorim de Oliveira, pela ajuda e colaboração;
- Às funcionárias do Centro de Avaliação Materno Fetal - CAMF, em especial à Gislaine Fátima Cicone, pela colaboração nas coletas dos sinais cardiotocográficos.

*Na hora exata, quando eu quiser,
eu me liberto do mais triste destino
como o peixe que se esgueira pelas fendas.*

Não sou ferro.

Não sou argila.

Sou vida.

Sou energia viva.

*Não sou matéria inerte moldado pela situação
ou pelo destino.*

Eu sou como o ar:

*Quanto mais comprido for, mais força manifesto,
tal como a bomba explode a rocha.*

*Eu sou VIDA que,
no momento certo rompe impetuosamente
a situação ou destino.*

(Vida Vivida)

Masaharu Taniguchi

RESUMO

O objetivo principal da avaliação fetal anteparto por meio da variabilidade de curto prazo (VCP) da frequência cardíaca fetal (FCF) é auxiliar no monitoramento fetal em gestações normais e de risco, evitando maior número de morte-fetal, atuando de forma preventiva evitando que gestantes e fetos sofram durante a gestação. O Sistema de Monitoramento e Análise da Variabilidade a Curto Prazo da Frequência Cardíaca Fetal proposto é um método não invasivo oferecendo recursos acessíveis para que especialistas obtenham mais informações, para que gestantes normais e com gravidez de alto risco tenham maior segurança em suas gestações. Poderá atuar de forma remota, preventiva e acessível a todas gestantes, eliminando as dificuldades oferecidas pelo estresse da vida moderna causados pela locomoção até as clínicas e hospitais, eliminando também o risco para sua saúde com a circulação em ambientes hospitalares para realização de exames cardiotocográficos durante o anteparto. Atualmente vivemos em mundo globalizado onde os recursos de comunicação sem fio são acessíveis, rápidos e seguros. O sistema proposto poderá ser implantado em dispositivos de processamento remoto, disponibilizando para obstetras e ginecologistas a análise de exames da FCF e VCP em tempo real, sem a necessidade da remoção da gestante do estado de repouso no conforto do lar para a clínicas ou hospitais. Ampliando ainda, as possibilidades de gestações de sucesso com a redução dos procedimentos atuais causando deslocamentos e estresse, reduz-se também as possibilidades que estes transtornos causem maior sofrimento fetal.

Palavras-chave: Frequência cardíaca fetal. Variabilidade de curto prazo. Cardiotocografia. Sofrimento fetal. Anteparto.

ABSTRACT

The main objective of fetal assessment antepartum through short-term variability (STV) of the fetal heart rate (FHR) is to assist in fetal monitoring in normal and risk pregnancies, avoiding more fetal deaths, acting preventively in preventing pregnant women and fetuses to suffer during pregnancy. The proposed Fetal Heart Rate Short-term Variability Analysis and Monitoring System is a noninvasive method, which offers accessible resources for specialists to get more information so that healthy pregnant women and high-risk pregnancies have security increased in their pregnancies. It may act in a remote, preventive and accessible way to all pregnant women, by eliminating the difficulties offered by the stress of modern life caused by transporting to clinics and hospitals, also eliminating the risk to their health with the circulation in hospitals for performing cardiotocography tests during the antepartum. As we have currently lived in a globalized world, where wireless communication resources are cheap, fast and safe, the proposed system can be deployed in remote processing devices, providing obstetricians and gynecologists examination analysis of FHR and STV in real time without the need of pregnant women to leave the resting state in the comfort of their home, to go to clinics or hospitals and also expanding the chances of successful pregnancies by reducing current procedures which cause displacement and stress as well as reducing up the possibilities of these disorders to cause increased fetal distress.

Keywords: Fetal heart rate. Short-term variability. Cardiotocography. Fetal distress. Antepartum.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estetoscópio fetal ou fetoscópio	24
Figura 2	Cardiotocografo - Fetal Monitor CTG Machine JPD-300P	25
Figura 3	Traçado cardiotocográfico	26
Figura 4	Transdutores de efeito doppler, pressão e chave de MF	27
Figura 5	Transdutor intravaginal	27
Figura 6	Registro do traçado cardiotocográfico visualizado pelo <i>Sonicaid Fetal-Care</i>	29
Figura 7	Traçado cardiotocográfico sinusoidal visualizado pelo <i>Sonicaid Fetal-Care</i>	31
Figura 8	Linha de Base	34
Figura 9	Variabilidade ausente	35
Figura 10	Variabilidade mínima	36
Figura 11	Variabilidade moderada	36
Figura 12	Variabilidade acentuada	37
Figura 13	Aceleração	39
Figura 14	Desaceleração prolongada	41
Figura 15	Diagrama do sistema de monitoramento e análise da VCP da FCF . . .	51
Figura 16	Equipamento Toitu Fetal Actiotocograph MT-350 utilizado para coleta dos sinais da FCF	54
Figura 17	Adaptação da saída de áudio no equipamento Toitu	55
Figura 18	Amostra de uma janela de 3,75 segundos do sinal da FCF	57
Figura 19	Amostra de 15 segundos do sinal da FCF com janelamentos de período de 3,75 segundos com sobreposição de 50%	57
Figura 20	Sinal padrão do batimento cardíaco fetal utilizado para a análise da FCF	57

Figura 21	Sinal da FCF de 1,7 segundos de duração	57
Figura 22	Resultado do ZCR do sinal da FCF de 1,7 segundos de duração	58
Figura 23	Resultado do ZCR do sinal da FCF de 15 segundos de duração	59
Figura 24	Resultado da energia de curto prazo do sinal da FCF de 1,7 segundos de duração	60
Figura 25	Resultado da energia da FCF de 15 segundos de duração	60
Figura 26	Correlação do sinal padrão do batimento cardíaco fetal com o sinal da FCF gravados	62
Figura 27	Resultado da média dos períodos de cada janelamento de um sinal de 15 segundos	62
Figura 28	Resultado da VCP do período do sinal da FCF de 15 segundos	63
Figura 29	Resultado da VCP médio de 12,02 ms no período de 60 segundos do sinal da FCF	64
Figura 30	Resultado do processamento da FCF com média de 136 bpm	65
Figura 31	Resultado do processamento da VCP com média de 4,67 ms	65
Figura 32	Resultado do processamento da FCF com média de 165 bpm	66
Figura 33	Resultado do processamento da VCP com média de 1,10 ms	66
Figura 34	Gestante A - Processamento da FCF com média de 133,52 bpm	67
Figura 35	Gestante A - Processamento da VCP com média de 48,70 ms	68
Figura 36	Exame cardiotocográfico constatando anormalidades na análise visual	69
Figura 37	Resultado do processamento da FCF com média de 188,19 bpm	70
Figura 38	Resultado do processamento da VCP com média de 1,07 ms	70
Figura 39	Folha de Rosto - CEP	79
Figura 40	Atestado FEIS	80
Figura 41	Autorização CAMF	81
Figura 42	Autorização Ibilce	82
Figura 43	Parecer CEP - 1	83

Figura 44	Parecer CEP - 2	84
Figura 45	Parecer CEP- 3	85
Figura 46	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE - 1	86
Figura 47	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE - 2	87
Figura 48	Resultado do processamento ZCR com 128 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	94
Figura 49	Resultado do processamento ZCR com 256 com sobreposição de 25, 50 e 75%	95
Figura 50	Resultado do processamento ZCR com 512 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	96
Figura 51	Resultado do processamento ZCR com 1024 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	97
Figura 52	Resultado do processamento ZCR com 2048 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	98
Figura 53	Resultado do processamento ZCR com 4096 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	99
Figura 54	Resultado do processamento ZCR com 8192 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	100
Figura 55	Resultado do processamento energia de curto prazo com 128 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	101
Figura 56	Resultado do processamento energia de curto prazo com 256 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	102
Figura 57	Resultado do processamento energia de curto prazo com 512 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	103
Figura 58	Resultado do processamento energia de curto prazo com 1024 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	104
Figura 59	Resultado do processamento energia de curto prazo com 2048 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	105
Figura 60	Resultado do processamento energia de curto prazo com 4096 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	106

Figura 61	Resultado do processamento energia de curto prazo com 8192 amostras com sobreposição de 25, 50 e 75%	107
Figura 62	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante A	109
Figura 63	Laudo da Gestante A	110
Figura 64	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante B	111
Figura 65	Laudo da Gestante B	112
Figura 66	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante C	113
Figura 67	Laudo da Gestante C	114
Figura 68	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante D	115
Figura 69	Laudo da Gestante D	116
Figura 70	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante E	117
Figura 71	Laudo da Gestante E	118
Figura 72	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante F	119
Figura 73	Laudo da Gestante F	120
Figura 74	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante G	121
Figura 75	Laudo da Gestante G	122
Figura 76	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante H	123
Figura 77	Laudo da Gestante H	124
Figura 78	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante I	125
Figura 79	Laudo da Gestante I	126
Figura 80	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante J	127
Figura 81	Laudo da Gestante J	128
Figura 82	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante K	129
Figura 83	Laudo da Gestante K	130
Figura 84	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante L	131
Figura 85	Laudo da Gestante L	132

Figura 86	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante M	133
Figura 87	Laudo da Gestante M	134
Figura 88	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante N	135
Figura 89	Laudo da Gestante N	136
Figura 90	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante O	137
Figura 91	Laudo da Gestante O	138
Figura 92	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante P	139
Figura 93	Laudo da Gestante P	140
Figura 94	Cardiotocograma, gráficos da FCF e VCP da Gestante com patologia anormal	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultado da média dos períodos de cada janelamento dos primeiros 15 segundos e respectiva VCP	63
Tabela 2	Resultados da FCFB e VCP do processamento dos sinais das gestantes <i>A a P</i>	68

LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1	Algoritmo do ZCR - Taxa de cruzamentos do sinal pelo zero para Determinar a média da FCF	89
Algoritmo 2	Algoritmo da energia de curto prazo para determinar a média da FCF .	90
Algoritmo 3	Algoritmo da correlação para determinar a média da FCF e VCP – Parte 1	91
Algoritmo 4	Algoritmo da correlação para determinar a média da FCF e VCP – Parte 2	92

LISTA DE ABREVIACES E SIGLAS

ACOG	<i>American Congress of Obstetricians and Gynecologists</i>
ADC	Conversor Análogo Digital
AT	Alteraces Transitórias
ATP	Adenosina Tri-Fosfato
AWHONN	<i>Association of Womens Health, Obstetric and Neonatal Nurses</i>
BPM	Batimentos por minuto
CAMF	Centro de Avaliaco Materno Fetal - Prof. Dr. Guaraci Silveira Garcia
CTG	Sinais Cardiotocogrficos
CTGC	Sinais Cardiotocogrficos Computadorizados
ECP	Energia de Curto Prazo
EFM	Monitoramento Eletrônico da Frequência Cardíaca Fetal
FCF	Frequência Cardíaca Fetal
FCFB	Frequência Cardíaca Fetal Basal
fPCG	<i>Phonocardiography Fetal</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
IUP	Insuficiência tero Placentária
MF	Movimentaco Fetal
NICHD	<i>National Institute of Child Health and Human Development</i>
NST	<i>Non Stress Test</i>
PBF	Perfil Biofísico Fetal
PC	<i>Personal Computer</i>
UC	Contraes Uterinas
VCP	Variabilidade de Curto Prazo
VLP	Variabilidade de Longo Prazo
ZCR	<i>Zero Crossing Rate</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivo Geral	21
1.2	Objetivos Específicos	21
1.3	Metodologia e Escopo	21
1.4	Estrutura do Trabalho	21
2	A CARDIOTOCOGRAFIA	23
2.1	Histórico da cardiotocografia	23
2.1.1	<i>Frequência Cardíaca Fetal (FCF)</i>	23
2.1.2	<i>Monitoramento Fetal Eletrônico (MFE)</i>	24
2.1.3	<i>A Cardiotocografia</i>	25
2.2	Cardiocotografia Computadorizada - CTGC	27
2.2.1	<i>Sistema de cardiotocografia computadorizado</i>	28
2.3	Base para interpretação dos sinais CTG	31
2.3.1	<i>Circulação Fetal Materna</i>	31
2.3.2	<i>Rompimento de oxigenação fetal</i>	32
2.3.3	<i>Controle Neural da atividade cardíaca fetal</i>	32
2.3.4	<i>Reconhecimento de Padrões Básico</i>	32
2.4	Variabilidade de Curto Prazo - VCP	43
2.5	Interpretação dos padrões da FCF	44
2.5.1	<i>Categoria I</i>	44
2.5.2	<i>Categoria II</i>	44

2.5.3	<i>Categoria III</i>	45
2.6	Aquisição, processamento e análise dos sinais	45
2.6.1	<i>Aquisição dos sinais - Formato WAV</i>	46
2.6.2	<i>Processamento Digital dos Sinais</i>	46
3 EXPERIMENTOS REALIZADOS		51
3.1	Descrição do Sistema	51
3.1.1	<i>Sistema de Monitoramento e Análise da VCP da FCF</i>	51
3.1.1.1	Coleta dos sinais da FCF	52
3.1.1.2	Processamento do sinal da FCF	52
3.2	Experimentos realizados	53
3.2.1	<i>Equipamentos, exames e técnicas</i>	55
3.2.2	<i>Aspectos éticos</i>	56
3.3	Abordagens Experimentais	56
3.3.1	<i>Abordagem 1: Dados Brutos</i>	58
3.3.2	<i>Abordagem 2: Técnica de Zero Crossing Rate - ZCR</i>	58
3.3.3	<i>Abordagem 3: Técnica de Energia de Curto Prazo</i>	59
3.3.4	<i>Abordagem 4: Técnica de Correlação</i>	61
3.4	Análise do algoritmo com sinais gerados para simulação	64
3.4.1	<i>Sinal com ausência de variabilidade</i>	65
3.4.2	<i>Sinal senoidal ou sinusoidal</i>	66
3.5	Resultados de exames clínicos	67
3.5.1	<i>Resultados dos exames com gestações normais</i>	67
3.5.2	<i>Resultado do exame com gestação de alto risco</i>	69
4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS		71

REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A - Projeto e Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP	79
APÊNDICE B - Algoritmos ZCR, Energia e Correlação	88
APÊNDICE C - Resultados dos processamentos ZCR e energia de curto prazo com sinal da FCF de 1,7 segundos	94
APÊNDICE D - Resultados dos processamentos do algoritmo da correlação e laudos das gestantes	109

1 INTRODUÇÃO

A frequência cardíaca fetal (FCF) foi introduzida pela primeira vez no século 17. É um parâmetro importante que pode ser monitorado durante o anteparto e intraparto. Em alguns casos, é a única fonte de informações disponível. Durante a gravidez, a FCF fornece informações significativas na determinação do bem-estar fetal, do desenvolvimento fetal e da presença ou ausência de qualquer doença cardíaca congênita (ABDULHAY et al., 2014).

O monitoramento e análise da variabilidade de curto prazo (VCP) da FCF é uma ferramenta importante para determinar a vitalidade e o bem-estar fetal no anteparto. A VCP é um dos fatores determinantes para a avaliação da oxigenação fetal, predizendo a possibilidade da ocorrência da acidose fetal (NOMURA et al., 2002a). O comprometimento da oxigenação fetal pode deixar sequelas importantes na vida de um indivíduo ou mesmo culminar com o seu óbito ainda na fase intra-uterina. Clinicamente, se traduz no sofrimento fetal (GARCIA, 2006).

Neste trabalho, a intenção é abordar um método de análise da VCP. Para o estudo, foram realizadas coletas da FCF de diversas gestantes no Centro de Avaliação Materno Fetal (CAMF), localizado em São José do Rio Preto/SP, e posteriormente, realizados testes em laboratório utilizando os algoritmos de *Zero Crossing Rate* (ZCR), Energia de Curto Prazo (ECP) e Correlação para o processamento e a validação dos sinais da FCF.

Diversas doenças são capazes de alterar o equilíbrio materno-fetal, dentre elas o ácido-básico em nível celular. O principal mecanismo fisiopatológico alterado é a isquemia tecidual, isto é, a falta de suprimento sanguíneo para o tecido orgânico. A falta de oxigenação (hipóxia) resulta na falta de glicose, causando a isquemia.

A redução da perfusão placentária reduz a chegada de O_2 para as células fetais, assim como a retirada de CO_2 e demais toxinas provenientes do metabolismo. Formado pelo metabolismo anaeróbico, a produção de CO_2 aumenta consideravelmente, enquanto que outras substâncias ácidas contribuem para a redução do pH intracelular, ajudando na perda de reservas de energia celular (adenosina tri-fosfato - ATP), ocorrendo uma disfunção celular que pode conduzir à autólise e morte celular (GARCIA, 2006).

Tal distúrbio metabólico é decorrente da má perfusão uteroplacentária, com redução da oxigenação sanguínea e transferência de glicose. Outra possibilidade para explicar a baixa glicemia fetal é a hipóxia, com a exaltação do metabolismo anaeróbico para obtenção de energia (BERTINI; CAMANO; RAGONESI, 1997).

O aprimoramento da propedêutica clínica da gestação, mesmo realizada por eminentes obs-

tetras, não se mostrou eficaz neste sentido. Portanto, processos modernos que utilizam tecnologia sofisticada têm sido utilizados com o objetivo de sanar essas lacunas (ANTEPARTUM..., 2000).

É possível detectar a falta de oxigenação fetal e consequente redução da taxa de ATP por meio da análise da VCP. Isso pode ser feito por meio de métodos biofísicos. A cardiotocografia é um dos métodos biofísicos para a análise da FCF, que é realizada por um equipamento denominado cardiotocógrafo. Suas informações são coletadas por meio de:

- Sensor de efeito Doppler para o monitoramento da frequência cardíaca fetal (FCF), medidos em batimentos por minuto;
- Sensor de pressão para o monitoramento das contrações uterinas (UC), medidas em mmHg (pressão);
- Chave para monitoramento da movimentação fetal (FM) - a chave é pressionada a cada UC indicando sua presença ou ausência.

A FCF, UC e FM são sinais importantes que permitem observar a vitalidade e o bem estar do feto e da gestante. A cardiotocografia é um método para o estudo e análise da FCF, UC e FM onde o traçado dos sinais cardiotocográficos (CTG) são impresso em um formulário ou exibidos em uma tela.

A avaliação do traçado cardiotocográfico, atualmente, é realizada por meio de uma inspeção visual. Nas últimas décadas têm surgido novas propostas para análise clínica computadorizada do traçado cardiotocográfico (FERRARIO; MAGENES; SIGNORINI, 2007), capazes de avaliar o equilíbrio materno-fetal por meio da análise da VCP da FCF.

Os traçados cardiotocográficos podem ser interpretados de forma visual ou computadorizada, sendo que a interpretação visual é efetuada de forma "manual", tratando-se de uma prática que pode apresentar uma grande variabilidade dos critérios de análise e estando limitada na apresentação dos resultados (BORGATTA; DIVON; SHROUT, 1988). Esta análise eleva a taxa de resultados falsos positivos (GILSTRAP; HAUTH; TOUSSAINT, 1984).

A cardiotocografia computadorizada surgiu para auxiliar e eliminar possíveis erros referentes à variabilidade da análise visual. Em 1978, Dawes iniciou o desenvolvimento da análise da FCF por meio de um processo contínuo e a criação de novos parâmetros para a interpretação dos padrões dos CTG (DAWES; MOULDEN; REDMAN, 1990). Os sinais são captados por um cardiotocógrafo e transferidos para um computador com o programa de análise destes sinais (NOMURA et al., 2002b).

Atualmente, na avaliação da gestação de alto risco, a investigação da vitalidade fetal pode ser empregada com sucesso, via cardiotocografia, compondo o perfil biofísico fetal (PBF) de

rotina de forma ampliada (NOGUEIRA; REIS; REIS, 2001). A análise da VCP proposta neste estudo pode contribuir para garantir melhores resultados no monitoramento e na avaliação da VCP para o bem-estar materno-fetal .

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo apresentar uma visão geral do monitoramento da FCF no anteparto, objetivando tornar o método de coleta e processamento da VCP portátil e remoto, por meio da especificação e implementação de um algoritmo para funcionamento em tempo real que possibilite o acompanhamento constante e rigoroso em gestações normais e de alto risco, garantindo o bem estar materno-fetal.

Aliado aos recursos atualmente existentes de tecnologias e comunicações, o sistema proposto aumentará as possibilidade de prevenção de danos fetais causados pela má oxigenação fetal, e consequente isquemia tecidual, onde os alertas poderão ser enviados em tempo real ao obstetra ou centros de monitoramento fetal, evitando maior riscos à saúde materno-fetal reduzindo-se as taxas de óbitos fetais.

1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Realizar um estudo sobre cardiotocografia e sinais cardiotocográficos;
- Especificar e implementar um algoritmo para realizar as análises propostas, em tempo real em dispositivo portátil;
- Apresentar resultados da análises da VCP e comparação com os sinais cardiotocográficos inspecionados e validados por médicos especialistas.

1.3 Metodologia e Escopo

A metodologia utilizada neste trabalho consiste, após a revisão bibliográfica em que foram realizados levantamentos acerca dos assuntos pertinentes a esta pesquisa, entre eles, cardiotocografia, métodos de análises computacionais, equipamentos e suas características, na apresentação do algoritmo proposto e sua implementação, além dos testes, resultados, discussões e conclusões. Toda a respectiva documentação está detalhada nos capítulos seguintes.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho possui 4 (quatro) capítulos e está organizado da forma como segue:

No Capítulo 2, é apresentado um histórico da cardiotocografia e sua evolução ao longo do tempo, descrevendo-se também as bases para análises dos sinais CTG. Além disso, são descritas orientações para a interpretação os padrões básicos e avançados dos CTG usando uma abordagem sistemática, documentando os padrões dos CTG de forma adequada, gerenciando adequadamente as situações clínicas representadas pelos padrões dos CTG. Além disso, estudam-se a história dos CTG, bases fisiológica para obtenção e análise das FCF, UC e FM, obtidos através de cardiotocógrafos, equipamentos usados atualmente para obtenção dos CTG, e as definições reconhecidas pela Federação Internacional de Ginecologia e Obstetrícia (FIGO), *National Institute of Child Health and Human Development* (NICHD), *American Congress Of Obstetricians and Gynecologists* (ACOG) e outros. Adicionalmente, são tratadas algumas formas da aquisição da FCF para processamento e análise da VCP, importante para a análise e diagnóstico na vigilância do bem estar fetal.

No Capítulo 3, apresentam-se o algoritmo proposto e os resultados obtidos durante a análise dos sinais da FCF para obtenção da VCP, acompanhado das discussões pertinentes.

No Capítulo 4, são apresentadas as conclusões e as idéias para trabalhos futuros.

Finalmente, são apresentadas as referências e um apêndice, com os pareceres do Comitê de Ética, algoritmos, resultados dos algoritmos e resultados dos processamentos e respectivos laudos dos exames realizados.

4 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho, realizou-se o aprimoramento do sistema de cardiotocografia com a implementação da análise da VCP, com a finalidade de medir e armazenar os sinais da FCF para que sejam analisados e validados por especialistas em tempo real.

A contribuição do CAMF e de gestantes que aceitaram participar desta pesquisa, possibilitaram a coleta de gravações dos sinais da FCF que foram analisadas por meio do sistema com o algoritmo da correlação, foi capaz de obter resultados importantes para a análise da vitalidade fetal.

Os resultados dos sinais com ausência de variabilidade com FCFB de 136 bpm e média da VCP de 4,67ms, o sinal sinusoidal com FCFB de 165,48 bpm e média da VCP de 1,87 ms e da gestante com gestação de alto risco ou anormal com FCFB de 188,19 bpm e média da VCP de 1,07 ms, que podem ser classificados como Categoria III (INTRAPARTUM..., 2009), de acordo com os critérios de normalidades para valores da VCP $< 5,25$ ms (GARCIA, 2006) apresentou índice de acidemia com $\text{pH} < 7,2$ para os três casos de gestações de alto risco ou anormais, alertando para que os especialistas tenham tomada de decisões de procedimentos de urgências clínicas.

Os resultados das Gestantes A a P indicaram sinais com variabilidades, acelerações, desacelerações, movimentações fetais, cuja gestações poderiam ser classificados como de acordo com os critérios de normalidade, poderiam ser classificados como Categoria I ou II (INTRAPARTUM..., 2009), cujo valores da VCP $> 5,25$ ms, com a ocorrência de acidemia-base com $\text{pH} > 7,2$ predizendo desta forma para todos os casos estudados gestações com normalidade e boa vitalidade fetal.

Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi atingido. Com este estudo profissionais de saúde poderão tomar decisões importantes com a implementação deste algoritmo, obtendo resultados com maiores informações, prescrevendo-se os melhores tratamentos para as gestantes, em diferentes etapas da gestação, visando melhor avaliar o estado gestacional e vitalidade fetal.

Os resultados dos processamentos dos sinais das FCF coletados demonstraram que a programação utilizando o algoritmo da correlação para a análise e monitoramento da VCP atingiu os objetivos desejados.

Devido a esta constatação, sugere-se, como trabalho futuro, estudos e desenvolvimento onde poderão ser implementados sensores de efeito doppler com interface de comunicação sem

fi, estes recursos poderão viabilizar a implementação de protocolo de comunicação com outros equipamentos para processamento do sinal da FCF em tempo real.

O aplicativo pode também receber melhorias como a utilização dos dados adquiridos para construir um prontuário ou a geração de relatórios gráficos ou em texto para a impressão ou visualização, caso o profissional de saúde necessite, possibilidades de aumento das gestações de sucesso e redução do sofrimento fetal.

REFERÊNCIAS

- ABDULHAY, E.; OWEIS, R.; ALHADDAD, A.; SUBLABAN, F.; RADWAN, M.; ALMASAEED, H. Review article: non-invasive fetal heart rate monitoring techniques. *Biomedical Science and Engineering*, Herdon, v. 2, n. 3, p. 53–67, 2014.
- ALENCAR, M. *Telefonia digital*. [S.l.]: Ed. Erica, 2011.
- ANTEPARTUM fetal surveillance: Clinical management guidelines for obstetrician - gynecologists. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, Philadelphia, v. 68, n. 2, p. 175 – 185, 2000.
- ARPAIA, L.; D’ELIA, A.; FABBROCINI, G.; PIGHETTI, M.; VANACORE, F. Vibroacoustic stimulation in normal term human pregnancy. *Early Human Development*, Shannon, v. 81, n. 5, p. 449–453, 2005.
- BALUZ, R.; SANTOS, C. Applying machine learning approaches to assess cardiotocography exams. In: IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES (CISTI), 6., 2011, CHAVES. *Proceedings...* New York: IEEE, 2011. p. 1–6.
- BARTFAI, G.; BOZÓKI, Z.; SZANTÓ, F. Difficulties in evaluation of sinusoidal fetal heart rate using computer analysis. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON PATHOPHYSIOLOGY OF PREGNANCY, 24., 1992, PORTO. *Abstracts...* [S.l.: s.n], 1992. p. 33–37.
- BERNARDES, J.; COSTA-PEREIRA, A.; GEIJN, H. van; PEREIRA-LEITE, L. Evaluation of interobserver agreement of cardiotocograms. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, Shannon, v. 57, p. 33–37, 1997.
- BERTINI, A.; CAMANO, L.; RAGONESI, S. Crescimento intra-uterino retardado: aspectos atuais. *Revista da Associação Médica Brasileira*, São Paulo, v. 43, p. 173–178, 1997.
- BHARALI, S.; KALITA, S. Zero crossing rate and short term energy as a cue for sex detection with reference to assamese vowels. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FOR CONVERGENCE OF TECHNOLOGY, 12, 2014, PUNE. *Proceedings...* New York: IEEE, 2014. p. 1–4.
- BORGATTA, L.; DIVON, M.; SHROUT, P. Reliability and reproducibility of nonstress test readings. *Journal of Perinatal*, New York, v. 159, p. 554–558, 1988.
- BUTT, F.; JALIL, M.; MALIK, A. Short-time energy, magnitude, zero crossing rate and autocorrelation measurement for discriminating voiced and unvoiced segments of speech signals. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGICAL ADVANCES IN ELECTRICAL, ELECTRONICS AND COMPUTER ENGINEERING (TAECE) (TAECE), 2013, MAVLANA. *Proceedings...* Mavlana: Mavlana Univesity, 2013. p. 208–212.

- CALDEYRO-BARCIA, R.; POSEIRO, J.; ALVAREZ, H.; TOST, P. The action of chlorpromazine on uterine contractility and arterial pressure in normal and toxemic pregnant women. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, Shannon, v. 75, p. 1088–95, 1958.
- CALLAGAN, D.; JOSHI, G.; LUCAS, W.; LITTLE, W.; ANCTI, I. A. Prematurity: a more precise approach to identification. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 24, p. 712–721, 1964.
- CASTILLO, R.; DEAR, C.; DEVOE, L.; GARDNER, P. The diagnostic values of concurrent nonstress testing, amniotic fluid measurement, and doppler velocimetry in screening a general high-risk population. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 163, p. 1040–1047, 1985.
- COOKE, M. Computer speech and hearing. *Sheffield: University of Sheffield*, 1999. (Lecture Notes).
- DAWES, G.; GEIJN, v. H. A position paper on analysis of the human fetal heart rate antenatally. [S.I]: *EEC Conceerted Action Projet*, p. 217–221, 1985a.
- DAWES, G.; GEIJN, v. H. A position paper on analysis of the human fetal heart rate antenatally. [S.I]: *EEC Conceerted Action Projet*, p. 217–221, 1985b.
- DAWES, G.; HENSON, G.; REDMAN, C. Characterization of the reduced heart rate variation in growth-retarded fetuses. *Obstetric & Gynaecology*, Philadelphia, v. 91, p. 751–755, 1984.
- DAWES, G.; HOUGHTON, C.; REDMAN, C. Baseline in human fetal heart rate records. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, Abingdon, v. 89, n. 4, p. 270–275, Apr 1982.
- DAWES, G.; MOUDELEN, M.; REDMAN, C.; STREET, P. Short term variation in abnormal antenatal fetal heart rate records. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 165, p. 515–523, 1991.
- DAWES, G.; MOULDEN, M.; REDMAN, C. Criteria for the design of fetal heart rate analysis systems. *International Journal of Bio-Medical Computing*, Shannon, v. 25, n. 4, p. 287–294, May 1990.
- DAWES, G.; MOULDEN, M.; REDMAN, C. The advantages of computerized fetal heart rate analysis. *Journal of Perinatal Medicine*, Berlin, v. 19, n. 1-2, p. 39–45, 1991.
- DAWES, G.; MOULDEN, M.; REDMAN, C. System 8000: computerized antenal fhr analysis. *Journal of Perinatal Medicine*, Berlin, v. 19, n. 1-2, p. 47–51, 1991.
- DAWES, G.; MOULDEN, M.; REDMAN, C. Short-term fetal heart rate variation, decelerations, and umbilical flow velocity waveforms before labor. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 80, p. 673–678, 1992.
- DAWES, G.; MOULDEN, M.; REDMAN, C. Improvements in computerized fetal heart rate analysis antepartume. *Journal of Perinatal Medicine*, Berlin, v. 24, n. 1, p. 25–36, 1996.
- DAWES, G.; REDMAN, C. Sonicaid system 8002: Objective ctg analysis system user guide. *Oxford Instruments Medical System Division*, Oxford, v. 19, p. 39–45, 1995.
- DAWES, G.; REDMAN, C.; SMITH, J. Improvements in the registration and analysis of

fetal heart rate records at the bedside. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 92, n. 4, p. 317–325, 1985.

DONKER, D.; GEIJN, H.; HASMAN, A. Interobserver variation in the assessment of fetal heart rate recordings. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, Shannon, v. 52, n. 1, p. 21–28, Sep 1993.

EASON, M.; FOUK, B.; GRIFFITH, L.; HERRELL, H.; LINVILLE, M.; QURAISHI, M. *Electronic Fetal Monitoring: Physiologic basis of fetal heart monitoring*. 2016. [S.l.: s. n.], 2014. Disponível em: <<http://www.ob-efm.com/>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

FERRARIO, M.; MAGENES, G.; SIGNORINI, M. Estimation of long-term correlations from fetal heart rate variability signal for the identification of pathological fetuses. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, 29., 2007, LYON. *Proceedings...* Piscataway: IEEE, 2007. p. 295–298.

FETAL heart rate patterns: monitoring, interpretation, and management. *ACOG Technical Bulletin*, Washington, n. 207, 1995.

GARCIA, G. *Prediction of fetal acidemia by Short-term Variation measured by Computerized Cardiotocography in pregnancies with Hypertensive Syndrome*, 2006. 79 f. Tese (Doutorado) — Escola Paulista de Medicina, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2006.

GARCIA, G. Traçados cardiotocográficos. In: *Apostila: Curso de Cardiocotocografia*. [S.l.: s.n.], 2014.

GARITE, T. *Obstetrics: normal and problem pregnancies: intrapartum fetal evaluation*. 6. ed. Amsterdam: Elsevier, 2012.

GILSTRAP, L.; HAUTH, J.; TOUSSAINT, S. Second stage fetal heart rate abnormalities and neonatal acidosis. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 63, p. 209–213., 1984.

GOODLIN, R. History of fetal monitoring. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 33, n. 3, p. 323–52, 1979.

GREENWOOD, M.; KINGHORN, A. Suving: automatic silence/unvoiced/voiced classification of speech. *Sheffield: The University of Sheffield*, 1999.

HAMMACHER, K. Eletronic control of fetal life before and during labor. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, Heidelberg, p. 270–271, 1967.

HAYKIN, S.; VEEN, B. V. *Sinais e sistemas*. Porto Alegre: Bookman, 2011. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=tdNYclZwaYIC>>.

HON, E. The eletronic evaluation of the fetal heart rate: preliminary report. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 75, p. 1215–1230, 1958.

HON, E. The fetal heart rate patterns preceding death in utero. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 78, p. 47–56, 1959.

HUCH, A.; HUCK, R.; ROTH, G. Guindelines for the use of fetal monitoring. *International*

Journal of Gynecology & Obstetrics, Shanon, v. 25, p. 159–167, 1997.

HUTSON, J.; MULLER, H. Diagnosis and management of intrapartum reflex fetal heart rate changes. *Clinics in Perinatology*, v. 9, p. 325–337, 1982.

INTRAPARTUM fetal heart rate monitoring: nomenclature, interpretation, and general management principles. *ACOG Practice Bulletin*, Washington, n. 106, p. 192–202, 2009.

MACONES, G. A.; HANKINS, G. D. V.; SPONG C. Y., H. J.; MOORE, T. The 2008 national institute of child health and human development workshop report on electronic fetal monitoring: Update on definitions, interpretation, and research guidelines. *Journal of Obstetric, Gynecologic and Neonatal Nursing*, New York, v. 37, p. 510–515, 2008.

MANTEL, R.; GEIJN, v. H.; CARON, F.; SWARTJES, J.; WOERDEN, v. E.; JONGSMA, H. Computer analysis of antepartum fetal heart rate: 1 baseline determination. *International Journal Bio-Medical Computing*, Shanon, v. 25, p. 261, 1990.

MANTEL, R.; GEIJN, v. H.; VERVERS, I.; COPRAY, F. Automatec analysis of near-term antepartum fetal heart rate in relation to fetal behavioral states: the sonicaid system 8000. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 165, p. 57–65, 1991.

MARTIN, J. Electronic fetal monitoring: a brief summary of its development, problems and prospects. *European Journal Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, Amsterdam, v. 78, p. 133–140, 1998.

MEDICAL, J. *Fetal Monitor CTG Machine JPD-300P - Jumper Medical*. [S.I.: s.n.] 2015.

NICHD. Physiologic basis of fetal heart monitoring electronic fetal heart rate monitoring: Research guidelines for interpretation. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, p. 1385 – 1390, 1997.

NOGUEIRA, A.; REIS, F.; REIS, P. The pregnant patient in intensive care unit. In: SIMPÓSIO DE MEDICINA INTENSIVA, 4., 2001, RIBEIRÃO PRETO. *Anais...* Ribeirão Preto: [s. n.], 2001. v. 34, p. 123–132.

NOMURA, R.; FRANCISCO, R.; MIYADAHIRA, S.; ZUGAIB, M. Mathematical model to predict metabolic acidosis at birth in pregnancies with absent or reversed end-diastolic velocity. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 261–269, 2002.

NOMURA, R.; FRANCISCO, R.; STEINMAN, D.; MIYADAHIRA, S.; ZUGAIB, M. Análise computadorizada da cardiotocografia anteparto em gestações de alto risco. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 29–36, 2002.

OSTROVSKY, L.; POTAPOV, A. *Modulated Wave, Theory and Applications*. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1999.

OWEN, F. *PCM and digital transmission systems*. New York: McGraw-Hill, 1982.

PARDEY, J.; M., M.; REDMAN, C. A computer system for the numerical analysis of nonstress tests. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 186, p. 1095–1103, 2002.

- PELLO, L.; ROSEVEAR, S.; DAWES, G.; MOULDEN, M.; REDMAN, C. Computerized fetal heart rate analysis in labor. *Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 78, p. 602–610, 1991.
- REDMAN, C. *Sonicaid FetalCare Clinical Application Guide*. Oxford: Huntleigh, 2003. 1-9 p.
- RIBBERT, L.; FIDLER, V.; VISSER, G. Computer-assisted analysis of normal second trimester fetal heart rate patterns. *Journal Perinatal Medicine*, Berlin, v. 19, n. 1-2, p. 53–59, 1991.
- SALING, E. A new method for examination of the child during labor. introduction, technic and principles. *Archives Gynakol*, Amsterdam, v. 197, p. 108–122, 1962.
- SHOLAPURKAR, S. Algorithm for management of category ii fetal heart rate tracings: a standardization of right sort? *American Journal of Obstetrics & Gynecology*, Philadelphia, v. 210, n. 2, p. 175, Jan 2014.
- SORGATO, V. *Reconhecimento de mensagem em uma rede PLC banda estreita*. Florianópolis: UFSC, 2011.
- TRIMBOS, J.; M.J., K. Observer variability and assessment of antepartum cardiotocograms. *BJOG: an international journal of obstetrics and gynaecology*, Chichester, v. 85, p. 900–906, 1978.
- UMBILICAL artery blood acid-base analysis. *ACOG Technical Bulletin*, Washington, n. 207, p. 305–310, 1996.
- WULF, K. History of fetal heart rate monitoring. In: *Fetal Heart Rate Monitoring: clinical Practice and Pathophysiology*, Springer, Berlin, p. 3–15, 1985.