



Marina Zuanazzi Cruz

A respiração como ferramenta para a autorregulação
psicofisiológica em crianças pré-escolares: Um estudo
baseado na variabilidade da frequência cardíaca

Botucatu

2016

Marina Zuanazzi Cruz

A respiração como ferramenta para a autorregulação
psicofisiológica em crianças pré-escolares: Um estudo
baseado na variabilidade da frequência cardíaca

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina, Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Doutora em Saúde Coletiva.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira Junior

Botucatu

2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Cruz, Marina Zuanazzi.

A respiração como ferramenta para a autorregulação psicofisiológica em crianças pré-escolares : um estudo baseado na variabilidade da frequência cardíaca / Marina Zuanazzi Cruz. - Botucatu, 2016

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Alfredo Pereira
Júnior Capes: 40603008

1. Crianças. 2. Pré-escolares. 3. Psicofisiologia.
4. Variabilidade do batimento cardíaco. 5. Sistema nervoso autônomo. 6. Exercícios respiratórios - Uso terapêutico.

Palavras-chave: Crianças; Exercícios respiratórios; Sistema nervoso autônomo; Variabilidade da frequência cardíaca.

Ao meu filho Jonas,

minha mais nova e maior fonte de inspiração

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda e sincera gratidão a todos que colaboraram com este Projeto e assim o tornaram possível.

Em primeiro lugar, agradeço à minha família, pela paciência e por todo o apoio que me deram ao longo desta trajetória. Em especial, agradeço à minha mãe (Graça) pelos incontáveis dias que se dedicou a cuidar do meu filho para que eu pudesse realizar este trabalho; ao meu companheiro (Adam) pela parceria e também pelas horas dedicadas a cuidar do nosso filho, muitas vezes abdicando de seu próprio trabalho para poder me apoiar; à minha tia-avó Elídia, que me recebeu em sua casa em Campinas com muito carinho durante toda a fase experimental deste projeto; à Miriam, por todos os cuidados com a casa e o nosso bem estar, que me possibilitaram maior empenho a este trabalho; e ao meu filho (Jonas), que somente pelo fato de existir me enche de amor, alegria e motivação, todos os dias.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Alfredo Pereira Junior, pela confiança e solicitude.

Agradeço aos Professores Roberto Cardoso e Moacir Godoy, por todo o suporte prestado no delineamento da pesquisa e na análise dos dados.

Agradeço aos Professores Niura Padula, Percília Giaquinto e Rossano Bonatto, pelas valiosas contribuições que possibilitaram um importante aperfeiçoamento deste trabalho.

À Associação Movimento Educacional (AME), em especial à diretora Valdirene, por permitir e possibilitar a realização deste Projeto em uma de suas escolas.

À toda a equipe da Nave Mãe Anísio Spínola Teixeira, por permitirem e possibilitarem a realização do Projeto e também pelo apoio, a dedicação e o carinho com que me receberam na escola. Agradeço à equipe gestora Simone, Vanessa e Lucirene; à secretária Viviane; às professoras Marina, Viviane, Cida, Milena, Jucélia, Leila, Edna, Fátima e Cassiana; à toda a equipe da cozinha, em especial à Priscila; à toda a equipe da limpeza.

Assim como o fogo arde brilhantemente quando as cinzas que o cobrem são espalhadas pelo vento, o fogo Divino dentro do corpo brilha em toda a sua majestade, quando as cinzas do desejo são espalhadas pela prática de pranayama.

B. K. S. Iyengar

RESUMO

INTRODUÇÃO: O aprendizado de habilidades de autorregulação contribui para um adequado desenvolvimento neurobiológico e psicossocial na infância. Neste estudo, investigamos a respiração como ferramenta para promover a autorregulação em crianças em idade pré-escolar. A modulação respiratória tem sido utilizada como técnica na promoção da regulação psicofisiológica, devido à sua ação benéfica sobre o funcionamento do sistema nervoso autônomo (SNA), ao seu importante papel na regulação do metabolismo e por promover o alinhamento de sistemas oscilatórios do corpo. O estudo teve como objetivos avaliar a capacidade de aprendizagem de uma técnica de respiração em crianças pré-escolares, contribuir para o entendimento de como a modulação respiratória atua sobre suas fisiologias e apoiar o desenvolvimento de estratégias educacionais e programas de intervenção em saúde que adotem a respiração como um método para promover a autorregulação psicofisiológica em crianças.

MÉTODOS: Participaram do estudo 42 crianças na faixa etária entre cinco e seis anos. Todas receberam um treinamento diário, com duração de oito semanas, para a prática de uma técnica respiratória (respiração lenta, profunda, com tempos iguais de inspiração e expiração). Para a avaliação dos efeitos da respiração sobre o SNA, foram feitas análises da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) nos domínios da coerência cardiorrespiratória, do tempo, da geometria, da frequência e do caos (não-linearidade). Dados da VFC (intervalos de tempo de batimento a batimento) foram coletados em dois momentos, com duração de cinco minutos cada: primeiro com as crianças em repouso e com respiração espontânea, depois durante a prática da técnica respiratória. Dados foram coletados ao final da primeira, da quarta e da oitava semana do treinamento.

RESULTADOS: Houve um aumento significativo e progressivo da coerência cardiorrespiratória, com elevação expressiva na porcentagem de alta coerência ($p < 0,0001$), o que indica maior sincronização da função autonômica. Índices do domínio do tempo (Mean RR, SDNN, RMSSD, pNN50) e geométrico (SD1) apontaram para uma significativa redução da VFC e da atividade parassimpática. Não foram observadas alterações significantes no domínio da frequência. No domínio da não-linearidade, houve alterações significantes em alguns índices específicos (ApEn, MSE área 1_5, DFA α 1, ShanEnt e Lmean) indicando ganho de complexidade, otimização da fractabilidade e afastamento da linearidade, tudo isso representativo de melhora da saúde cardíaca. O grupo controle não apresentou diferenças

significantes entre os dois momentos, exceto para um aumento da frequência cardíaca no segundo momento.

CONCLUSÃO: A melhora progressiva da coerência cardiorrespiratória gerada por meio de autoaplicação da técnica de respiração, mostra que houve aprendizado, o que indica que crianças em idade pré-escolar são capazes de se autorregular através de exercícios respiratórios. Isso torna a respiração uma estratégia promissora na promoção da autorregulação psicofisiológica em crianças. A respiração lenta e ritmada também mostrou efeitos fisiológicos bastante contundentes nas crianças. As análises mostraram redução da VFC e do tônus parassimpático associada a uma maior coerência cardiorrespiratória e ao aumento da complexidade do sistema cardíaco. Os resultados encontrados neste estudo contribuíram para o levantamento de uma nova hipótese: a de que a respiração lenta age seletivamente na regulação do SNA, aumentando ou reduzindo o tônus vagal, a depender do estado fisiológico inicial. Estudos futuros são necessários para testar e validar esta hipótese.

PALAVRAS-CHAVE: Exercícios Respiratórios; Sistema Nervoso Autônomo; Variabilidade da Frequência Cardíaca; Crianças.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Learning self-regulation skills contributes for proper neurobiological and psychosocial development in childhood. In this study, we investigated the role of breathing as a tool to promote self-regulation in preschool-aged children. Respiratory modulation has been used as a technique in promoting psychophysiological regulation, due to its beneficial effect on the functioning of the autonomic nervous system (ANS), to its important role in the regulation of metabolism, and for promoting the entrainment of all the oscillatory systems in the body. The study aimed to evaluate the capacity of preschool children to learn a breathing technique for self-regulation, to contribute to the understanding of how the respiratory modulation acts on their physiology, and to support the development of educational strategies and health intervention programs that adopt breathing as a method to promote psychophysiological self-regulation in children.

METHODS: The study included 42 children aged between five and six years. All received a daily training, with eight weeks duration, for practicing a breathing technique (slow breathing with equal times of inhalation and exhalation). For the assessment of the effects of breathing on the ANS, analyses of heart rate variability (HRV) were made in cardiorespiratory coherence and in the time, geometry, frequency, and chaos (nonlinearity) domains. HRV data (the beat-to-beat intervals) were collected in two phases, lasting five minutes each: first with the children at rest with spontaneous breathing, then during the practice of the breathing technique. Data were collected at the end of the first, fourth, and eighth weeks of training.

RESULTS: There was a significant and progressive increase in the cardiorespiratory coherence, with a remarkable increase in the percentage of high coherence ($p < 0.0001$), indicating greater synchronization of the autonomic function. Time domain (Mean RR, SDNN, RMSSD, pNN50), and geometric domain (SD1) indices pointed to a reduction in HRV and parasympathetic activity. There were no significant changes in the frequency domain. In the area of nonlinearity, there were significant changes in some specific indices (ApEn, MSE area 1_5, DFA α 1, ShanEnt and Lmean) indicating gain in complexity, optimized fractability, and departure from linearity, all representative of improved heart health. The control group showed no significant differences between the two moments, except for an increase in heart rate in the second moment.

CONCLUSION: The progressive improvement in the levels of heart rate coherence, generated by self-application of the breathing technique, shows that there was learning, which indicates that pre-school aged children are able to self-regulate through breathing exercises.

This makes breathing a promising strategy in promoting psychophysiological self-regulation in children. The slow and paced breathing also showed quite compelling physiological effects in the children. The analyses showed reductions in the HRV and in the parasympathetic tone associated with a higher cardiorespiratory coherence and an increased complexity of the cardiac system. The results of this study contributed to the rise of a new hypothesis: that slow breathing acts selectively in the regulation of ANS, increasing or reducing the vagal tone, depending on the initial physiological state. Future studies are needed to test and validate this hypothesis.

KEYWORDS: Breathing Exercises; Autonomic Nervous System; Heart Rate Variability; Children.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ilustração do Sistema Nervoso Autônomo.....	20
Figura 2 - Ilustração dos complexos vagais dorsal e ventral.....	22
Figura 3 - Respiração torácica e diafragmática.....	26
Figura 4 - Ilustração dos efeitos da hiperventilação no fluxo sanguíneo do cérebro.....	30
Figura 5 - Inervação autonômica do coração.....	36
Figura 6 - Ilustração da Variabilidade da Frequência Cardíaca a partir de um fragmento de um eletrocardiograma (ECG) de 3,134s.....	36
Figura 7 - Diagrama dos caminhos aferentes atualmente conhecidos através dos quais informações do coração e do sistema cardiovascular modulam a atividade do cérebro.....	38
Figura 8 - Diagrama das interações entre respiração, ritmos cardíacos e estados emocionais.....	39
Figura 9 - Padrões de ritmo cardíaco durante diferentes estados psicofisiológicos.....	44
Figura 10 - Ilustração dos padrões de onda nos estados de “incoerência” e “coerência” cardíaca em um tacograma da frequência cardíaca.....	45
Figura 11 - Densidade espectral de potência média antes e durante estados emocionais.....	46
Figura 12 - Alinhamento de sistemas oscilatórios à coerência cardiorrespiratória.....	47
Figura 13 - Ilustração da sincronização de ondas cerebrais com o ritmo cardíaco no estado de coerência cardiorrespiratória.....	48
Figura 14 - Tacogramas indicando estado de incoerência (acima) e coerência (abaixo) cardíaca.....	54
Figura 15 - Ilustração do cálculo da razão de coerência do ritmo cardíaco.....	55
Figura 16 - Ilustração dos intervalos RR em um eletrocardiograma.....	56
Figura 17 - Plot de Poincaré.....	57
Figura 18 - Ilustração de um tacograma (esq.) e de um espectro de potência (dir.) da variabilidade da frequência cardíaca.....	58
Figura 19 - Box plots dos efeitos da técnica de respiração sobre as variáveis da coerência cardiorrespiratória no momento 2 das três sessões.....	62
Figura 20 - Box plots dos efeitos da respiração sobre as variáveis da coerência cardiorrespiratória nas três sessões.....	64

Figura 21 - Tacogramas da frequência cardíaca de uma das crianças do estudo, nos momentos M1 (antes) e M2 (durante) a modulação da respiração.....65

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Análise da distribuição das medidas da CR-Low nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, nas três sessões.....63
- Tabela 2 - Análise da distribuição das medidas da CR-Med nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, nas três sessões.....64
- Tabela 3 - Análise da distribuição das medidas da CR-High nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, nas três sessões.....64
- Tabela 4 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio do tempo nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.....66
- Tabela 5 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio geométrico nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.....67
- Tabela 6 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio da frequência nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.....67
- Tabela 7 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio não-linear nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.....68
- Tabela 8 - Análise da distribuição das medidas da CR-Low, CR-Med e CR-High nos momentos 1 (M1 = deitado) e 2 (M2 = sentado), com respiração espontânea, em 33 crianças do grupo Controle.....69
- Tabela 9 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio do tempo, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).....69
- Tabela 10 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio geométrico, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).....70
- Tabela 11 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio da frequência, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).....70
- Tabela 12 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio não-linear, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).....71

Tabela 13 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico de variáveis nos domínios do tempo, geométrico, da frequência e não-linear, nas comparações do estado inicial das crianças do Grupo de Estudo (S1M1) (42 casos) com o estado inicial das crianças do Grupo Controle (M1) (33 casos).....72

Tabela 14 - Valores da variabilidade da frequência cardíaca de crianças saudáveis.....73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ApEn: entropia aproximada

ASE: aprendizagem social e emocional

ASR: arritmia sinusal respiratória

CR-High: razão de coerência alta

CR-Low: razão coerência baixa

CR-Med: razão de coerência média

DFA α 1: análise de flutuações depuradas de tendências de curto prazo

DP: desvio padrão

DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica

DRS: distúrbios respiratórios do sono

HF: alta frequência

LF: baixa frequência

Lmax: comprimento máximo da linha diagonal

Lmean: comprimento médio da linha diagonal

Mean HR: frequência cardíaca média

Mean RR: média dos intervalos RR

MSE: entropia multiescalar

OMS: organização mundial da saúde

PNN50: porcentagem das diferenças entre intervalos RR adjacentes que são maiores que 50 ms

RMSSD: raiz quadrada média de diferenças sucessivas dos intervalos RR

SampEnt: entropia amostral

SD1: desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR

SD2: desvio padrão da variabilidade de longo prazo do intervalo RR

SDNN: desvio padrão dos intervalos RR

ShannEnt: entropia de Shannon

SN: sistema nervoso

SNA: sistema nervoso autônomo

TDAH: transtorno de déficit de atenção e hiperatividade

TEPT: transtorno do estresse pós-traumático

VFC: variabilidade da frequência cardíaca

VLF: muito baixa frequência

SUMÁRIO

1	Introdução	15
2	Aspectos do Desenvolvimento e da Regulação Emocional em Crianças Pré-Escolares	17
3	O Sistema Nervoso Autônomo	20
	2.1 Teoria Polivagal e a Regulação Emocional em Crianças	21
4	A Respiração	25
	4.1 Mecânica da Respiração	25
	4.2 A Química da Respiração	27
	4.3 A Respiração Excessiva ou Hiperventilação	28
	4.4 Efeitos da Respiração sobre o SNA	31
	4.5 Terapias Baseadas na Respiração	33
5	O Coração	35
	5.1 Variabilidade da Frequência Cardíaca	35
	5.2 Conexão Coração-Cérebro	37
6	Psicofisiologia Cardiorrespiratória	39
	6.1 Interações entre a Respiração e os Ritmos Cardíacos	39
	6.2 Interações entre a Respiração e os Estados Emocionais	41
	6.3 Interações entre os Estados Emocionais e os Ritmos Cardíacos	42
	6.4 Coerência Cardiorrespiratória	45
7	Objetivos	49
	7.1 Objetivos Gerais	49
	7.2 Objetivos Específicos	49
8	Material e Métodos	50
	8.1 Participantes	50
	8.2 Intervenção	50
	8.3 Medições	52
	8.4 Análise dos Dados	53
	8.4.1 Tipos de análise da VFC	53
9	Resultados	62
	9.1 Análises Preliminares	62
	9.2 Avaliação do Aprendizado	63
	9.3 Efeitos da Respiração sobre a VFC e o SNA	65
	9.3.1 Análise da Coerência Cardiorrespiratória	65
	9.3.2 Análises da VFC no Domínio do Tempo	66
	9.3.3 Análises da VFC no Domínio Geométrico	66

9.3.4 Análises da VFC no Domínio da Frequência.....	67
9.3.5 Análises da VFC no Domínio Não-Linear (Caos).....	67
9.4 Grupo Controle	68
9.4.1 Análise da Coerência Cardiorrespiratória no Grupo Controle	69
9.4.2 Análises da VFC no Domínio do Tempo no Grupo Controle.....	69
9.4.3 Análises da VFC no Domínio Geométrico no Grupo Controle.....	70
9.4.4 Análises da VFC no Domínio da Frequência no Grupo Controle	70
9.4.5 Análises da VFC no Domínio Não-Linear (Caos) no Grupo Controle	71
9.5 Avaliações do Estado Basal das Crianças do Grupo de Estudo.....	72
9.5.1 Comparações entre o Grupo de Estudo e o Grupo Controle no Estado Inicial.....	72
9.5.2 Comparações do Estado Autonômico Basal entre Crianças de Diversos Estudos	73
10 Discussão	75
10.1 Limitações	81
10.2 Direções futuras.....	83
Conclusão	84
Referências.....	85
ANEXO 1	96
ANEXO 2	98

1 Introdução

A autorregulação psicofisiológica pode ser definida como o processo através do qual um indivíduo aprende e emprega habilidades físicas, cognitivas ou emocionais como estratégia para regular o estado fisiológico e psicológico (JONAS, 2005).

O aprendizado de habilidades de autorregulação é considerado fundamental para um adequado desenvolvimento neurobiológico e psicossocial na infância (SCHORE, 1994 *apud* BRADLEY, 2012). A falta de tais habilidades prejudica o desenvolvimento cognitivo, emocional e social da criança (SCHORE, 2003 *apud* BRADLEY, 2012). Por este motivo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) tem incentivado a implementação de programas que contribuam para o desenvolvimento de habilidades de vida e de competências sociais e emocionais, com o objetivo de promover a saúde mental em crianças e adolescentes (OMS, 1994).

São várias as atividades que podem ser utilizadas para promover o desenvolvimento de habilidades de autorregulação. Neste estudo, investigamos a respiração como estratégia para promover a autorregulação psicofisiológica em crianças de 5 a 6 anos.

A modulação respiratória tem sido utilizada como técnica na promoção da regulação psicofisiológica principalmente devido à sua ação benéfica sobre o funcionamento do sistema nervoso autônomo (SNA) (COURTNEY, 2009). Diversos estudos mostram que a respiração lenta promove um estado de relaxamento do corpo, assim como estados psicológicos e emocionais positivos, sendo considerada um método eficaz para a redução do estresse e para a promoção da saúde física e mental (JERATH et al., 2006).

Este estudo foi orientado pelas seguintes questões: 1) Crianças em idade pré-escolar seriam capazes de aprender uma técnica simples de respiração, de modo a gerar um efeito significativo sobre suas fisiologias? 2) Quais efeitos específicos a modulação da respiração gera sobre o SNA e sobre os padrões de ritmo do coração de crianças pré-escolares?

Para responder a essas questões, escolhemos como método de avaliação as análises dos padrões de ritmo do coração – variabilidade da frequência cardíaca (VFC) –, sendo esta uma forma simples e não-invasiva de análise dos padrões autonômicos, que revela estados subjacentes do corpo de estresse ou relaxamento, assim como outros indicadores do estado de saúde.

Esta pesquisa tem como objetivos gerais avaliar a capacidade de aprendizagem da modulação respiratória por crianças em idade pré-escolar, contribuir para o entendimento de

como a respiração controlada atua sobre suas fisiologias e apoiar o desenvolvimento de estratégias educacionais e programas de intervenção em saúde que adotem a respiração como um método para promover a autorregulação psicofisiológica em crianças.

A seguir, serão apresentados os conceitos fundamentais para a compreensão deste estudo e das análises realizadas.

2 Aspectos do Desenvolvimento e da Regulação Emocional em Crianças Pré-Escolares

As bases das competências necessárias para o sucesso educacional e social são desenvolvidas nos primeiros anos da infância e estão diretamente relacionadas à sua capacidade de autorregular a atenção, a emoção e o comportamento (BRADLEY, 2012).

Durante os anos pré-escolares, as crianças estão apenas começando a desenvolver muitas das estruturas cognitivas e habilidades que fornecem uma base para a socialização e o autoconhecimento, tais como a tomada de perspectiva e o raciocínio (BIERMAN; MOTAMEDI, 2015). Normalmente, este representa um período crítico para o desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais básicas, que estabelecem as bases para a competência social-emocional posterior (DENHAM; BURTON, 2003).

Em pré-escolares, as estruturas neurais que facilitam o autocontrole estão apenas começando a se desenvolver. Assim, em relação a crianças mais velhas, crianças pré-escolares são menos capazes de "sentar, ouvir e aprender" e elas são muito mais dependentes de apoios externos e do gerenciamento de adultos, a fim de regular as emoções e comportamentos (BIERMAN; MOTAMEDI, 2015). No entanto, o córtex pré-frontal cresce rapidamente entre as idades de 3 e 6 anos, acompanhado de melhorias em áreas de competências linguísticas e da função executiva, incluindo a memória de trabalho, o controle inibitório e a mudança de foco da atenção (BLAIR, 2002; GREENBERG, 2006). Essas habilidades de funções executivas melhoram a capacidade da criança de antecipar e planejar as interações sociais, de inibir impulsos reativos e de se envolver em soluções mais flexíveis de problemas sociais (BIERMAN; MOTAMEDI, 2015). Assim, neste período, as crianças fazem a transição notável de um comportamento mais impulsivo e autocentrado para um comportamento mais responsável e socialmente integrado (BIERMAN. MOTAMEDI, 2015). O desenvolvimento de habilidades de interação social pode ser observado a partir do brincar em paralelo aos 3 anos para a brincadeira social colaborativa na idade de 5 a 6 anos, conforme elas aprendem a compartilhar, a cooperar, a se revezar e a inibir comportamentos agressivos e intrusivos (BIERMAN; ERATH, 2006).

Em seu estudo sobre a neurobiologia do desenvolvimento na primeira infância, Schore (1994 *apud* BRADLEY, 2012) afirma que aprender como processar e autorregular a experiência emocional é a habilidade socioemocional mais antiga e mais fundamental, que não só facilita o desenvolvimento neurológico, mas também determina o potencial para o

subsequente desenvolvimento psicossocial. Ele também aponta que quando a criança não apresenta capacidade de autorregulação emocional ou quando essas habilidades estão seriamente prejudicadas, o resultado é a "desregulação do afeto" (SCHORE, 2003 *apud* BRADLEY, 2012).

A incapacidade de autorregular sentimentos e emoções adequadamente tem suas origens em maus tratos na primeira infância e tem consequências negativas duradouras para o desenvolvimento do córtex frontal, resultando em organização neurobiológica estruturalmente deficiente, que por sua vez prejudica o desenvolvimento cognitivo da criança e produz distúrbios na formação de vínculos (SCHORE, 2003 *apud* BRADLEY, 2012). Além de suas implicações ao impedir o desenvolvimento neuropsicossocial, esta incapacidade de autorregular adequadamente sentimentos e emoções resulta em comportamento impulsivo e agressivo, dificuldades de atenção e aprendizagem, incapacidade de se envolver em relações pró-sociais e dificuldade no estabelecimento de vínculos sociais estáveis (SCHORE, 2003 *apud* BRADLEY, 2012).

A desregulação do afeto tem sido destacada repetidamente na literatura em relação aos seus efeitos devastadores sobre vários domínios do desenvolvimento infantil, incluindo linguagem, cognição e alfabetização e habilidades socioemocionais (DODGE et al., 1994; LEITER; JOHNSEN, 1994; DARWISH et al., 2001). Por outro lado, crianças que demonstram maiores competências sociais e emocionais são mais propensas a ter resultados positivos de desenvolvimento, incluindo maiores escores de quociente de inteligência, autovalorização positiva e melhor saúde mental (DERRYBERRY; ROTHBART, 1997; MURRAY; KOCHANSKA, 2002).

Recentemente, tem havido um foco maior na promoção de habilidades de autorregulação em crianças pré-escolares (BIERMAN. MOTAMEDI, 2015). Pesquisas recentes na área de neurociência do desenvolvimento têm mostrado que a promoção de habilidades de linguagem e de funções executivas melhora a capacidade das crianças de regular a excitação emocional e de controlar a atenção, reforçando a competência social e o envolvimento com a aprendizagem na escola (BLAIR, 2002; GREENBERG, 2006). Da mesma maneira, os modelos teóricos estão cada vez mais focados no modo que as experiências que promovem o desenvolvimento das funções executivas e da autorregulação podem ser construídas em intervenções de aprendizagem social e emocional pré-escolar (URSACHE; BLAIR; RAVER, 2012). Esses modelos apontam que diferentes estratégias podem melhorar o desenvolvimento da função executiva em crianças, incluindo aquelas que melhoram o entendimento emocional e a gestão das emoções, as que promovem um clima

positivo e bem ordenado em sala de aula e também as que enfatizam as habilidades de resolução de problemas (URSACHE; BLAIR; RAVER, 2012).

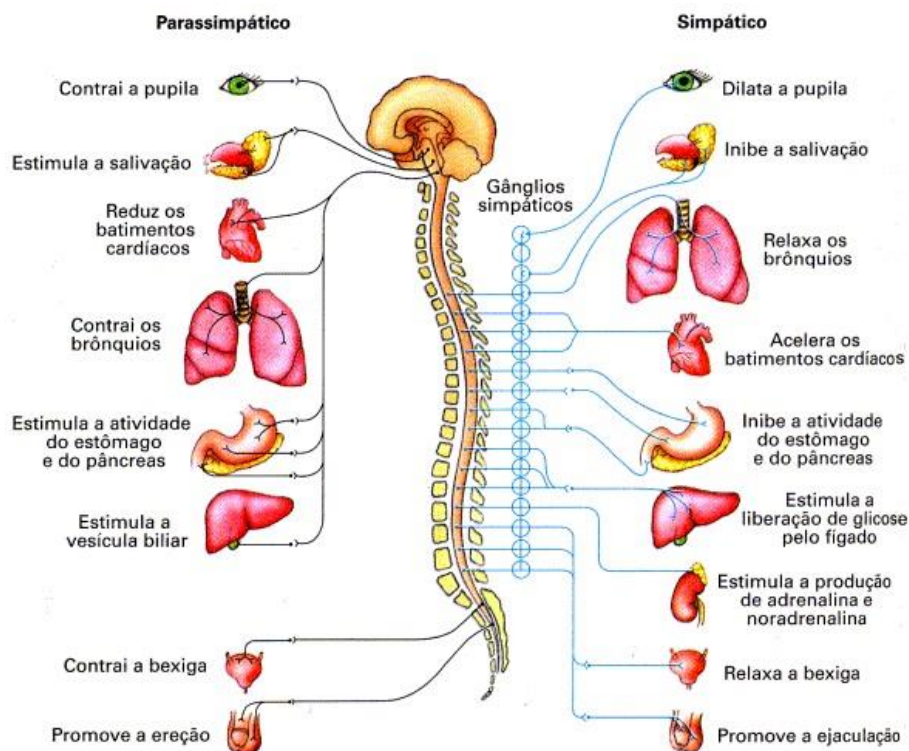
Os capítulos subsequentes abordarão a autorregulação sob uma perspectiva fisiológica, esclarecendo os mecanismos envolvidos neste processo.

3 O Sistema Nervoso Autônomo

O Sistema Nervoso Autônomo (SNA) apresenta um importante papel no processo de autorregulação (PORGES, 2007), visto que representa uma interface entre os estados psicológicos e fisiológicos.

O SNA é a parte do sistema nervoso que regula a maioria das funções internas do corpo, buscando gerar respostas fisiológicas apropriadas frente às mudanças ambientais internas e externas, a fim de sempre manter a homeostase¹. Está dividido em dois grandes sistemas de nervos – simpático e parassimpático (também denominado vago) – que, de modo geral (mas não necessariamente), possuem funções antagônicas. Enquanto o simpático é geralmente associado com funções fisiológicas de estimulação e mobilização, o parassimpático é associado a funções de inibição e relaxamento (CANNON, 1932).

Figura 1 - Ilustração do Sistema Nervoso Autônomo (SNA). Os ramos parassimpático e simpático do SNA regulam a maioria dos órgãos internos através de ações coordenadas de estimulação e inibição de suas funções.



Fonte: LOPES, S. Bio. São Paulo: Saraiva, 2002. v. 2

¹ Embora atualmente existam várias definições do conceito de homeostase, neste trabalho nos referimos a este conceito sob a perspectiva do próprio criador do termo, Walter Cannon, que define a homeostase como “estados estáveis no organismo” mantidos por processos fisiológicos coordenados que trabalham cooperativamente. Cannon reforça que “A palavra não implica alguma coisa definida e imóvel, uma estagnação. Ela representa uma condição a qual pode variar, mas que é relativamente constante” (CANNON, 1932, p. 24, tradução nossa).

O SNA pode sofrer alterações fisiológicas e adaptativas no balanço simpato-vagal, como no caso da presença de fatores externos ou internos que representem uma ameaça ao sistema e exigem uma resposta apropriada para a manutenção da vida e da homeostase. Um exemplo é o estado de luta ou fuga diante de uma ameaça real, causado por uma redução do tônus vagal e um predomínio do sistema nervoso (SN) simpático (CANNON, 1932). Por outro lado, pode haver também alterações patológicas do balanço simpato-vagal, como no caso do estresse crônico, quando é continuamente detectada a presença de ameaças ao sistema, sejam elas reais ou oriundas de ideias impróprias. Neste caso, a ação prolongada do SN simpático leva a um estado fisiológico anormal, associado a inúmeras doenças (PEREIRA Jr; CRUZ; ANDRADE, 2012).

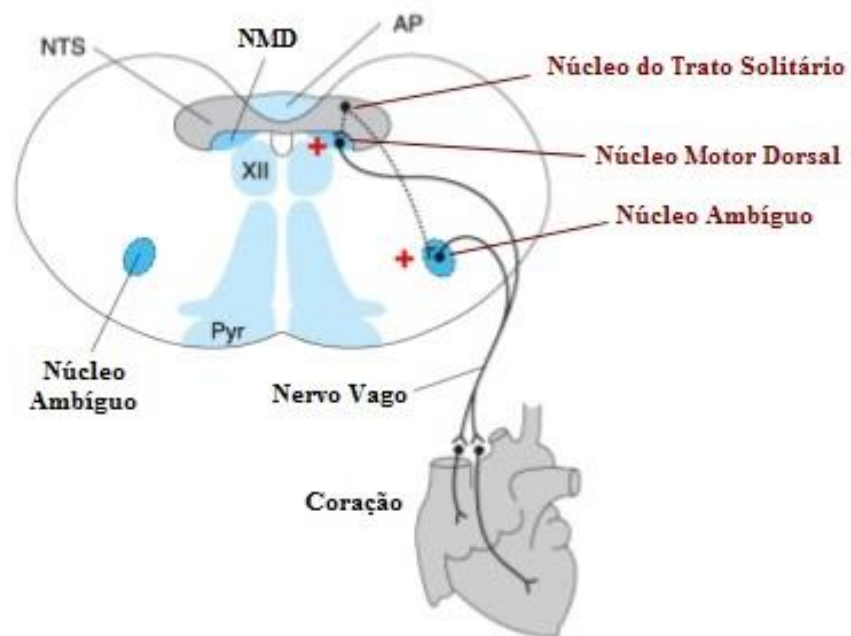
2.1 Teoria Polivagal e a Regulação Emocional em Crianças

A Teoria Polivagal de Porges (2001; 2007) fornece uma ampla estrutura para o entendimento das bases fisiológicas da regulação emocional em crianças, através do controle parassimpático da atividade cardíaca, que facilita comportamentos de engajamento social ou respostas defensivas, contribuindo, assim, para o funcionamento adaptativo ou mal adaptativo das crianças (HASTINGS et al., 2008). Por esta razão, tal teoria tem sido largamente empregada para explicar os processos de regulação emocional em crianças.

A Teoria Polivagal especifica dois ramos distintos do nervo vago: um filogeneticamente mais antigo, originário do núcleo motor dorsal (NMD), e outro mais recente, originário do núcleo ambíguo (NA). O NMD e o NA estão localizados nos complexos vagais dorsal e ventral, respectivamente, estruturas neurais adjacentes à medula (Figura 2). Embora ambos os ramos forneçam eferências inibitórias para o coração, através do nervo vago, eles fazem isso devido a diferentes funções evolutivas. O ramo do NMD, por vezes referido como vago vegetativo, está ligado a estratégias primárias de sobrevivência de vertebrados primitivos – anfíbios e répteis – que congelam quando ameaçados. Por este motivo, as funções do vago vegetativo suprimem as demandas metabólicas em condições de perigo. Por outro lado, o ramo do NA, ou vago inteligente, é originário dos mamíferos, e evoluiu em conjunto com a necessidade de regular de forma dinâmica o aumento da produção metabólica. Isso inclui modular o estado de luta ou fuga em função de comportamentos sociais. Ao se orientarem para alguém da mesma espécie, mamíferos precisam tanto se engajar em uma relação social familiar ou iniciar uma resposta de luta ou fuga. O engajamento em relações sociais requer um estado de relaxamento, que é acompanhado pela

desaceleração do coração mediada pelo vago. Já o estado de luta ou fuga, que está associado a emoções de raiva ou medo, respectivamente, requer atenção sustentada e caracteriza-se pela quase que completa redução do tônus vagal. Isso resulta em aumentos do fluxo do SN simpático ao coração, que deixa de ser inibido pelas influências vagais. Assim, o vago inteligente inibe sinais aceleradores do SN simpático ao coração, quando o engajamento social são necessários, e retira essa influência inibitória quando identificada a necessidade de lutar ou fugir ou quando a atenção sustentada é necessária.

Figura 2 - Ilustração dos complexos vagais dorsal e ventral. O Núcleo Motor Dorsal e o Núcleo Ambíguo dão origem ao nervo vago, que envia sinais inibitórios ao coração.



Fonte: RINCON, 2014, slide 44.²

O fato de determinada resposta fisiológica ser ou não adaptativa depende do contexto em que o indivíduo se encontra. Se o ambiente apresenta verdadeiramente uma ameaça, então a redução vagal é adaptativa, pois possibilita a ação do SN simpático e a resposta de luta ou fuga. No entanto, diminuições prolongadas do SN parassimpático em resposta a estímulos não-ameaçadores ou contextos seguros são consideradas mal adaptativas e indicativas de disfunção parassimpática (FRIEDMAN, 2007). Um exemplo que ilustra reações adaptativas

² Disponível em: <http://es.slideshare.net/miguelfloresrincon/presion-arterial-41628788>. Acesso em: 12 de Jul 2016.

ou mal adaptativas é o contexto de estar em meio a um grupo desconhecido de crianças, que pode ser percebido como uma oportunidade para o engajamento social, que seria apoiado por um tônus vagal elevado, ou como uma situação de ameaça social, que levaria à redução do tônus vagal para mobilizar respostas defensivas (HASTINGS et al., 2008).

A Teoria Polivagal (PORGES, 2001; 2007) também descreve aspectos relacionados à maturação biológica do SNA, mais especificamente da maturação do SN parassimpático. Tal teoria sugere que já na primeira infância, as crianças começam a exibir a regulação vagal do coração, evidenciada por uma diminuição na arritmia sinusal respiratória³ (ASR) durante situações desafiadoras que demandam regulação emocional ou comportamental (PORGES, 2001; 2007). A regulação vagal na forma de diminuições da ASR durante tarefas ou situações desafiadoras pode refletir processos fisiológicos que envolvem processamento interno ou a geração de estratégias de enfrentamento para controlar a excitação emocional ou comportamental (HASTINGS et al., 2008).

Consideráveis pesquisas indicam que uma maior redução vagal (quando esta resposta é adaptativa) em situações desafiadoras está relacionada a uma melhor regulação emocional, melhor autocontrole e melhor controle da atenção na infância (DeGANGLI et al., 1991; HUFFMAN et al., 1998), menos problemas de comportamento e melhor regulação da emoção na pré-escola (CALKINGS; GRAZIANO; KEANE, 2007) e atenção sustentada nas crianças em idade escolar (SUESS; PORGES; PLUDE, 1994). Assim, a redução vagal adaptativa pode estar relacionada a respostas complexas envolvendo a regulação da atenção e do comportamento (CALKINGS; GRAZIANO; KEANE, 2007).

Também a manutenção do tônus vagal (quando esta resposta é adaptativa) sob circunstâncias desafiadoras apoia a regulação emocional e o ajuste comportamental. Tem sido observado que crianças com um tônus vagal basal relativamente alto e que respondem aos desafios sociais com a manutenção deste tônus ou com uma pequena redução (quando tais respostas são adaptativas), apresentam menos problemas de internalização e externalização e melhor autorregulação (HASTINGS et al., 2008).

Já crianças agressivas, com problemas comportamentais ou sob risco de desenvolver transtornos neuropsicológicos, costumam apresentar um baixo tônus vagal basal e uma reatividade vagal acentuada sob situações de desafio social, que leva a uma excessiva predominância da função simpática quando isso não é adaptativo, o que indica uma regulação emocional deficiente (BEAUCHAINE; GATZKE-KOOP; MEAD, 2007).

³ A arritmia sinusal respiratória (ASR) se refere aos aumentos e diminuições da frequência cardíaca que ocorrem em fase com a inspiração e a expiração, respectivamente. Como essas mudanças são mediadas pelo nervo vago, Porges propôs utilizar a ASR como um indicador da função parassimpática cardíaca, sendo que maiores amplitudes da ASR indicam maior tônus vagal, e vice-versa.

Contudo, isso não tem sido observado em crianças pré-escolares com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade (TDAH) ou crianças pré-escolares sob risco de desenvolver problemas comportamentais, visto que elas costumam apresentar tônus vagal basal normal ou elevado e não apresentam hiper-reatividade vagal sob contextos de desafio social (BEAUCHAINE; GATZKE-KOOP; MEAD, 2007). Assim, as reduções do tônus vagal em crianças mais velhas com problemas de regulação emocional parecem surgir em algum momento entre o período pré-escolar e o ensino fundamental 2.

A disfunção parassimpática também pode ocorrer sob a forma de não-reatividade do vago, quando a reatividade seria a resposta adaptativa. Um estudo verificou que crianças expostas a opioides *in utero* apresentavam um tônus vagal basal reduzido e uma completa ausência de reatividade vagal sob tarefas que demandavam atenção sustentada, quando era esperada uma redução do tônus vagal (HICKEY et al., 1995). Outros estudos com crianças expostas a opiodes *in utero* reportaram que 48% dessas crianças foram avaliadas como “desatentas” pelos professores (WILSON, 1989) e que tais crianças possuem características similares às crianças com TDAH (DAVIS; TEMPLER, 1988).

A socialização parental também tem sido apontada como um importante fator que molda os mecanismos fisiológicos da regulação emocional das crianças e contribui para diferenças individuais no desenvolvimento de tais aptidões (HASTINGS et al., 2008; DENHAM et al., 2007). Uma socialização com os pais que é considerada apoiadora, responsiva e estruturadora, ou que não é excessivamente dura, punitiva e intrusiva, está associada a crianças que mostram melhor autorregulação autonômica e comportamental e menos problemas de internalização e externalização (KLIMES-DOUGAN et al., 2007; RUBIN; BURGESS; HASTINGS, 2002). Bebês filhos de pais mais responsivos, que interagem com eles sincronicamente, apresentavam maior tônus vagal e melhor regulação da frequência cardíaca e de afetos negativos quando comparados a bebês filhos de pais menos responsivos (HALEY; STANSBURY, 2003; MOORE; CALKINGS, 2004). Outros estudos mostram que crianças expostas à violência conjugal ou práticas negativas de controle parental apresentavam menor atividade parassimpática, mais problemas de internalização e externalização e menos autorregulação (HASTINGS et al., 2008; KATZ, 2007). Assim, crianças jovens vivendo em lares adversos ou hostis podem apresentar regulação vagal menos efetiva ou apropriada.

4 A Respiração

A respiração é considerada uma função-chave do corpo por possuir uma ampla gama de funções que contribuem de forma essencial para a autorregulação e a homeostase, tais como (1) a regulação das funções metabólicas e da química do sangue, provendo o aporte de oxigênio (O_2), eliminando o dióxido de carbono (CO_2) e mantendo o pH sanguíneo em níveis adequados; (2) a regulação do SNA; (3) a promoção da sincronização dos sistemas oscilatórios⁴ do corpo com os ritmos respiratórios, o que otimiza as funções de todos os sistemas; (4) a regulação do sistema circulatório, ao influenciar os ritmos cardíacos e o fluxo sanguíneo no corpo; (5) a influência sobre o sistema linfático, contribuindo para a drenagem de toxinas por meio dos movimentos da respiração; (6) a regulação dos estados psicológicos e (7) a participação dos músculos respiratórios no controle postural e motor.

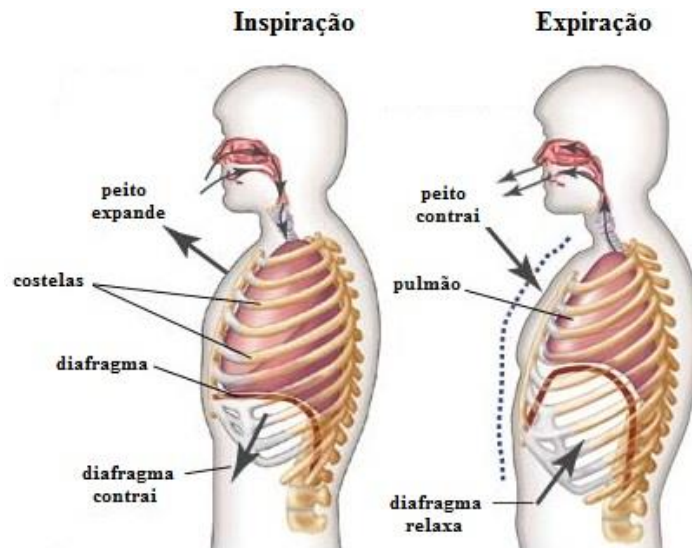
Assim, sendo a respiração uma função tão importante no processo regulatório de inúmeras funções do corpo, sua otimização pode trazer muitos benefícios para a saúde. A promoção da otimização da respiração envolve aspectos da mecânica e da química respiratória, que serão apresentados nas próximas subseções.

4.1 Mecânica da Respiração

O fluxo de ar que passa pelos pulmões no ato da respiração ocorre devido à ação de diversos músculos que causam alterações no volume da cavidade torácica, fazendo com que os pulmões sejam expandidos e contraídos, o que leva ao movimento de entrada e saída do ar. Há duas maneiras nas quais este processo pode ocorrer: (1) por movimentos de subida e descida do diafragma para aumentar ou diminuir a cavidade torácica e (2) pela elevação e depressão das costelas para aumentar e diminuir o diâmetro ântero-posterior da cavidade torácica (GUYTON; HALL, 2006). A figura 3 mostra essas duas maneiras.

⁴ Sistemas oscilatórios são aqueles que possuem ritmos sistemáticos em variáveis fisiológicas. Estão presentes na maioria dos sistemas vivos e também no corpo humano (COURTNEY, 2009). As oscilações da respiração interagem com as oscilações de outros sistemas fisiológicos, de modo que ocorre um alinhamento entre os sistemas e uma otimização de suas funções. As oscilações da respiração interagem com oscilações do sistema cardiovascular (frequência cardíaca e pressão sanguínea), do sistema linfático (GASHEV, 2002), do sistema digestivo (BHARUCHA et al., 1997; FORD; CAMILLERI; HANSON, 1995), de ondas cerebrais e provavelmente de flutuações rítmicas que ocorrem no metabolismo celular (VERN et al., 1988). Um exemplo bem conhecido é o fenômeno da arritmia sinusal respiratória, em que a frequência cardíaca é alinhada à frequência respiratória. A ASR melhora a eficiência da troca de gás ao acoplar frequência cardíaca aumentada à fase inspiratória da respiração (YASUMA; HYANO, 2004).

Figura 3 - Respiração torácica e diafragmática. A respiração torácica ocorre principalmente pela ação dos músculos intercostais, que ampliam e reduzem o volume interno da caixa torácica, causando movimentos de elevação e contração da parte superior do peito. A respiração diafragmática ocorre pela ação do músculo diafragma. Na inspiração, o diafragma se contrai e observa-se um movimento de elevação do abdômen e de expansão lateral das costelas inferiores. Na expiração, o diafragma relaxa e observa-se o retorno do abdômen e das costelas à posição inicial de repouso.



Fonte: ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE.⁵

Em um estado normal relaxado, a caixa torácica e o abdômen criam uma efetiva bomba respiratória que se move em resposta às ações coordenadas dos músculos respiratórios, entre eles o diafragma, escalenos, intercostais, abdominais e músculos acessórios da respiração (KONNO; MEAD, 1967). O diafragma é o mais importante músculo respiratório e o principal condutor da respiração. Assim, se o diafragma estiver disfuncional, os outros músculos respiratórios terão suas funções alteradas, frequentemente tornando-se sobrecarregados (COURTNEY, 2009). Em condições normais, o diafragma se contrai durante a inspiração, assumindo uma forma plana e fazendo um movimento descendente, o que causa uma pequena elevação do abdômen e uma expansão lateral das seis costelas inferiores. Este movimento puxa as superfícies inferiores dos pulmões para baixo, causando uma pressão negativa interna que permite a entrada do ar. Durante a expiração, o diafragma simplesmente relaxa, o que causa o recuo elástico dos pulmões, da parede torácica e das estruturas abdominais que comprime os pulmões, fazendo com que o ar seja expelido (GUYTON; HALL, 2006).

⁵ Disponível em: <https://global.britannica.com/science/respiratory-disease/images-videos>. Acesso em: 12 de Jul 2016.

Entretanto, em várias circunstâncias, a ação coordenada dos músculos respiratórios pode ser perdida ou prejudicada. Quando os centros do controle respiratório no cérebro recebem mensagens do córtex, do sistema límbico, de quimiorreceptores ou mecanorreceptores de que a ventilação está insuficiente, os músculos respiratórios ajustam suas funções para aumentar a ventilação. Se a respiração for estimulada por períodos prolongados, o diafragma e os músculos acessórios da respiração podem se tornar cronicamente hipertônicos (KONNO; MEAD, 1967). Mudanças típicas no padrão respiratório que refletem uma estimulação respiratória aumentada incluem respiração torácica – com expansão do tórax superior e diminuição da expansão lateral da caixa torácica inferior – e tendência a respiração assíncrona, com movimentos paradoxais – e.g. movimento de retração do abdômen durante a inspiração ou ausência de movimento do abdômen combinada com a ausência de compensação pela expansão lateral da caixa torácica inferior (COURTNEY, 2009). Processos de doenças podem aumentar as necessidades ventilatórias, estimular a ventilação e alterar o controle da respiração, frequentemente criando mudanças características no padrão respiratório. Isso é visto em condições como asma, enfisema, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), doenças do coração, doenças neuromusculares, obesidade e estados psicológicos e emocionais (COURTNEY, 2009).

Hábitos inapropriados do uso dos músculos respiratórios podem ser mantidos mesmo após a resolução da condição que os originou (COURTNEY, 2009) o que indica, para tais pessoas, uma necessidade de se reaprender a respirar corretamente, de modo que os músculos respiratórios voltem a trabalhar de forma coordenada.

4.2 A Química da Respiração

A química da respiração envolve o papel da respiração na promoção do fluxo de O_2 e CO_2 e seus efeitos sobre o metabolismo e a fisiologia. O O_2 é utilizado no processo de produção de energia, enquanto o CO_2 é um subproduto do metabolismo, principalmente da atividade muscular. Ele é liberado pelos tecidos e carregado na corrente sanguínea para os pulmões, onde é finalmente excretado.

Em condições normais, a produção de CO_2 está geralmente em equilíbrio com a absorção de O_2 . Este equilíbrio é importante, pois o CO_2 tem uma função fisiológica essencial como regulador do tônus vascular, atuando como um potente vasodilatador (GILBERT, 1998).

O sangue circula com grande precisão em lugares específicos do corpo, com base nas necessidades metabólicas locais. Nos tecidos mais ativos, o metabolismo elevado gera altos níveis de CO_2 , o que produz uma imediata vasodilatação local. Esse aumento do diâmetro dos vasos sanguíneos os torna mais permeáveis ao O_2 e à glicose, o que facilita a oxigenação e a nutrição dos tecidos. Por outro lado, nas regiões menos ativas, o baixo metabolismo leva à produção de menores níveis de CO_2 , que por sua vez causa a constrição dos vasos sanguíneos, o que os torna menos permeáveis. Desta maneira, o O_2 e a glicose são encaminhados para os lugares onde as necessidades metabólicas são maiores (LITCHFIELD, 2003).

Níveis mais elevados de CO_2 também causam uma queda do pH do sangue devido à maior formação de ácido carbônico (H_2CO_3). Nessas condições, o O_2 se dissocia mais facilmente da hemoglobina e pode ser prontamente distribuído para atender as demandas metabólicas. Por outro lado, níveis menores de CO_2 , derivados de um baixo metabolismo, levam a um aumento do pH do sangue, o que causa uma maior adesão entre a hemoglobina e o O_2 , permitindo que ele seja levado para locais com maiores demandas metabólicas (LITCHFIELD, 2003).

Quando os níveis de CO_2 se elevam na corrente sanguínea, seja pelo aumento da atividade metabólica ou qualquer outra razão, os centros respiratórios são estimulados a provocar a taquipneia (aumento da frequência respiratória) ou a hiperpneia (aumento da frequência e da amplitude respiratória), a fim de intensificar as trocas gasosas e regular nos níveis de CO_2 no sangue. No entanto, uma respiração excessiva que ocorre desconectada das necessidades metabólicas do corpo, pode levar a uma queda da concentração de CO_2 no sangue (hipocapnia) e a um aumento do pH do sangue (alcalose respiratória), com sérias implicações para o corpo (COURTNEY, 2009; JOHNSON, 2008).

4.3 A Respiração Excessiva ou Hiperventilação

A respiração normal em adultos apresenta volume corrente de aproximadamente 500 mL, frequência respiratória de aproximadamente 12 respirações/minuto e, portanto, a ventilação-minuto é em média de 6L/min (GUYTON, HALL, 2006). No entanto, esses parâmetros podem variar em função de condições internas, como o estado metabólico e o estado de saúde. Nesses casos, a respiração mais rápida e profunda não é considerada hiperventilação, mas apenas uma alteração funcional compensatória para eliminar o excesso de CO_2 (GILBERT, 1998).

A hiperventilação ocorre quando a frequência e a amplitude respiratória aumentam de maneira disfuncional, de modo que a ventilação alveolar se torna excessiva, além das necessidades metabólicas do corpo (COURTNEY, 2009; JOHNSON, 2008). Isso faz com que mais CO₂ seja exalado do que está sendo produzido, o que gera uma queda nos níveis de CO₂ e o aumento do pH do sangue, sendo esta uma das mais sérias formas de desregulação da respiração (LITCHFIELD, 2003).

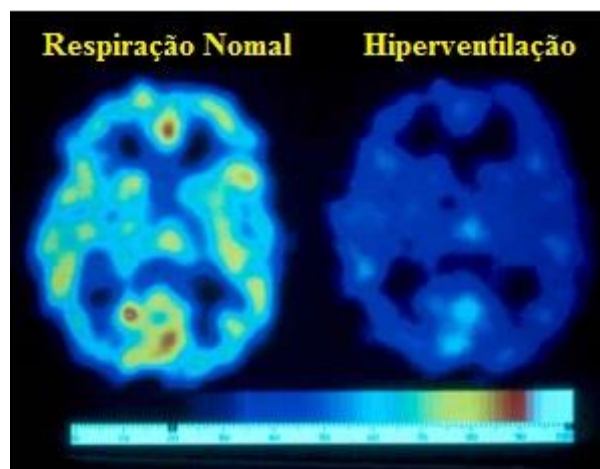
Uma leve mudança nos níveis de CO₂ associada à respiração excessiva pode causar mudanças fisiológicas tais como vasoconstrição no cérebro e nas coronárias, isquemia, déficits de O₂ (hipóxia) e glicose (hipoglicemia), alcalose do sangue, depleção de tamponadores do sangue (bicarbonatos), constrição brônquica, constrição de vísceras, desequilíbrio de cálcio e deficiência de magnésio (LITCHFIELD, 2003).

A alcalose (aumento do pH) do sangue é uma consequência imediata da hipocapnia (redução do CO₂) e resulta em um aumento da saturação de oxigênio no sangue, visto que nesta condição a hemoglobina encontra-se fortemente aderida ao O₂, que por sua vez deixa de ser liberado aos tecidos (COURTNEY, 2009). Assim, embora a saturação do O₂ esteja maximizada no sangue, a distribuição de O₂ aos tecidos é reduzida, enquanto as necessidades metabólicas das células excedem àquelas refletidas pelos níveis reduzidos de CO₂, devido à respiração excessiva (LITCHFIELD, 2003). A alcalose respiratória também aumenta a excitabilidade e a contratilidade celular (e.g., excitabilidade neuronal no cérebro), o que agrava o quadro, pois aumenta a demanda por O₂. Outros efeitos da alcalose incluem aumento do metabolismo anaeróbico, depleção de antioxidantes, inibição do feedback negativo normalmente associado com baixos níveis de pH que limitam a produção de ácidos metabólicos (e.g., lactato), aumento da agregação de plaquetas (com probabilidade aumentada para coagulação do sangue), migração de íons de cálcio para dentro dos tecidos, incluindo a musculatura lisa (e.g., artérias coronárias, cerebrais, brônquiais e vísceras), a musculatura esquelética, resultando em probabilidade aumentada de espasmos musculares (tetania), fadiga e dor (LITCHFIELD, 2003), e a musculatura cardíaca, causando contração miocárdica (COURTNEY, 2009).

Devido ao desequilíbrio químico e aos efeitos fisiológicos associados, a respiração excessiva pode desencadear ou exacerbar uma série de condições e sintomas, tais como: encurtamento da respiração, falta de ar, sensação de aperto no peito, sensação de sufocação, mãos suadas e frias, formigamento na pele, entorpecimento, palpitação, arritmia cardíaca, hipertensão, fadiga, fraqueza, exaustão, boca seca, tremor, espasmos, tensão muscular, rigidez, cólicas e inchaços abdominais (LITCHFIELD, 2003).

Os efeitos da hiperventilação sobre o cérebro e o sistema nervoso – vasoconstrição, fluxo de sangue reduzido e aumento da excitabilidade neuronal – podem causar sintomas como: náusea, tontura, desmaio, visão turva, redução do limiar da dor, dor de cabeça, confusão, desorientação, perda do senso de realidade e até mesmo convulsões (GILBERT, 1998; LICHTFIELD, 2003; COURTNEY, 2009; JOHNSON, 2008). A hiperventilação também causa profundos efeitos sobre a cognição, gerando déficits em todas as funções cognitivas (atenção, raciocínio, memória, concentração, julgamento e resolução de problemas) (LICHTFIELD, 2003; COURTNEY, 2009), e sobre a emoção, levando a uma diminuição do limiar para a expressão emocional, a uma perda do controle emocional e à intensificação de estados emocionais estressantes (LICHTFIELD, 2003). A figura 4 mostra os efeitos da hiperventilação no cérebro.

Figura 4 – Ilustração dos efeitos da hiperventilação no fluxo sanguíneo do cérebro. Nesta imagem, as áreas mais claras (esq.) presentes na respiração normal indicam maior fluxo sanguíneo, com maior aporte de oxigênio e glicose ao cérebro. As áreas mais escuras (dir.) estão associadas à hiperventilação e indicam fluxo de sangue reduzido devido à vasoconstrição, o que prejudica a distribuição de oxigênio e glicose ao cérebro.



Fonte: LITCHFIELD, 2003, p. 2.

A hiperventilação pode ocorrer por diversas causas, mas as causas de maior relevância para este estudo são (1) o hábito inconsciente de uma respiração excessiva e disfuncional (LITCHFIELD, 2003); (2) o controle voluntário, através de técnicas respiratórias como alguns pranayamas (*Bhastriká* e *Kāpalabhāti*) ou aquelas utilizadas na Terapia do Renascimento (*Rebirthing*) e na Respiração Holotrófica, de Stanislav Grof (LITCHFIELD, 2003); (2) o

estresse psicológico, principalmente quando acompanhado de emoções como raiva, ansiedade, medo e pânico (GILBERT, 1998; JOHNSON, 2008).

Gardner (1996) diz, ainda, que muitos indivíduos vivem à beira de sintomas de hipocapnia e que estados deficientes de CO₂ podem ser mantidos por ocasionais suspiros, respirações profundas ou por um aumento de apenas 10% da ventilação normal. Segundo ele, um leve aumento da respiração sem o acompanhamento de contração muscular pode desencadear sintomas de hipocapnia. Nestes casos crônicos, o pH pode estar próximo ao normal devido à compensação renal, mas o CO₂ permanece baixo. Por este motivo, os indivíduos considerados hiperventiladores crônicos apresentam um limiar mais baixo para o desenvolvimento de sintomas (GILBERT, 1998).

4.4 Efeitos da Respiração sobre o SNA

Diversos estudos mostram os efeitos da modulação respiratória sobre o SNA. É amplamente aceito que certos parâmetros respiratórios, em especial a frequência respiratória e o volume corrente, influenciam profundamente a regulação autonômica (JERATH et al., 2006; GROSSMAN; TAYLOR, 2007; PAL; VELKUMARY; MADANMOHAN, 2004; RITZ, 2009). Com relação à frequência respiratória, tem sido mostrado que a respiração lenta (aproximadamente 6 respirações/minuto) geralmente leva a um aumento do tônus parassimpático, enquanto a respiração rápida parece não ter um efeito significativo sobre o SNA (PAL; VELKUMARY; MADANMOHAN, 2004). Ao mesmo tempo, muitos estudos revelam que a respiração ritmada, seja ela lenta ou rápida, exerce pouca ou nenhuma influência sobre a regulação autonômica, visto que em tais estudos a frequência cardíaca e a pressão sanguínea permaneceram estáveis na comparação da respiração ritmada com a respiração não ritmada (BADRA et al., 2001; DRISCOLL; DICICCO, 2000, PINNA et al., 2006; RITZ et al., 2001). Apesar do conhecido fato de que a frequência cardíaca aumenta durante a inspiração e diminui com a expiração, o que seria um indicativo de que a atividade parassimpática aumenta durante a expiração, estudos clínicos não comprovam que uma expiração mais prolongada em relação à inspiração leve a uma maior ativação parassimpática (MASON et al., 2013; WANG et al., 2013a; LIN et al., 2014; PAPRIKA et al., 2014). Tais estudos apontam que dentro de uma mesma frequência respiratória, a razão de tempo inspiração:expiração (i:e) não interfere na resposta autonômica. Desta maneira, o único

parâmetro que mostra uma significativa influência sobre a regulação autonômica é a respiração lenta (RITZ et al., 2001; GROSSMAN; TAYLOR, 2007).

Já com relação ao volume corrente, a respiração profunda parece exercer um maior efeito sobre o SNA do que a respiração superficial, com valores máximos atingidos quando o volume corrente é de aproximadamente 1,2 L para um adulto normal (SHIELDS, 2009). Contudo, respirações profundas são mais propensas a gerar um estado de hipocapnia, que está associado a uma diminuição da atividade parassimpática (SHIELDS, 2009).

As influências da respiração sobre o SNA são mostradas por vários estudos que sugerem que a respiração lenta causa mudanças na fisiologia de curto e longo prazo. Efeitos de curto prazo incluem aumento da resistência galvânica da pele (TELLES, 1994), diminuição do consumo de oxigênio (TELLES; DESIRAJU, 1991), diminuição da frequência cardíaca e da pressão sanguínea (SINGH et al., 2004) e aumento da amplitude de ondas teta no cérebro (AUSTIN, 1999). Todas essas mudanças na fisiologia são indicativas de aumento da atividade parassimpática e diminuição da atividade simpática. Já os efeitos de longo prazo, com prática regular continuada, incluem melhoramento da função autonômica (SINGH et al., 2004), com aumento na atividade parassimpática e uma diminuição no predomínio do SN simpático (BHARGAVA; GOGATE, 1988; JOSEPH et al., 2005; PAL; VELKUMARY; MADANMOHAN, 2004; RAUPACH et al., 2008; PRAMANIK et al., 2009). Estudos também sugerem que o sistema cardiorrespiratório pode ser regulado através da respiração lenta e ritmada (GOPAL et al., 1973; IYENGAR, 1998). Tanto os efeitos de curto prazo quanto de longo prazo da respiração indicam uma alteração dinâmica do SNA.

Embora existam suficientes evidências da ação da respiração sobre o SNA, os mecanismos através dos quais esta ação ocorre ainda permanece desconhecido. Os efeitos regulatórios da respiração sobre o SNA têm sido investigados a partir de várias perspectivas e há algumas hipóteses que tentam explicar tal processo. McCraty et al. (2009) propõem que a respiração modula o ritmo cardíaco – através da ASR – e os sinais aferentes do coração aos centros cerebrais regulam o fluxo autonômico. Jerath et al. (2006) propõem que durante a inspiração, o estiramento do tecido pulmonar produz sinais inibitórios pela ação dos receptores de estiramento pulmonar e também correntes de hiperpolarização pela ação dos fibroblastos. Tanto os impulsos inibitórios quanto a corrente de hiperpolarização são conhecidos por sincronizar elementos neurais que levam à modulação do SNA e à atividade metabólica diminuída, indicativa de ação parassimpática.

4.5 Terapias Baseadas na Respiração

Diferente de outras funções do corpo, a respiração pode ser voluntariamente controlada e servir como um meio para promover a regulação fisiológica e psicológica. Como visto anteriormente, a respiração pode contribuir para a regulação do SNA, a regulação da química do sangue e promover sincronização dos sistemas oscilatórios do corpo, ajudando o sistema como um todo a retornar ao seu estado fisiológico de repouso (COURTNEY, 2009).

O controle e a consciência da respiração são considerados aspectos importantes de muitos sistemas filosóficos ancestrais, como o Yoga e o Qi Gong, e também de várias técnicas de meditação, que utilizam a respiração como meio para a autorregulação e a restauração do equilíbrio físico, mental, emocional e espiritual (COURTNEY, 2009).

A modulação da respiração tem sido realizada por meio de diferentes técnicas, que buscam atender a diferentes propósitos, entre eles: (1) corrigir algum aspecto da respiração disfuncional; (2) corrigir a hiperventilação e restabelecer os níveis normais de CO₂; (3) beneficiar-se das funções de regulação autonômica e fisiológica da respiração, a fim de promover a cura ou uma melhor qualidade de vida; (4) regular estados mentais e emocionais (COURTNEY, 2009).

O método *Buteyko Breathing Technique* (BBT) engloba um conjunto de técnicas que visam corrigir a hipocapnia aguda e crônica através da redução do volume corrente combinado com retenções da respiração (COURTNEY, 2009). Estudos clínicos que avaliaram o uso deste método no tratamento da asma indicaram que as pessoas que utilizaram a BBT mostraram melhoras significativas e foram capazes de reduzir substancialmente a medicação (BOWLER; GREEN; MITCHELL, 1998; OPAT; COHEN; BAILEY, 2000; SLADER et al., 2000; COOPER et al., 2003; McHUGH et al., 2003; COWIE; UNDERWOOD; READER, 2008).

A modulação respiratória também tem se mostrado bastante útil como terapia complementar no tratamento de doenças cardiovasculares. Um estudo longitudinal acompanhou pacientes que sofreram infarto do miocárdio ao longo de cinco anos e comparou a quantidade de intercorrências em dois grupos: um que recebeu a reabilitação cardíaca padrão, baseada em exercícios, e outro que recebeu um treinamento adicional em terapia respiratória. Os autores verificaram que o grupo que realizou as práticas respiratórias teve uma redução de 30% em eventos cardíacos (VAN DIXHOORN; DUIVENVOORDEN, 1999). Outro estudo mostrou que exercícios físicos em pacientes com infarto do miocárdio nem sempre é bem-sucedido na prevenção de eventos cardíacos futuros, mas o risco de falha

no tratamento era reduzido pela metade quando o treinamento em respiração e relaxamento era somado com os exercícios físicos no protocolo de reabilitação (VAN DIXHOORN et al., 1989). Técnicas respiratórias do yoga também mostraram melhorar a hemodinâmica e fatores de risco cardiorrespiratório em pacientes cardíacos (SHANNAHOF-KHALSA et al., 2004).

Técnicas de respiração também se mostram eficazes no tratamento de várias condições psicológicas. Uma revisão de estudos clínicos mostrou que exercícios de respiração baseados no Yoga apresentaram resultados benéficos no tratamento de estresse, ansiedade, transtorno do estresse pós-traumático (TEPT), depressão, estresse relacionado a doenças, abuso de substâncias e reabilitação de infratores da lei (BROWN; GERBAG, 2005ab).

5 O Coração

O coração é um órgão que possui uma ampla esfera de ação na regulação de diversas funções no corpo, contribuindo de forma importante para a autorregulação e a homeostase. Além de sua conhecida função no sistema circulatório, no qual atua como uma bomba propulsora do sangue, o coração influencia funções cerebrais e também desempenha um importante papel na sincronização de sistemas oscilatórios (McCRATY; CHILDRE, 2010).

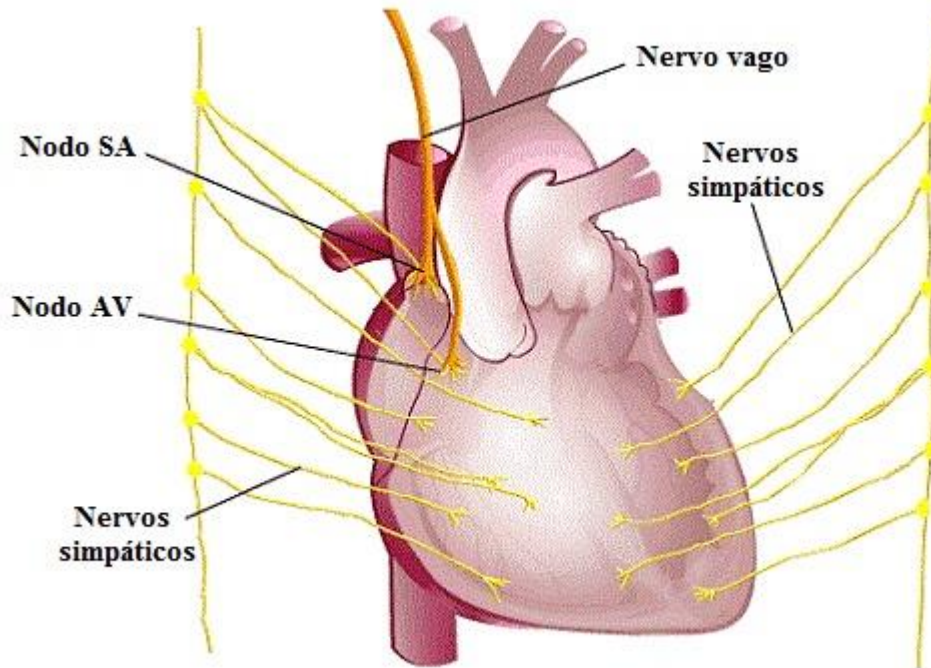
O coração está em comunicação contínua com o cérebro e o corpo através de múltiplos caminhos: neurológico (através do SNA), bioquímico (através de hormônios), biofísico (por meio de pressão e ondas sonoras) e energético (através de interações de campo eletromagnético) (McCRATY; CHILDRE, 2010).

O coração também possui uma rede intrínseca de neurônios sensoriais que o permite detectar e responder às variações nos níveis hormonais no fluxo sanguíneo e aos sinais eferentes do SNA. Além de funcionar como um sofisticado centro de processamento e codificação de informação, o coração também é uma glândula endócrina que produz e secreta hormônios e neurotransmissores (CANTIN; GENEST, 1986; GUTKOWSKA ET AL., 2000). J. Andrew Armour, um renomado neurocardiologista, acredita que o sistema nervoso intrínseco do coração é suficientemente sofisticado para se qualificar como um "cérebro do coração" (AMOUR, 2003 *apud* McCRATY; CHILDRE, 2010). Seu circuito complexo o permite sentir, lembrar, autorregular-se e tomar decisões sobre o controle cardíaco independente do sistema nervoso central (AMOUR, 2003 *apud* McCRATY; CHILDRE, 2010).

5.1 Variabilidade da Frequência Cardíaca

O coração é diretamente influenciado pelo SNA. O ritmo cardíaco é determinado pela ação dos nervos simpáticos e parassimpático (vago). Assim, a análise dos padrões de ritmo cardíaco permite avaliar indiretamente o estado e o funcionamento do SNA. De modo geral, pode-se dizer que os nervos simpáticos aumentam a frequência dos batimentos cardíacos e o nervo vago a diminui, funcionando de forma análoga a um acelerador e um freio, respectivamente. A ação conjunta de ambos os ramos do SNA leva à variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A figura 5 mostra a inervação autonômica do coração e a figura 6 ilustra a variabilidade da frequência cardíaca.

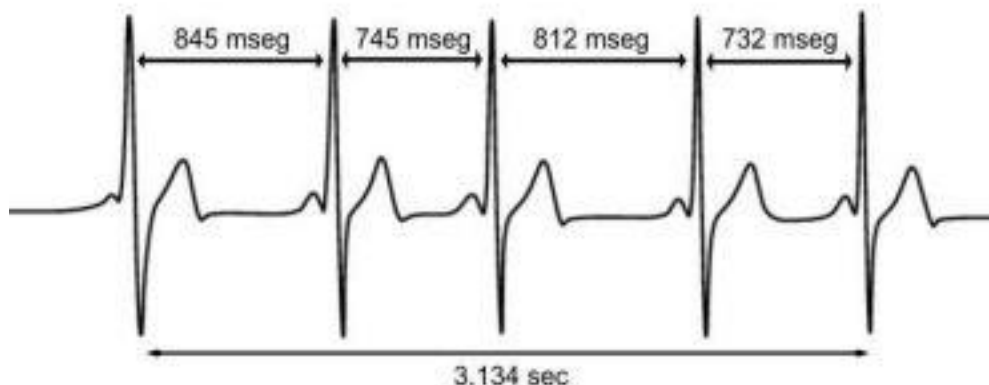
Figura 5 - Inervação autonômica do coração. Numerosos nervos simpáticos conectam-se aos nodos SA e AV e às paredes dos dois ventrículos. Quando estimulados, os nervos simpáticos liberam neurotransmissores (noradrenalina) que aceleram a frequência cardíaca. O nervo vago conecta-se aos nodos SA e AV e, quando estimulado, libera neurotransmissores (acetilcolina) que age como um freio, reduzindo a frequência cardíaca.



Legenda: SA – sinoatrial; AV – atrioventricular.

Fonte: BRISTOL-MYERS SQUIBB. The heart of nuclear cardiology: An interactive primer. In: NOTT, L. T. Nuclear cardiology seminar: practices and principles of nuclear cardiac imaging.⁶

Figura 6 - Ilustração da Variabilidade da Frequência Cardíaca a partir de um fragmento de um eletrocardiograma (ECG) de 3,134s. Observar a variação de tempo nos intervalos entre os batimentos, que caracterizam a variabilidade da frequência cardíaca.



Fonte: MAKIVIĆ et al., 2013, p. 106

Os ramos simpático e parassimpático do SNA estão continuamente interagindo para manter a atividade cardiovascular em sua faixa ideal e para permitir reações apropriadas às mudanças nas condições externas e internas. Deste modo, a variabilidade normal da frequência cardíaca é devida à ação sinérgica dos ramos simpático e parassimpático do SNA, que atuam através de vários mecanismos neurais e fisiológicos para que o sistema cardiovascular se adapte e responda de forma adequada a diferentes exigências e condições internas e externas (TILLER; McCRATY; TOMASINO, 1996).

Assim, a VFC é considerada um importante indicador de saúde. Como regra geral, indivíduos saudáveis apresentam alta VFC, o que reflete uma boa capacidade de adaptação ao estresse e às exigências ambientais. O coração permanece da mesma forma ágil e flexível, preparado e pronto para reagir quando necessário. Em contrapartida, uma baixa VFC está associada com risco aumentado de futuros problemas de saúde e mortalidade prematura (McCRATY; CHILDRE, 2010).

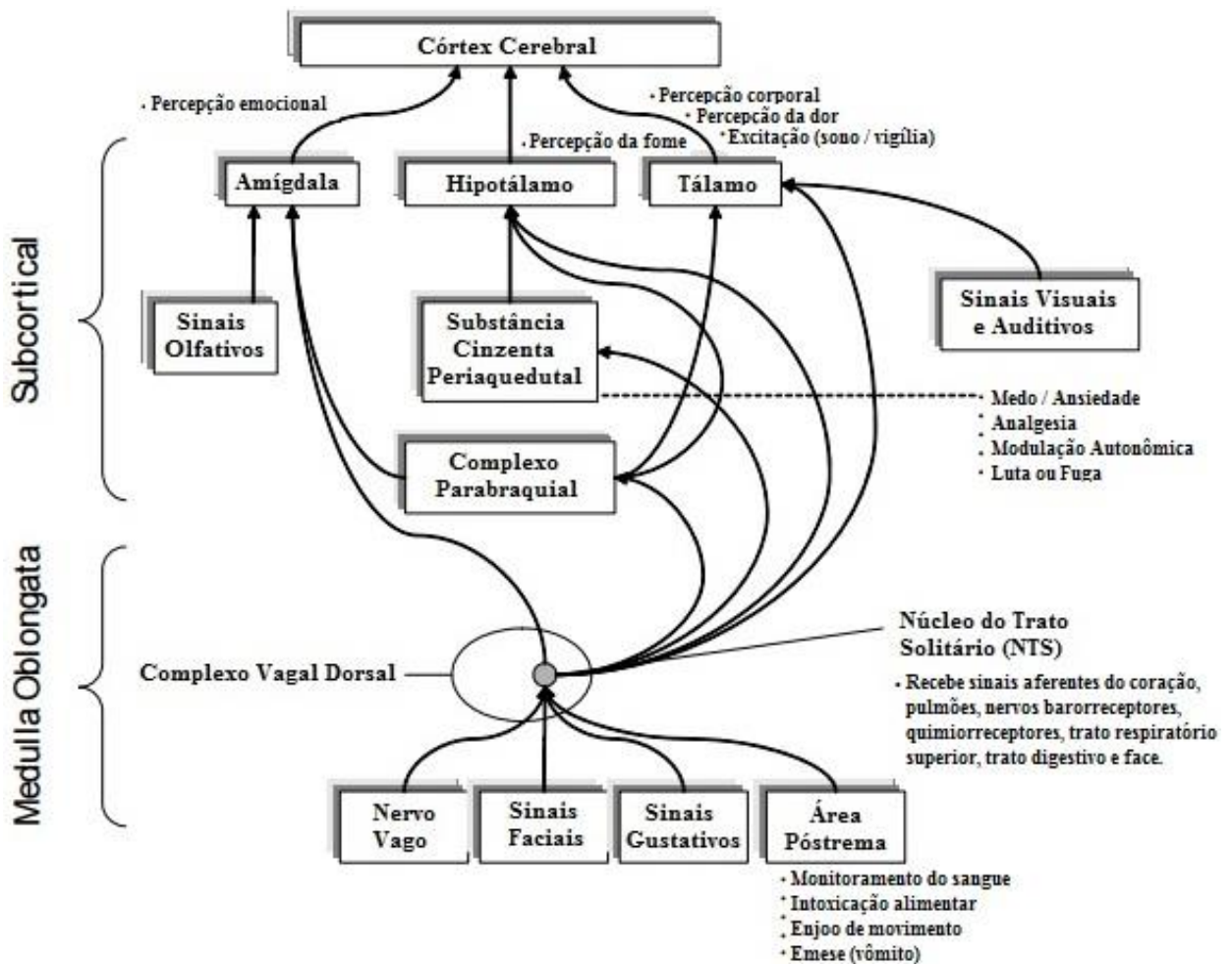
Muitos fatores fisiológicos e ambientais afetam a atividade do SNA e, portanto, influenciam a VFC. Esses incluem alterações hemodinâmicas e metabólicas, a respiração, o relaxamento, exercícios físicos e as emoções (VANDERLEI et al., 2009). A análise da VFC, por conseguinte, permite avaliar a função e o equilíbrio dinâmico do SNA, representando uma medida quantitativa simples e não-invasiva dos impulsos autonômicos (BERNTSON et al., 1997; ECKBERG, 1997; VANDERLEI et al., 2009).

5.2 Conexão Coração-Cérebro

Embora a maioria das discussões foquem nas vias eferentes do SNA (do cérebro aos órgãos), a maioria das fibras no nervo vago cardíaco são aferentes e enviam sinais do coração para o cérebro numa extensão muito maior do que outros grandes órgãos (DEBOER; DEBOER; KAREMAKER; STRACKEE, 1987). Os neurônios sensoriais do coração traduzem informações hormonais e mecânicas em impulsos neurológicos, que são processados no sistema nervoso intrínseco e, em seguida, enviados para o cérebro através de vias aferentes do nervo vago e da coluna vertebral (AMOUR, 2003 *apud* McCRATY; CHILDRE, 2010). As aferências cardiovasculares fazem conexões com vários centros do cérebro (Figura 7), tais como tálamo, hipotálamo e amígdala, influenciando o processamento emocional, e também com o córtex pré-frontal, influenciando faculdades cognitivas superiores, como atenção, percepção, memória e resolução de problemas (McCRATY;

CHILDRE, 2010). Os sinais enviados do coração ao cérebro e seus respectivos efeitos sobre a função cerebral parecem ser influenciados pelos padrões de ritmo cardíacos.

Figura 7 – Diagrama dos caminhos aferentes atualmente conhecidos através dos quais informações do coração e do sistema cardiovascular modulam a atividade do cérebro. Observar as conexões diretas do NTS com a amígdala, o hipotálamo e o tálamo. Embora não mostrado, há também evidências de um caminho neural do complexo vagal dorsal que vai diretamente ao córtex frontal.



Fonte: McC RATY; CHILDRE, 2010, p. 15.

Assim, devido à grande influência que o coração exerce sobre os sistemas fisiológico, cognitivo e emocional, ele pode ser considerado um dos pontos de referência a partir dos quais as dinâmicas de tais processos podem ser reguladas.

6 Psicofisiologia Cardiorrespiratória

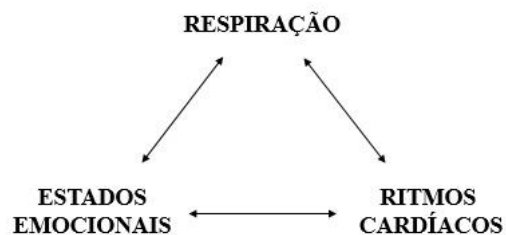
Todos os sistemas do corpo trabalham de forma coordenada e integrada a fim de manter a homeostase. Para isso, o corpo utiliza um eficiente sistema interno de comunicação, baseado em sinais neurais, hormonais, químicos e físicos para regular suas funções.

As emoções são percepções mentais associadas a estados corporais (DAMASIO, 1996) e têm como função preparar o corpo para uma ação imediata (GOLEMAN, 1995), com base nas necessidades definidas pela *percepção* cognitiva do ambiente. Desta maneira, as emoções exercem efeitos abrangentes sobre todo o corpo e o SNA é um dos principais elos que conectam a mente e o corpo.

A respiração e os ritmos cardíacos possuem também uma ampla influência sobre a fisiologia do corpo, devido à capacidade desses sistemas de regular o SNA e promover um alinhamento das funções de todos os sistemas oscilatórios (JERATH, 2006; McCRATY; CHILDRE, 2010).

A Figura 8 ilustra como estados emocionais, ritmos cardíacos e respiração se relacionam entre si, revelando uma influência mútua entre esses sistemas. A seguir, veremos em maiores detalhes como ocorrem as interações entre cada sistema.

Figura 8 - Diagrama das interações entre respiração, ritmos cardíacos e estados emocionais.



Fonte: Elaborado pela autora

6.1 Interações entre a Respiração e os Ritmos Cardíacos

É bem conhecido que os ritmos cardíacos e respiratórios estão interligados e se influenciam mutuamente. A modulação do ritmo cardíaco a partir da respiração é chamada

arritmia sinusal respiratória (ASR). A ASR é um fenômeno que resulta diretamente da interação entre os sistemas cardiovascular e respiratório, sendo caracterizado por flutuações na frequência cardíaca ou nos intervalos RR que estão em fase com a inspiração e a expiração (GROSSMAN; TAYLOR, 2007). Geralmente, a inspiração e a expiração promovem, respectivamente, o aumento e a diminuição da frequência cardíaca (YASUMA; HAYANO, 2004). Em outras palavras, a ASR é caracterizada por aumentos e diminuições periódicas da frequência cardíaca que ocorrem em uma frequência similar à respiração.

A ASR envolve interações entre o comando central da respiração, sinais autonômicos aferentes, o fluxo eferente do tronco cerebral e a mecânica respiratória dentro do tórax. Acredita-se que ASR ocorra por alterações nos barorreceptores e receptores de volume em resposta a mudanças no fluxo sanguíneo causadas por mudanças na pressão torácica associadas à respiração (BRAINBRIDGE, 1920 *apud* PORGES, 2007). Diz-se, também, que a ASR é dependente da frequência e da amplitude (volume corrente) da respiração, bem como do estado autonômico subjacente do organismo (HIRSH; BISHOP, 1981). Assim, observa-se que os mecanismos de feedback central, neural, humoral e mecânico, que juntos geram a ASR, são um complexo de respostas respiratórias e cardiovasculares integradas (GROSSMAN; TAYLOR, 2007).

Tem sido mostrado que ASR reflete a ação do nervo vago cardíaco eferente sobre o nodo sinoatrial e, logo, sobre a frequência cardíaca (PORGES, 2007). Medidas da magnitude da ASR geralmente indicam o nível do tônus vagal cardíaco e representam o efeito médio do nervo vago eferente sobre a frequência cardíaca ou o intervalo R-R (PORGES, 2007). Por este motivo, a ASR tem sido amplamente utilizada em estudos como índice para avaliação da atividade parassimpática. Na avaliação do funcionamento autonômico, quanto maior a ASR, maior o tônus parassimpático e maior a VFC.

Por outro lado, em situações em que o tônus autonômico permanece estável, a amplitude das flutuações rítmicas da frequência cardíaca (i.e, a magnitude da ASR) é fortemente dependente da frequência respiratória e do volume corrente (HIRSH; BISHOP, 1981). Nestes casos, a magnitude da ASR é inversamente relacionada à frequência respiratória e diretamente relacionada ao volume corrente. Em outras palavras, a respiração rápida e superficial irá atenuar fortemente a ASR, enquanto que a respiração lenta e profunda irá produzir níveis máximos da ASR (GROSSMAN; TAYLOR, 2007).

Devido ao fato de os parâmetros respiratórios influenciarem a amplitude da ASR independente da ação autonômica, muitos autores apontam a respiração como um

“confundidor” na análise do funcionamento autonômico a partir da ASR (GROSSMAN; TAYLOR, 2007; RITZ, 2009). A incerteza na interpretação dos resultados pode ocorrer devido ao fato de que a respiração lenta, por si só, tem a tendência de causar o aumento da ASR e da VFC, sendo este o mesmo efeito causado pela atividade parassimpática aumentada. Assim, alguns autores apontam que a avaliação do tônus vagal cardíaco pela análise da ASR pode se tornar um problema sempre que a frequência respiratória e/ou o volume corrente diferem substancialmente entre os grupos ou condições (GROSSMAN; TAYLOR, 2007), visto que se torna difícil discernir o quanto do aumento da ASR seria devido ao aumento do tônus vagal e o quanto seria devido apenas às influências dos parâmetros respiratórios.

Da mesma maneira que os ritmos cardíacos são influenciados pela respiração, os padrões de ritmo do coração também influenciam os ritmos respiratórios através de sinais aferentes do coração e do sistema cardiovascular

lar. A frequência respiratória é, muitas vezes, sincronizada com o ritmo cardíaco. Esta ligação entre coração e respiração é mais forte durante o sono ou o repouso e torna-se mais perturbada em momentos de estresse (McCARTY et al., 2009).

6.2 Interações entre a Respiração e os Estados Emocionais

A respiração é particularmente sensível a processos mentais e estados emocionais. Mudanças no estado psicológico podem alterar a frequência respiratória e o volume corrente, independente do estado metabólico. Estados de estresse e agitação, tais como aqueles gerados pela raiva, ansiedade, medo ou pânico, podem levar à hiperventilação (GILBERT, 1998; COURTNEY, 2009; GROSSMAN; TAYLOR, 2007). Uma explicação fisiológica para este fato é que tais emoções decorrem de percepções de ameaça e levam o corpo a um estado de luta ou fuga. O estado de luta ou fuga, por sua vez, requer contração muscular e, para isso, necessita de um maior aporte de oxigênio. Então, a hiperventilação seria uma precaução sensata, ao preparar o indivíduo para a luta ou a fuga iminente. Entretanto, quando a excitação emocional provém de uma percepção não-adaptativa (quando não existe uma ameaça real) e, por isso, não leva a uma ação física, ela pode deixar o cérebro e o corpo prejudicados pela hipocapnia e pela alcalose, pois a respiração é conduzida a um nível acima das necessidades metabólicas (GILBERT, 1998; COURTNEY, 2009). Por este motivo, os transtornos emocionais estão entre as principais causas da respiração disfuncional.

Da mesma maneira, os estados emocionais são notavelmente influenciados pela respiração. Há extensivas evidências na literatura de que a respiração lenta e profunda exerce um importante efeito na regulação autonômica, geralmente aumentando o tônus parassimpático e promovendo uma resposta de relaxamento da mente e do corpo. O método BBT, que propõe uma redução da hipocapnia, também tem se mostrado eficaz na redução da ansiedade (BOWLER; GREEN; MITCHELL, 1998; OPAT; COHEN; BAILEY, 2000; SLADER et al., 2000; COOPER et al., 2003; McHUGH et al., 2003; COWIE; UNDERWOOD; READER, 2008). A eficácia de técnicas de respiração na regulação emocional tem sido demonstrada em vários estudos, em que tais técnicas são utilizadas no tratamento de condições psicológicas como estresse crônico, depressão, ansiedade, síndrome do pânico, TEPT, entre outras (TWEEDALE, ROWBOTTOM; McHARDY, 1994; BROWN; GERBARG, 2005ab; MEURET et al., 2008). Algumas modalidades terapêuticas, como o a Terapia do Renascimento (*Rebirthing*) e a Respiração Holotrófica, induzem a hiperventilação com o propósito de despertar memórias e estados emocionais (LITCHFIELD, 2003). Tais métodos são ótimos exemplos de como a respiração excessiva pode reduzir o limiar para a expressão emocional.

6.3 Interações entre os Estados Emocionais e os Ritmos Cardíacos

As diferentes emoções estão associadas a diferentes padrões de atividade do SNA, o que reflete em mudanças nos padrões de ritmo cardíaco. A amplitude da onda da VFC é modulada tanto pelo o grau de excitação emocional (que corresponde à ativação do SNA) quanto pela valência emocional. Em geral, maiores graus de excitação dentro de faixas normais da frequência cardíaca produzem ondas de maior amplitude. Em termos de valência emocional, a amplitude da onda da VFC aumenta durante emoções positivas, ao passo que diminui durante as emoções negativas. Já a frequência da onda da VFC é influenciada pelo padrão de ativação do SNA. A atividade parassimpática leva a um aumento no componente de *alta frequência* da VFC. A atividade simpática aumentada, por sua vez, está associada com um aumento no componente de *baixa frequência* na VFC e maior amplitude, embora o aumento no componente de baixa frequência não esteja exclusivamente relacionado à ação do SN simpático. Finalmente, o grau de coerência do formato de onda da VFC é amplamente determinado pela valência emocional, com a emoção positiva aumentando a coerência e a emoção negativa diminuindo a coerência (McCRATY et al., 2009).

De modo geral, a experiência de emoções negativas está associada à redução do tônus vagal e ao predomínio da função simpática sobre o coração, o que se reflete em um aumento da frequência cardíaca, uma diminuição da VFC e a um padrão de ritmo cardíaco mais irregular e desordenado, que indica menor sincronização entre os ramos simpático e parassimpático do SNA (McCRATY et al., 2009). Por outro lado, emoções positivas sustentadas estão associadas com um tônus vagal aumentado, que reduz a frequência cardíaca e aumenta a VFC. Emoções positivas também promovem um padrão altamente ordenado ou *coerente* de ritmo cardíaco, o que reflete uma maior sincronização entre os dois ramos do SNA (McCRATY et al., 2009).

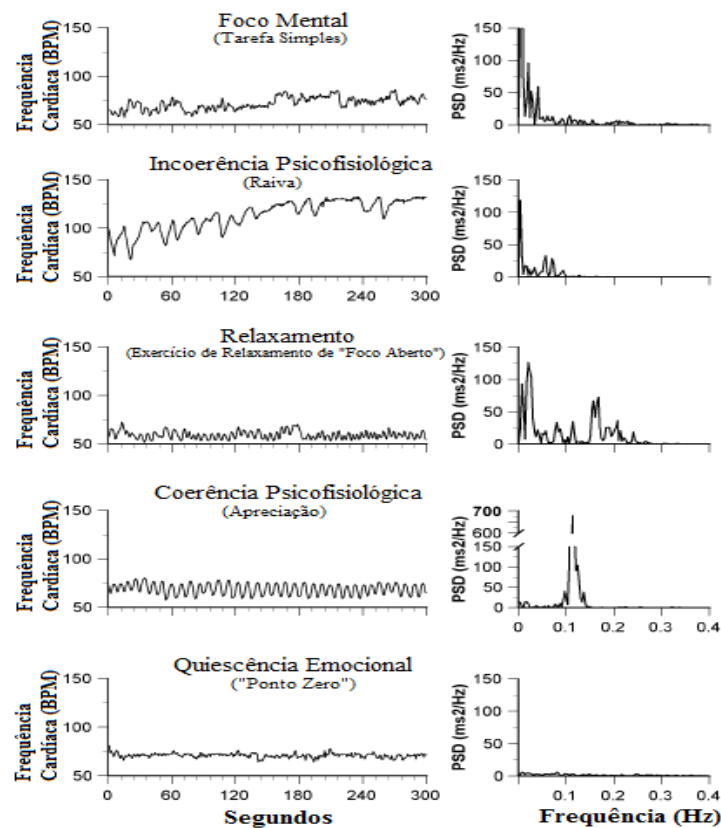
Em um estudo sobre a relação entre VFC e emoção, McCraty e colaboradores (2009) identificaram seis padrões de VFC associados a diferentes estados psicológicos. Segundo os autores, esses padrões sistêmicos constituem categorias gerais de função psicofisiológica, que se distinguem por um conjunto único de características. Embora exista uma variação individual dentro de cada categoria, há semelhanças mais amplas, que são características de cada modo e que diferenciam um do outro.

Quatro dessas categorias são facilmente geradas no contexto da vida cotidiana, sendo elas: *Foco Mental* (associado com emoções impassíveis vividas enquanto a atenção é dirigida para tarefas ou ações familiares que demandem um envolvimento cognitivo); *Incoerência Psicofisiológica* (associado a emoções negativas, como raiva, ansiedade etc.); *Relaxamento* (associado com emoções calmas vividas durante o descanso do esforço e do estresse da vida cotidiana); e *Coerência Psicofisiológica* (associado com emoções positivas, como a apreciação, o cuidado, a compaixão, etc.). Dois outros modos, a *Quiescência Emocional* e a *Emoção Negativa Extrema*, são gerados sob circunstâncias de vida extraordinárias. A Figura 9 mostra os diferentes padrões de ritmo cardíaco em cada uma dessas categorias.

McCraty et al. (2009) consideram que, apesar das diferenças individuais nos padrões de VFC, os exemplos da Figura 9 apresentam características típicas de cada estado. O *Foco Mental* é caracterizado pela redução da VFC e pela atividade em todas as três bandas de frequência no espectro de potência. A raiva, um exemplo do estado de *Incoerência Psicofisiológica*, é caracterizada por uma frequência mais baixa no espectro de potência, um padrão de ritmo cardíaco mais desordenado e um aumento significativo dos batimentos cardíacos. Como pode ser observado no espectro de potência correspondente da direita, o ritmo cardíaco durante a raiva ocorre principalmente na região de muito baixa frequência, o que está associado com a atividade do sistema nervoso simpático. Neste exemplo, a raiva era intensa o suficiente para conduzir o sistema a um estado extremo, onde o traço do ritmo

cardíaco se tornou plano (indicando muito baixa VFC) em torno de 200 segundos. O *Relaxamento* resulta em uma frequência maior no espectro de potência e uma menor amplitude de ritmo, indicando redução do fluxo autonômico. Neste caso, é observado o aumento da potência na região de alta frequência do espectro, o que reflete o aumento da atividade parassimpática (resposta de relaxamento). A Coerência Psicofisiológica, que está associada com emoções positivas sustentadas (neste exemplo, a apreciação), resulta em um padrão de ritmo cardíaco senoidal altamente ordenado. Como pode ser observado no espectro de potência correspondente, este modo psicofisiológico está associado com um pico grande e estreito na região de baixa frequência, centrado em torno de 0,1 Hz. Pode-se notar a diferença na escala em amplitude do pico espectral durante o modo de coerência, que indica aumento da sincronização entre os ramos simpático e parassimpático do SNA. O modo de *Quiescência Emocional* é caracterizado pelo específico estado de muito baixa VFC. Devido à baixa VFC, o espectro apresenta muito pouca potência em qualquer uma das três regiões de frequência.

Figura 9 - Padrões de ritmo cardíaco durante diferentes estados psicofisiológicos. Os gráficos do lado esquerdo são tacogramas de frequência cardíaca, que mostram alterações do ritmo cardíaco de batimento a batimento. À direita, os gráficos mostram a variabilidade na no espectro de frequências para cada um dos ritmos cardíacos referentes aos tacogramas da esquerda.

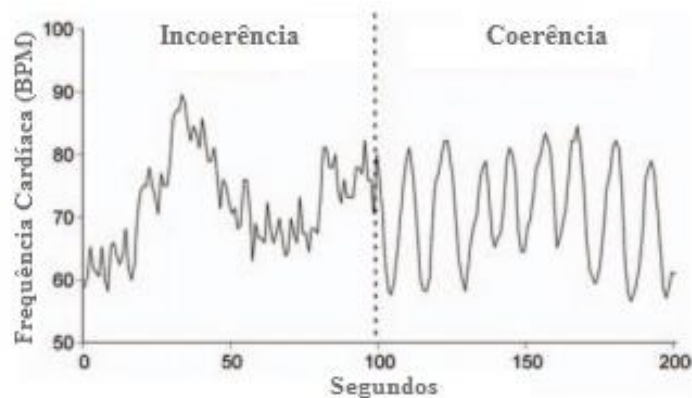


Fonte: McCraty et al., 2009, p. 74.

6.4 Coerência Cardiorrespiratória

A coerência cardiorrespiratória é um fenômeno que envolve interações entre respiração, ritmos cardíacos e emoções. Ela ocorre a partir da sincronização dos ritmos cardíacos com os ritmos respiratórios, devido ao processo da ASR. A respiração lenta em tempos iguais de inspiração e expiração, a uma frequência aproximada de 6 respirações/minuto, faz com que as diferentes frequências de onda que determinam o ritmo cardíaco (ilustradas pelos gráficos à direita da Figura 9) se fundam em uma única frequência, em torno de 0,1 Hz, e aumentem em amplitude (ver “coerência psicofisiológica” na Figura 9). Nos tacogramas da frequência cardíaca, este padrão pode ser identificado por um ritmo cardíaco altamente ordenado, que aparece no gráfico no formato de ondas regulares e senoidais (Figura 10). No espectro de potência, este padrão se apresenta na forma de um pico na banda de baixa frequência.

Figura 10 - Ilustração dos padrões de onda nos estados de “incoerência” e “coerência” cardíaca em um tacograma da frequência cardíaca. Observar que no estado de incoerência (esq.) a onda apresenta um aspecto irregular e errático. No estado de coerência, a onda possui um aspecto regular e senoidal.

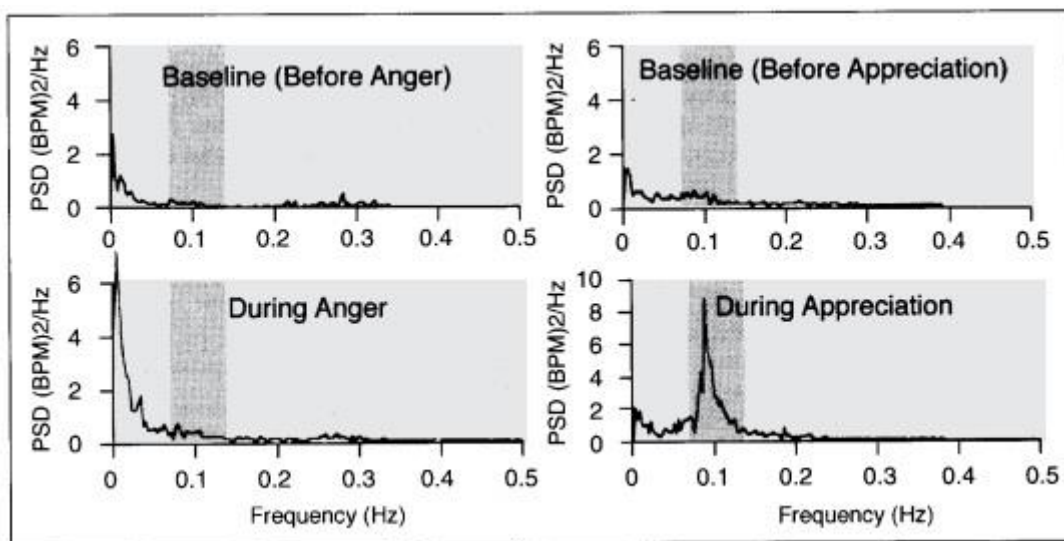


Fonte: McCRATY et al., 2009, p. 22

Estudos mostram que este padrão de “coerência” também pode ser gerado a partir de emoções positivas sustentadas, como mostra a Figura 11. Da mesma maneira, este padrão ordenado de ritmos cardíacos e biológicos parece promover percepções reduzidas de estresse emocional, maior experiência emocional positiva e melhoras na função cognitiva (TILLER; McCRATY; TOMASINO, 1996; McCRATY et al, 2009), devido aos sinais neurais enviados do coração ao cérebro, que interagem com centros de processamento emocional (Figura 7).

Por este motivo, o estado de coerência cardiorrespiratória é também referido como um estado de “coerência psicofisiológica” (McCRATY et al, 2009).

Figura 11 – Densidade espectral de potência média antes e durante estados emocionais. Os gráficos à esquerda ilustram o espectro de potência nos momentos antes (gráfico de cima) e durante (gráfico de baixo) o estado emocional da raiva. Observar que durante a raiva, há um predomínio da função simpática, evidenciados por uma potência maior na banda de muito baixa frequência (VLF, *very low frequency*). Os gráficos à direita mostram o espectro de potência nos momentos antes (gráfico de cima) e durante (gráfico de baixo) a emoção da apreciação. Observar que durante a apreciação ocorre uma sincronização das atividades simpática e parassimpática, evidenciada por um pico de maior amplitude na banda de baixa frequência, em torno de 0,1 Hz.

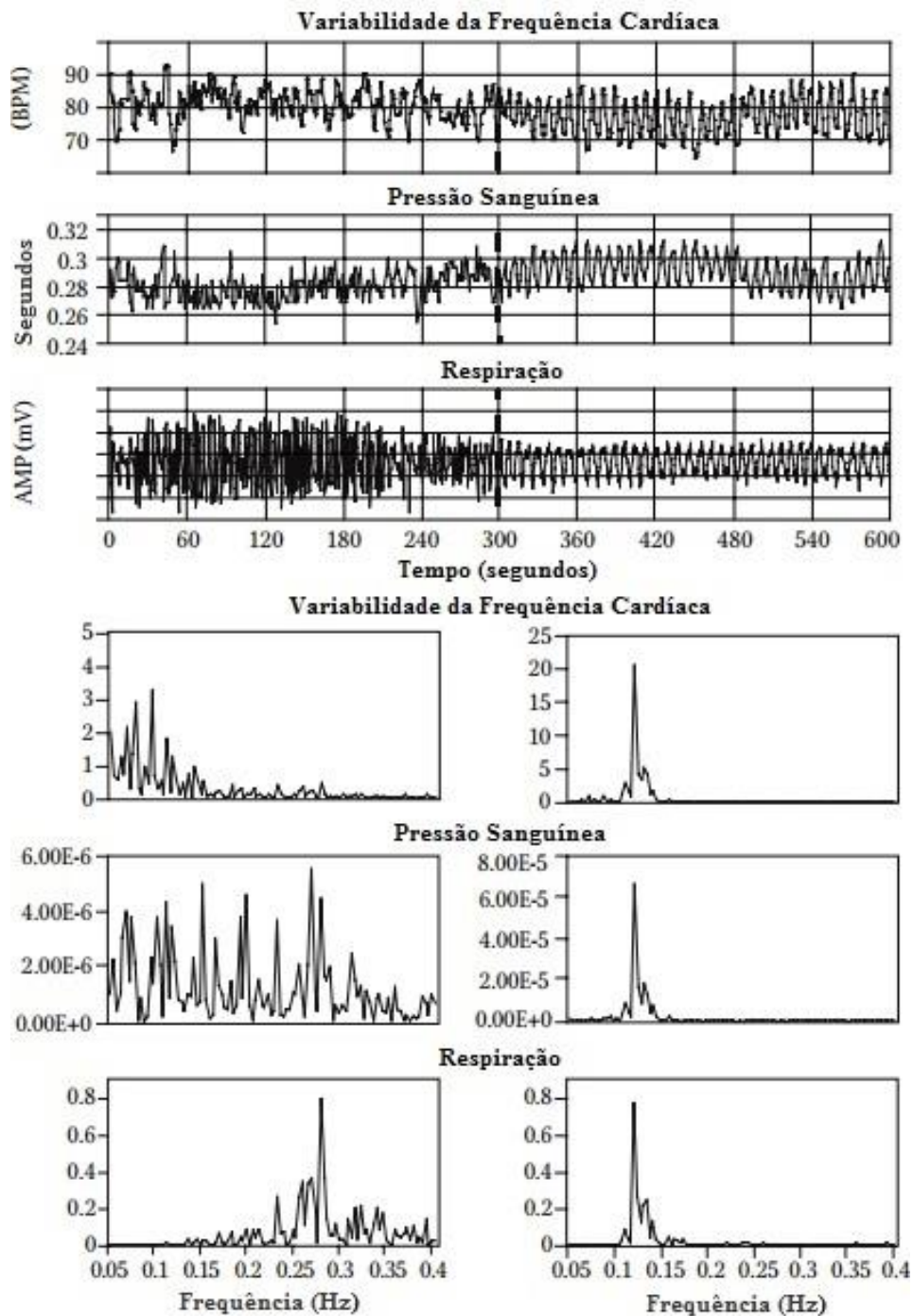


Legenda: PSD, Power Spectrum Density, Densidade Espectral de Potência.

Fonte: McCRATY et al., 1995, p. 1091

Fisiologicamente, o estado de coerência cardiorrespiratória está associado a uma maior sincronização entre os dois ramos do SNA, a uma maior ressonância do sistema vascular, a uma maior sincronização coração-cérebro (ritmos α do cérebro apresentam maior sincronia com os batimentos cardíacos) e a um maior alinhamento entre respiração, ritmo cardíaco e outros sistemas fisiológicos oscilatórios, conforme ilustram as Figuras 12 e 13.

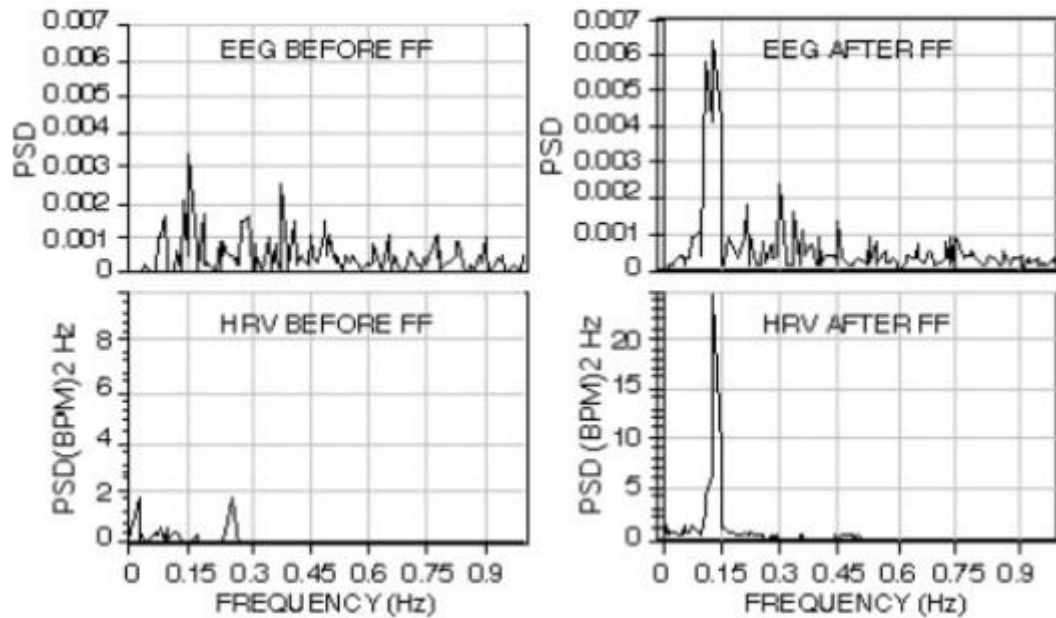
Figura 12 - Alinhamento de sistemas oscilatórios à coerência cardiorrespiratória. Os gráficos de cima mostram a variabilidade da frequência cardíaca, tempo de trânsito de pulmo e ritmos respiratórios de um indivíduo ao longo de um período de 10 minutos. Na marca de 300 segundos, o indivíduo utilizou uma técnica de promoção da coerência cardiorrespiratória, fazendo com que esses três sistemas entrassem em sincronia. Os gráficos de baixo mostram o espectro de potência dos mesmos dados para cada lado da linha pontilhada no centro dos gráficos de cima. Observar que os gráficos da direita mostram que todos os três sistemas sincronizaram em uma mesma frequência.



Abreviações: AMP (amplitude); BPM (batimentos por minuto); VFC (variabilidade da frequência cardíaca)

Fonte: McCraty et al., 2009, p. 13

Figura 13 – Ilustração da sincronização de ondas cerebrais com o ritmo cardíaco no estado de coerência cardiorrespiratória. Os gráficos à esquerda mostram a densidade espectral de potência do EEG (acima) e da VFC (abaixo) antes da técnica de promoção da coerência cardiorrespiratória. Os gráficos à direita mostram a densidade espectral de potência do EEG (acima) e da VFC (abaixo) após a técnica de promoção da coerência. Observar que após a promoção da coerência (gráficos à direita), o espectro de potência do EEG e da VFC apresentam um grande pico em torno de 0,1 Hz, o que indica sincronização entre os sistemas.



Fonte: McCraty; Tiller; Atkinson, 1996, p. 4

7 Objetivos

7.1 Objetivos Gerais

O presente estudo teve como objetivos gerais:

- 1) Avaliar a capacidade das crianças em idade pré-escolar de aprender uma técnica simples de respiração capaz gerar um efeito positivo e regulador sobre a própria fisiologia, a fim de determinar se técnicas de respiração são ferramentas apropriadas para promover a autorregulação nesta faixa etária;
- 2) Havendo constatação de aprendizado e de efeitos significativos sobre os estados fisiológicos, contribuir para o entendimento de como a modulação respiratória atua sobre os padrões de ritmo do coração e do sistema nervoso autônomo nas crianças em idade pré-escolar;
- 3) Por fim, contribuir com a construção de uma base teórica que poderá apoiar o desenvolvimento de estratégias educacionais e programas de intervenção em saúde que adotem a respiração como um método para promover a autorregulação psicofisiológica em crianças.

7.2 Objetivos Específicos

- Verificar se a modulação respiratória gera efeitos significativos sobre a VFC, através da análise comparativa entre dois momentos: antes e durante a prática;
- Verificar se há efeitos significativos da modulação respiratória sobre a coerência cardiorrespiratória e se tais efeitos evoluem de forma progressiva ao longo do treinamento, o que seria indicativo de aprendizado;
- Verificar os efeitos da modulação respiratória sobre variáveis da VFC no domínio do tempo, da geometria, da frequência e da não-linearidade.

8 Material e Métodos

8.1 Participantes

O estudo foi realizado em uma escola pública de educação infantil no município de Campinas, Estado de São Paulo, localizada em área considerada como sendo de vulnerabilidade social.

Na seleção dos participantes, foram adotados os seguintes critérios de inclusão: 1) Estar regularmente matriculado na respectiva escola; 2) Estar na faixa etária entre cinco e seis anos; 3) Consentimento de um dos pais ou responsável (ANEXO I). Como critérios de exclusão prévios, foram adotados: 1) Experiência anterior com técnicas que envolvam controle voluntário da respiração; 2) Obesidade, devido a evidências de que esta condição física altera o controle autonômico cardíaco (EYRE et al., 2014); 3) Doenças clínicas agudas relatadas que requeiram internação hospitalar; 4) Doenças crônicas relatadas que requeiram uso continuado de medicamentos (ex: asma em uso de manutenção de betamiméticos); Como critérios de exclusão posteriores, foram adotados: 1) A criança não quis participar ou não colaborou na execução do procedimento; 2) Falta de assiduidade (requerida participação mínima em 60% das sessões); e 3) Grande quantidade de artefatos no registro das séries temporais.

Em conformidade com os critérios de inclusão e exclusão prévios, 94 crianças foram selecionadas para participar do estudo. Posteriormente, 52 crianças foram excluídas: 31 por não colaborarem na execução do procedimento por não quererem participar, 8 por falta de assiduidade e 13 por apresentarem grande quantidade de artefatos em um ou mais registros das séries temporais. Ao final, o grupo experimental contou com 42 crianças, 27 (64,3%) do sexo feminino e 15 (35,7%) do sexo masculino, com idade de $5,7 \pm 0,3$ anos.

Um grupo controle também foi selecionado, com crianças da mesma escola e a partir dos mesmos critérios de inclusão e exclusão, e contou com um número final de 33 participantes, 21 (63,6%) do sexo feminino e 12 (36,4%) do sexo masculino, com idade de $6,2 \pm 0,3$ anos.

8.2 Intervenção

As crianças passaram por um treinamento diário ao longo de oito semanas, no qual receberam instruções para a prática de uma técnica de respiração semelhante a uma

modalidade de pranayama chamada *Sama-Vritti*, que consiste em respiração lenta, com inspiração e expiração em tempos iguais, sendo esta a técnica mais simples recomendada para iniciantes no exercício respiratório (HALPERN, 2000). A escolha desta modalidade também foi feita com base em evidências de que a respiração com inspiração e expiração em tempos diferentes não influencia os padrões da VFC de forma significativa (WANG et al., 2013a; MASON et al., 2013; PAPRIKA et al., 2014; LIN; TAI; FAN, 2014) sendo que o principal fator que contribui para a regulação autonômica é a respiração lenta em aproximadamente 6 respirações/minuto (MASON et al., 2013; PAPRIKA et al., 2014; LIN; TAI; FAN, 2014). Além disso, alguns estudos mostram que a respiração lenta com tempos de inspiração e expiração iguais apresentam os melhores resultados sobre indicadores da função parassimpática em iniciantes (MASON et al., 2013; LIN; TAI; FAN, 2014).

Assim, a técnica ensinada às crianças consistiu em respiração nasal, diafragmática, lenta (frequência aproximada de 7,5 respirações/minuto), com tempos iguais de inspiração e expiração (quatro segundos para a inspiração e quatro segundos para a expiração).

No início do treinamento, as crianças assistiram a uma apresentação de teatro de fantoches contando uma história sobre a respiração (ANEXO 2), de modo que pudessem se familiarizar e se engajar com o tema, assim como compreender a importância desta prática para a saúde e o bem-estar. A escolha da história como método de introdução e familiarização com o tema baseou-se na importância e relevância das histórias para o público da educação infantil, sendo este método considerado apropriado para a faixa etária. É importante ressaltar que, embora existam outros métodos disponíveis para o ensino da respiração para crianças – como o *biofeedback* – nosso grupo optou pelo método da história, combinado com a instrução de um facilitador, por ser mais inclusivo, de baixo custo e com maior facilidade de implantação em escolas e instituições de todos os níveis socioeconômicos, assim como pela possibilidade de adaptação a diferentes contextos culturais.

O aprendizado da respiração diafragmática ocorreu, primeiramente, com as crianças em decúbito dorsal, com um bicho de pelúcia em seus abdomens, ao qual eram instruídas a direcionar sua atenção, observando o movimento do abdômen “para cima” e “para baixo” durante a inspiração e a expiração, respectivamente. Após esta fase, a respiração diafragmática passou a ser praticada com as crianças sentadas no chão, com as pernas cruzadas e as costas confortavelmente eretas, com uma mão no peito e outra no abdômen, de modo que pudessem sentir o movimento respiratório. O aprendizado da respiração lenta e ritmada ocorreu através da prática da contagem de um a quatro durante a inspiração e também durante a expiração.

O treinamento foi realizado diariamente (de segunda à sexta-feira), conduzido por uma facilitadora, com turmas de 8 a 10 crianças e com duração de 20 minutos a cada encontro. Aproximadamente metade deste tempo era destinado a orientações e à prática em grupo, enquanto a outra metade era destinada à orientação personalizada à cada criança, no intuito de auxiliá-las em dificuldades particulares que eventualmente ocorriam.

Visando afastar o simples efeito do posicionamento do corpo (supino ou sentado) sobre o SNA foi utilizado um grupo chamado Controle, no qual 33 crianças da mesma faixa etária e da mesma Escola do grupo de estudo tiveram a VFC avaliada na posição deitada e sentada, sem a prática do exercício respiratório coordenado.

8.3 Medições

Foram realizadas três sessões de coleta de dados: na primeira, na quarta e na oitava semana do treinamento. Para minimizar possíveis efeitos de ansiedade nas crianças nos dias da aferição, por se tratar de uma novidade, todas as crianças foram expostas ao aparelho e tiveram a oportunidade de brincar com o sensor antes da primeira medição.

Nos dias da aferição, foram coletados dados de duas a quatro crianças por vez. O número de crianças em cada aferição variou em função da disponibilidade das crianças e dos computadores específicos nos quais cada uma estava cadastrada, assim como da disponibilidade de instrumentos de medição, visto que um aparelho se danificou ao longo do processo e precisou ser inutilizado.

Ao chegarem na sala, pedia-se às crianças que tirassem os sapatos e deitassem sobre um dos quatro colchonetes dispostos paralelamente no chão, com a cabeça voltada em direção aos computadores (na extremidade de cada colchonete, estava disposto um computador *lap top* conectado a um sensor de pulso). Em seguida, conectou-se um sensor em um lobo da orelha de cada criança.

Dados foram coletados em dois momentos, com duração de cinco minutos cada. No primeiro momento (M1), as crianças estavam em decúbito dorsal e foram instruídas a fechar os olhos, descansar e a respirar de forma espontânea. Ao término do primeiro momento, as crianças foram orientadas a se sentar com as costas confortavelmente eretas e os sensores foram reajustados no lobo de suas orelhas. Em seguida, foram passadas instruções para a prática do exercício respiratório (o mesmo que realizaram diariamente ao longo do treinamento). Enfim, a coleta no segundo momento foi realizada durante o período em que as crianças autoaplicaram a técnica respiratória.

Durante todo o tempo na coleta de dados, nos Momentos 1 e 2, foi utilizada música ambiente para relaxamento (Artista: Áurio Corrá / Álbum: Imagens), com o propósito de minimizar sons advindos da área externa e manter um ambiente sonoramente homogêneo.

As medições foram realizadas no mesmo ambiente em que receberam o treinamento e também pela mesma facilitadora.

Como instrumento de medição, foi utilizado o emWave[®] Pro, da HeartMath, que monitora o ritmo cardíaco através de um sensor de pulso no lobo da orelha. O sistema registra tacogramas de frequência cardíaca (dados da série temporal) e a razão de coerência cardiorrespiratória durante um determinado intervalo de tempo. Tal instrumento se correlaciona bem com o Holter ECG, considerado padrão-ouro (HEARTMATH, sem data).

8.4 Análise dos Dados

A análise da VFC – que consiste na conversão de dados da série temporal em dados de cada uma das variáveis analisadas no domínio do tempo, da frequência e do caos – foi feita pelo software Kubios HRV, versão 2.1, da *University of Eastern Finland*.

Os dados sobre a coerência foram extraídos diretamente do software emWave Pro, do *Institute of HeartMath*. A análise estatística foi feita pelo Stats Direct Statistical Software (versão 1, 9, 15) da *Stats Direct Limited*.

As variáveis qualitativas foram submetidas a análise descritiva com número, porcentagem e, estatisticamente, aplicando-se o teste exato de Fisher. As variáveis quantitativas com distribuição gaussiana foram analisadas com o teste t pareado para comparação de 2 subgrupos. Para avaliação estatística dos grupos não-relacionados (Grupo Estudo *versus* Grupo Controle) empregou-se o teste t não pareado quando houve distribuição gaussiana e teste de Mann-Whitney quando a distribuição foi não gaussiana ou quando os desvios-padrão da média nos subgrupos eram muito diferentes. Admitiu-se erro alfa de 5% sendo considerados significantes valores de P menores ou iguais a 0,05 para testes bicaudais. Para ilustração foram utilizados gráficos de Box-Plot com valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo, além da indicação de outliers.

8.4.1 Tipos de análise da VFC

A VFC pode ser derivada tanto do eletrocardiograma (ECG), utilizando-se eletrodos situados na região do tórax, quanto de gravações de ondas de pulso, utilizando-se

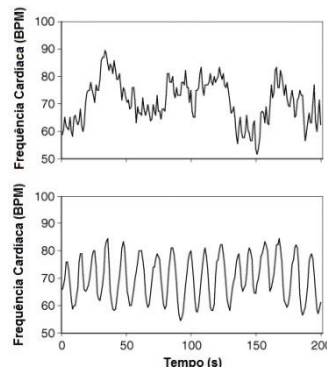
um sensor pletismográfico ótico na ponta do dedo ou no lobo da orelha. O ECG tem a vantagem de produzir menores artefatos relacionados ao movimento. Entretanto, os aparelhos que gravam as ondas de pulso também fornecem dados adequados para a maioria das aplicações e, como eles não requerem a fixação de eletrodos, são mais facilmente adaptáveis para uso em uma maior variedade de situações.

Padrões da VFC podem ser distinguidos com base na amplitude, frequência e grau de coerência (McCRATY et al., 2009). A análise da VFC pode ser feita por métodos lineares, como análise no domínio do tempo e da frequência, e também por métodos não lineares, baseados na teoria do Caos (VANDERLEI et al., 2009).

Domínio da Coerência Cardiorrespiratória

A análise da coerência cardiorrespiratória considera o aspecto da onda no tacograma de frequência cardíaca. O estado de “coerência” apresenta um padrão de onda senoidal altamente ordenado (Figura 14). No espectro de potência, este padrão apresenta-se como um pico grande e estreito na banda de baixa frequência, centrado em torno de 0,1 Hz, e uma diminuição da potência nas bandas de muito baixa frequência (VLF) e alta frequência (HF). Pode-se notar também uma diferença na escala em amplitude do pico espectral durante o modo de coerência. Essas alterações indicam ressonância de todo o sistema, o aumento da sincronização entre os ramos simpático e parassimpático do SNA e o alinhamento entre o padrão de ritmo cardíaco e os ritmos da respiração e da pressão arterial (McCRATY et al., 2009).

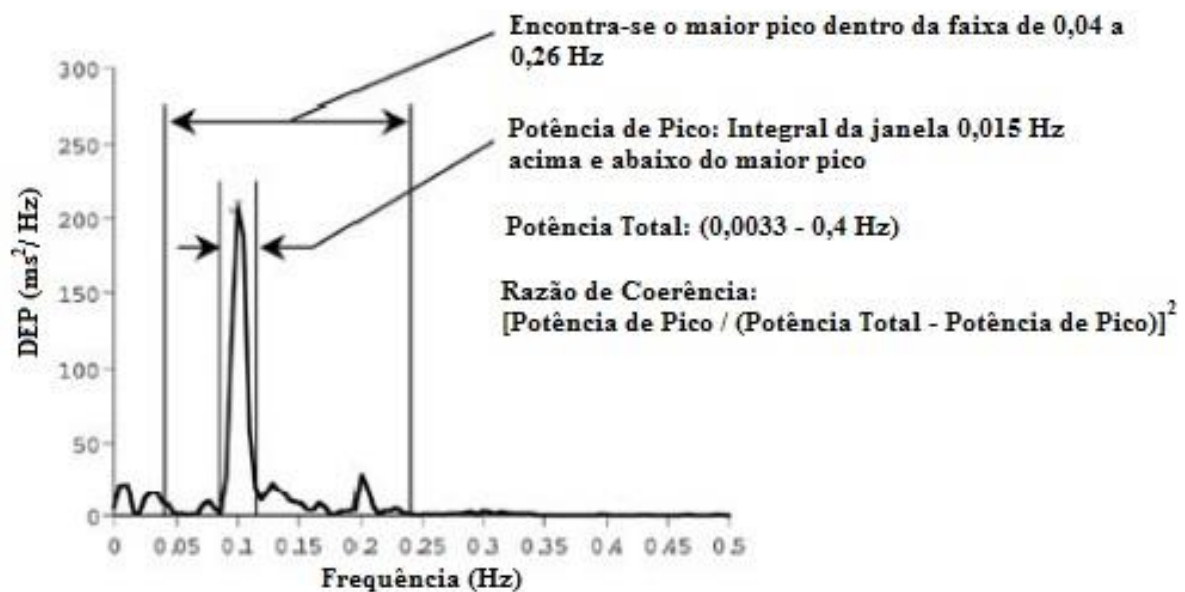
Figura 14 - Tacogramas indicando estado de incoerência (acima) e coerência (abaixo) cardiorrespiratória. O ritmo cardíaco mostrado no gráfico de cima é caracterizado por um padrão de ondas irregular/errático (incoerência). O gráfico de baixo mostra um exemplo de padrão de ritmo coerente do coração, caracterizado por ondas regulares de formato senoidal (coerência).



Fonte: McCRATY et al., 2009, p. 22.

Uma forma de quantificar a coerência do ritmo cardíaco é através do cálculo da razão de coerência (Figura 15). Primeiro, o pico máximo é identificado na faixa de 0,04-0,26Hz (a faixa de frequência na qual a coerência e a sincronização de sistemas com ritmos externos podem ocorrer). A potência do pico é então determinada pelo cálculo da integral em uma janela de 0,03Hz, centrada no pico mais alto naquela região. Então, a potência total de todo o espectro é calculada. A razão de coerência é formulada como: $[\text{Potência do Pico}/(\text{Potência Total} - \text{Potência do Pico})]^2$ (McCRATY et al., 2009).

Figura 15 - Ilustração do cálculo da razão de coerência do ritmo cardíaco.



Legenda: DEP – Densidade Espectral de Potência

Fonte: McCRATY et al., 2009, p. 23

Os escores de coerência são baseados em quão simétricos são os padrões de onda da VFC. O escore de baixa coerência (CR-Low) é o percentual de tempo em que não houve atividade de onda do tipo regular/senoidal. O escore de coerência média (CR-Med) é o percentual de tempo em que há alguma atividade de onda do tipo regular/senoidal e o escore de coerência alta (CR-High) é o percentual de tempo em que há muita atividade de onda do tipo regular/senoidal.

Domínio do Tempo

Na análise no domínio do tempo, mede-se cada intervalo entre os batimentos, ou cada intervalo RR normal (Figura 16) durante determinado período de tempo e, a partir daí, com base em métodos estatísticos ou geométricos, calculam-se os índices que refletem a variabilidade dos ciclos cardíacos (VANDERLEI et al., 2009).

Figura 16 - Ilustração dos intervalos RR em um eletrocardiograma. Observar que os intervalos RR representam o intervalo de tempo entre um batimento e outro. As análises da variabilidade da frequência cardíaca utilizam-se de dados dos intervalos RR para cálculos de diversos índices a partir de métodos estatísticos ou geométricos.



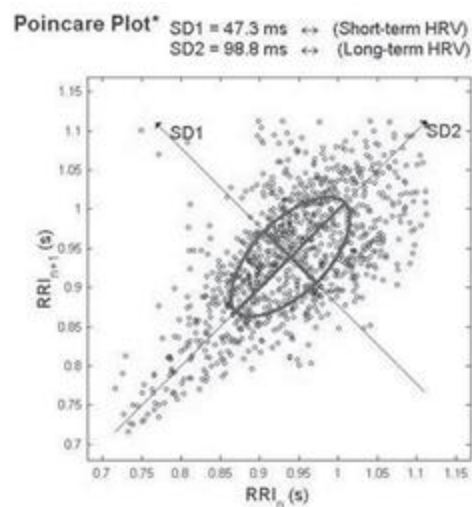
Fonte: AVELINO, 2014, p. 33

Alguns dos índices estatísticos, no domínio do tempo, obtidos pela determinação de intervalos RR correspondentes em qualquer ponto no tempo, são: 1) MeanRR: Intervalo médio entre dois batimentos cardíacos (ondas R) sinusais, em ms. 2) SDNN: Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms; 3) Mean HR: Frequência cardíaca média, em batimentos por minuto. 4) RMSSD: Raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo, expresso em ms; 5) pNN50: Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms. O índice SDNN indica a variabilidade geral. É obtido a partir de registros de longa duração, geralmente maior que 15 minutos, e representa o conjunto das atividades simpática e parassimpática, porém não permite distinguir quando as alterações da VFC são devidas a mudanças no tônus simpático ou parassimpático. Já os índices RMSSD e pNN50 representam a atividade parassimpática, pois são encontrados a partir da análise de intervalos RR adjacentes (VANDERLEI et al., 2009).

Domínio da Geometria

Outra forma de análise da VFC é a partir de métodos geométricos, sendo um deles o Plot de Poincaré, ilustrado pela Figura 17. Este método representa uma série temporal dentro de um plano cartesiano no qual cada intervalo RR (RR_n) no eixo X é correlacionado com o intervalo subsequente (RR_{n+1}) no eixo Y e definem um ponto no plot (VANDERLEI et al., 2009). A análise do plot de Poincaré pode ser feita de forma qualitativa (visual), por meio da avaliação da figura formada pelo seu atrator, a qual é útil para mostrar o grau de complexidade dos intervalos RR, ou quantitativa, por meio do ajuste da elipse da figura formada pelo atrator, de onde se obtém três índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (VANDERLEI et al., 2009). O SD1 representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade (a bissetriz do plano cartesiano) e parece ser um índice de registro instantâneo da variabilidade batimento a batimento, estando relacionado à função parassimpática; o SD2 representa a dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade e representa a VFC em registros de longa duração, estando relacionado à função simpática; a relação de ambos (SD1/SD2) mostra a razão entre as variações curta e longa dos intervalos RR (VANDERLEI et al., 2009), dando uma estimativa do balanço autonômico.

Figura 17 - Plot de Poincaré. Cada intervalo RR (RR_n) no eixo X é correlacionado com o intervalo RR subsequente (RR_{n+1}) no eixo Y, marcando-se um ponto no plot. A bissetriz do plano cartesiano indica a linha de identidade. A dispersão de pontos ao longo da linha de identidade (SD2) indica a variabilidade de longo prazo e está relacionada ao componente simpático. A dispersão ao longo da linha perpendicular à linha de identidade (SD1), indica a variabilidade de curto prazo e está relacionada ao componente parassimpático.

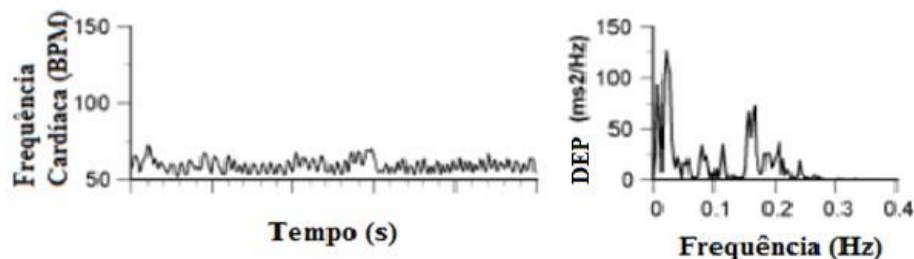


Fonte: VANDERLEI et al., 2009, p. 208.

Domínio da Frequência

A análise no domínio da frequência utiliza um algoritmo matemático (mais comumente a Transformada Rápida de Fourier) que decompõe a VFC (dados da série temporal) em seus componentes oscilatórios fundamentais e os distribui em um espectro de potência (Figura 18), sendo os principais: 1) Componente de alta frequência (*High Frequency* - HF), com variação de 0,15 a 0,4Hz; 2) Componente de baixa frequência (*Low Frequency* - LF), com variação entre 0,04 e 0,15Hz; 3) Componentes de muito baixa frequência (*Very Low Frequency* - VLF) e ultrabaixa frequência (*Ultra Low Frequency* - ULF) - Índices menos utilizados cuja explicação fisiológica não está bem estabelecida (VANDERLEI et al., 2009).

Figura 18 - Ilustração de um tacograma (esq.) e de um espectro de potência (dir.) da variabilidade da frequência cardíaca. Observar que o tacograma é um plano cartesiano da frequência cardíaca (bpm) em função do tempo (s). Por meio de um algoritmo matemático, tais dados são decompostos em seus componentes de frequência e distribuídos em um espectro de potência, um plano cartesiano da densidade da potência espectral (ms^2/Hz) em função da frequência (Hz).



Legenda: DEP – Densidade Espectral de Potência
 Fonte: McCraty et al., 2009, p. 74 (modificado)

A interpretação fisiológica da análise no domínio da frequência tem se mostrado bastante controversa. Embora existam muitas evidências contrárias (Eckberg, 1997; Billman, 2013), ainda é amplamente aceito que o pico em HF representa exclusivamente a atividade parassimpática, que o pico em LF, embora mais complexo, reflete uma predominância do SN simpático (Berntson et al., 1997; Billman, 2013; Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996) e que a razão LF/HF quantifica o “balanço simpato-vagal”, ou seja, as contínuas oscilações nas atividades dos nervos simpático e vago (Pagani et al., 1984).

Há cada vez mais evidências demonstrando que tais interpretações são simplistas e desconsideram as complexas interações não-lineares entre as divisões simpática e parassimpática do SNA (BERNTSON et al., 1997; BILLMAN, 2013; ECKBERG, 1997). O pico LF do espectro de potência é reduzido em no mínimo 50%, tanto por antagonistas colinérgicos ou pela parassimpaticotomia seletiva (BILLMAN, 2013). Curiosamente, esse pico não é completamente eliminado pela combinação seletiva da desnervação e de bloqueador beta-adrenérgico, sendo que aproximadamente 25% do pico permanece após este tratamento. Assim, o componente LF da VFC não fornece um índice do tônus simpático cardíaco, mas reflete uma complexa e não facilmente discernível mistura de simpático, parassimpático e outros fatores não identificados, com fatores parassimpáticos contando para a maior porção da variabilidade nessa faixa de frequência (BILLMAN, 2013). Já com relação ao pico em HF, embora a grande maioria dos estudos demonstrem uma forte associação entre este e a atividade cardíaca parassimpática (TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY, 1996), a atividade neural simpática também pode modular o componente HF da VFC. Estudos sugerem que a atividade simpática pode alterar o pico em HF em talvez 10% (BILLMAN, 2013).

Como consequência, é difícil discernir a base fisiológica para LF/HF. A hipótese de que LF/HF reflete precisamente o balanço simpato-vagal reside nas falsas pressuposições de que os picos em LF e HF refletem exclusivamente a atividade do nervos simpáticos e vago, respectivamente. Além disso, tal hipótese baseia-se nas falsas pressuposições de que as interações entre os SN simpático e parassimpático são lineares e simples, e também que as oscilações entre eles ocorrem de forma recíproca (i.e., aumentos na atividade do nervo vago são sempre acompanhadas com correspondentes reduções na atividade do nervo simpático e vice-versa) (BILLMAN, 2013). Desta forma, a complexa interação de todas essas variáveis torna impossível delinear as bases fisiológicas para LF/HF com algum grau de certeza. A hipótese de LF/HF representar o equilíbrio simpato-vagal tem sido refutada, visto que a preponderância de evidências confirma que dados LF/HF não podem quantificar precisamente o “balanço simpato-vagal” (BILLMAN, 2013).

Domínio Não-Linear ou do Caos

A análise no domínio do caos considera como predominante nos sistemas humanos o comportamento não linear, devido à sua natureza dinâmica e complexa (VANDERLEI et al.,

2009). A Teoria do Caos, também conhecida como Teoria dos Sistemas Dinâmicos (LUENBERGER, 1979), tem sido progressivamente aplicada no estudo dos fenômenos biológicos e seus parâmetros têm se mostrado bons preditores de morbidade e mortalidade no âmbito clínico (VANDERLEI et al., 2009). Seguem-se algumas denominações de variáveis do domínio do caos: 1) ApEn: Entropia Aproximada; 2) ShanEn: Entropia de Shannon; 3) SampEnt: Entropia Amostral; 4) MSE: Entropia Multiscalar; 5) DFA: Análises de Flutuações Depuradas; 6) Lmean: Comprimento médio das linhas diagonais no Gráfico de Recorrência e 7) Lmax: Comprimento máximo da linha diagonal no Gráfico de Recorrência.

O termo “entropia” aqui utilizado não se refere à entropia estado, ou seja, a entropia quantificada pela Termodinâmica e que mede a quantidade de energia que não produz mais trabalho. A entropia aqui referida é a entropia conceito e quantifica, na verdade, o grau de informação contido no sistema. Por definição, quanto mais um sistema é complexo, mais informação ele contém. Logo, sistemas que tendem à linearidade deverão conter menor quantidade de informação ou, em outras palavras, são mais lineares. É por isso que se pode fazer a analogia entre as entropias e o estado de saúde, pois se houver mais entropia aproximada (ApEn), mais entropia amostral (SampEnt) ou mais entropia multiscalar (MSE), há um indicativo que o sistema em foco é mais complexo, menos linear e, conseqüentemente, mais saudável ou com maior grau de homeostase. Faz exceção à esta regra, e especificamente no contexto deste trabalho, a entropia de Shannon, pois ela quantifica o grau de complexidade de linhas diagonais em um gráfico de recorrência. Nesse tipo de gráfico, quando aplicado a séries temporais de intervalos RR, cria-se um espaço de fase $N \times N$ onde no eixo X se numeram sequencialmente todos os intervalos RR, fazendo-se o mesmo no eixo Y e procede-se à verificação das recorrências de todas as combinações possíveis. Por exemplo, se o valor do primeiro intervalo RR é similar dentro de uma certa faixa de tolerância (raio) ao valor do segundo intervalo RR coloca-se um ponto no gráfico de recorrência na intersecção do intervalo 1 (do eixo X) com o intervalo 2 (do eixo Y). E segue-se: do intervalo 1 com o intervalo 3, do intervalo 1 com o intervalo 4 e assim por diante, até encerrar a série temporal. Depois, faz-se tudo novamente, mas desta vez do intervalo 2 com o intervalo 3, do intervalo 2 com o intervalo 4 e assim por diante, até chegar à última combinação que é o intervalo N com o intervalo N. Com isso, o espaço de fase será coberto por uma quantidade de pontos variável, mas diretamente proporcional à quantidade de recorrências ou intervalos similares. Então, quanto mais recorrência, mais repetição e mais linearidade. Logo, quanto menos recorrência, mais esparsos serão os pontos no gráfico e menos linearidade. Grande quantidade de

recorrência está relacionada à menor homeostase, assim como pouca recorrência está associada à maior homeostase.

Geometricamente, quanto mais pontos estiverem presentes em um gráfico, maior a possibilidade de que esses pontos formem linhas diagonais. Como a entropia de Shannon mede a complexidade das linhas diagonais, especificamente quando aplicada aos gráficos de recorrência, quanto maior for este índice menor será a homeostase e vice-versa. É importante ressaltar que essa condição é válida somente para gráficos de recorrência. A título de esclarecimento, quando a entropia de Shannon é medida em outro contexto (e.g., pela Dinâmica Simbólica, que não foi aplicada no presente estudo), a interpretação é diferente e a entropia de Shannon passa a ter a mesma interpretação que as demais entropias.

As variáveis L_{mean} (comprimento diagonal médio) e L_{max} (comprimento diagonal máximo) recebem a mesma explicação, ou seja, quanto maiores, maior será a recorrência e a linearidade e, portanto, menor a homeostase, e vice-versa.

O índice DFA quantifica propriedades de correlação fractal de dados da série temporal ou a autossimilaridade do sistema. Sabe-se que elementos fractais são, por definição, autossimilares, porém não-lineares. Uma série temporal, quando analisada pelo seu tacograma, pode ser considerada como o contorno de um objeto projetado em um plano. Se ele é mais irregular, mais “rugoso” ou mais complexo, estará relacionado clinicamente a um estado de maior homeostase. Já se for mais regular, mais “liso” ou menos complexo, estará relacionado clinicamente a um estado de menor homeostase. Matematicamente, a DFA é desenvolvida por uma equação complexa que não cabe aqui entrar em detalhes, mas é estabelecido que valores próximos a 1 indicam maior homeostase, ocorrendo o contrário quando se afasta em qualquer uma das outras direções para mais ou para menos (variação total de 0 a 1,5).

9 Resultados

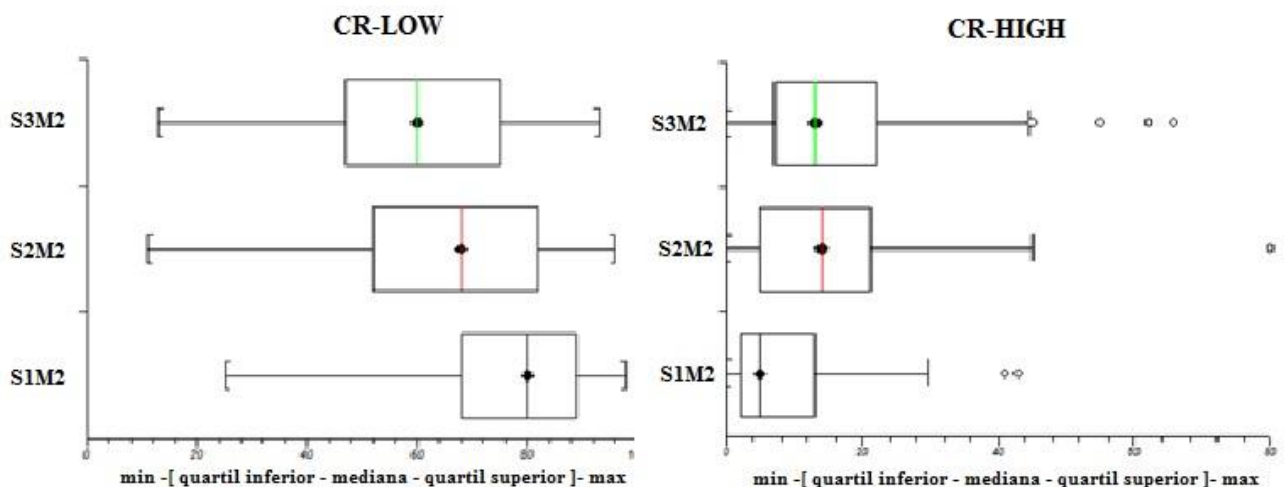
9.1 Análises Preliminares

Foram coletados dados da série temporal da VFC em dois momentos (M) – antes (M1) e durante (M2) a prática do exercício respiratório – e em três sessões – ao término da primeira, quarta e oitava semana do treinamento.

A avaliação do aprendizado foi feita através da análise comparativa sobre a evolução do desempenho ao longo das três sessões, enquanto que as análises dos efeitos fisiológicos foram feitas utilizando dados de uma única sessão, sendo aquela em que as crianças mostraram o melhor desempenho na modulação do ritmo cardíaco a partir da respiração.

O critério utilizado para avaliação a do desempenho foi o nível de coerência cardiorrespiratória. A fim de eleger a sessão que seria utilizada nas análises subsequentes, foi feita a comparação do momento 2 de cada sessão (durante o exercício respiratório), encontrando-se que na sessão 3 foram obtidos os melhores resultados (os menores valores de “baixa coerência” e os maiores valores de “alta coerência”). A Figura 19 ilustra esta afirmação.

Figura 19 - Box plots dos efeitos da técnica de respiração sobre as variáveis da coerência cardiorrespiratória no momento 2 das três sessões. Observar que no box plot à esquerda, a “baixa coerência” (CR-Low) reduziu ao longo das três sessões, apresentando seu menor valor na sessão 3. Do mesmo modo, o box plot à direita mostra que a “alta coerência” (CR-High) aumentou ao longo das três sessões, apresentando seu valor máximo na sessão 3.



Legenda: CR-Low, razão de coerência baixa; CR-Med, razão de coerência média; CR-High, razão de coerência alta; S, sessão; M, momento.

Assim, pela constatação de ter sido a sessão 3 a que apresentou o melhor resultado, considerando-se todos os índices da coerência cardiorrespiratória, as análises subsequentes relativas à VFC nos seus diferentes domínios foram restritas a esta sessão.

9.2 Avaliação do Aprendizado

A avaliação do aprendizado foi feita através da análise comparativa sobre a evolução do desempenho das crianças na promoção da coerência cardiorrespiratória através da técnica de respiração ao longo das três sessões.

Foram analisadas as razões de coerência “baixa” (CR-Low), “média” (CR-Med) e “alta” (CR-High), que indicam o percentual de tempo em que a criança esteve em baixa, média e alta coerência, respectivamente.

Como se pode observar nas Tabelas 1 a 3, considerando-se os três índices – CR-Low, CR-Med e CR-High – a comparação entre os momentos M1 e M2 mostrou que houve efeito significativo da intervenção com redução da CR-Low na primeira sessão ($P = 0,0291$; teste t pareado), na segunda sessão ($P < 0,0001$; teste t pareado) e também na terceira sessão ($P < 0,0001$; teste t pareado). Por outro lado, constatou-se aumento significativo da CR-High na primeira sessão ($P = 0,0397$; teste t pareado), na segunda sessão ($P < 0,0001$; teste t pareado) e também na terceira sessão ($P < 0,0001$; teste t pareado). Esses resultados indicam que houve efeito benéfico do procedimento, uma vez que reduziu a baixa coerência e aumentou a alta coerência. A CR-Med, na comparação entre os momentos M1 e M2, não sofreu alteração na primeira sessão ($P = 0,1051$; teste t pareado) mas aumentou na segunda sessão ($P = 0,0295$; teste t pareado) e na terceira sessão ($P < 0,001$; teste t pareado). Vale ressaltar que esse aumento não foi às custas de redução da CR-High e sim às custas de redução da CR-Low, o que reforça o efeito benéfico do procedimento.

Tabela 1 - Análise da distribuição das medidas da CR-Low nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, nas três sessões.

		Média \pm DP	Valor-P	Teste
Sessão 1	M1	83,7 \pm 13,2	0,0291	t-pareado
	M2	76,8 \pm 17,8		
Sessão 2	M1	79,0 \pm 18,5	< 0,0001	t-pareado
	M2	65,6 \pm 18,9		
Sessão 3	M1	79,0 \pm 15,5	< 0,0001	t-pareado
	M2	59,1 \pm 20,9		

Tabela 2 - Análise da distribuição das medidas da CR-Med nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, nas três sessões.

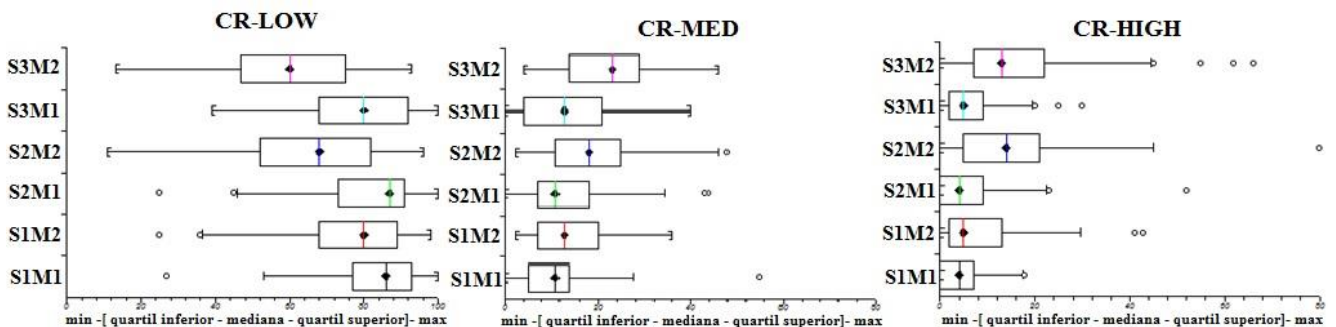
		Média ± DP	Valor-P	Teste
Sessão 1	M1	11,4 ± 9,6	0,1051	t-pareado
	M2	14,6 ± 9,5		
Sessão 2	M1	14,6 ± 11,3	0,0295	t-pareado
	M2	18,7 ± 11,2		
Sessão 3	M1	13,7 ± 10,6	< 0,0001	t-pareado
	M2	22,8 ± 10,7		

Tabela 3 - Análise da distribuição das medidas da CR-High nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, nas três sessões.

		Média ± DP	Valor-P	Teste
Sessão 1	M1	4,9 ± 5,1	0,0397	t-pareado
	M2	8,5 ± 10,5		
Sessão 2	M1	6,3 ± 9,8	< 0,0001	t-pareado
	M2	15,6 ± 14,6		
Sessão 3	M1	7,3 ± 7,5	< 0,0001	t-pareado
	M2	18,1 ± 16,4		

A Figura 20 traz os Box Plots de cada um dos índices nas três sessões, podendo-se notar que houve uma melhora progressiva do desempenho, com a terceira sessão representativa do melhor resultado final.

Figura 20 - Box plots dos efeitos da respiração sobre as variáveis da coerência cardiorrespiratória nas três sessões. O gráfico à esquerda mostra o Box-Plot para o comportamento da baixa coerência (CR-LOW) nas fases M1 e M2 das 3 sessões consecutivas. Os demais gráficos mostram os Box-Plots, respectivamente, para os comportamentos de média (CR-MED) e alta (CR-HIGH) coerência. Observa-se a redução progressiva da baixa coerência e o aumento progressivo da média e alta coerência. São representados graficamente o valor mínimo, o quartil inferior, a mediana, o quartil superior e o valor máximo, indicando-se também a presença de outliers (pequenos círculos abertos).



Legenda: CR-Low, razão de coerência baixa; CR-Med, razão de coerência média; CR-High, razão de coerência alta; S, sessão; M, momento.

Desta maneira, os resultados apontam que houve aprendizado, visto que as crianças conseguiram melhorar de forma significativa e progressiva os níveis de coerência cardiorrespiratória através da autoaplicação da técnica de respiração.

9.3 Efeitos da Respiração sobre a VFC e o SNA

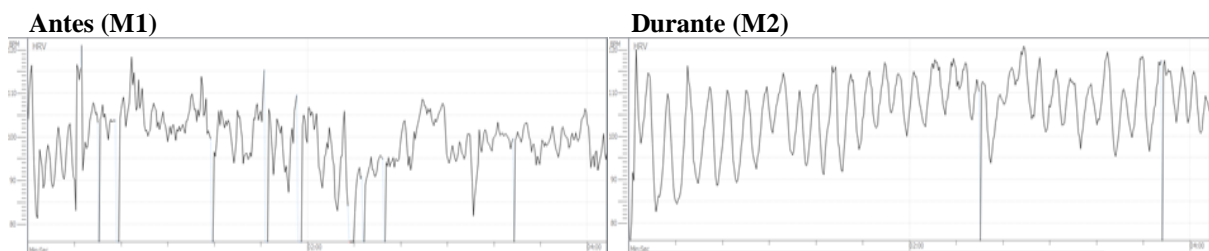
Os efeitos do exercício respiratório sobre a VFC e sobre o funcionamento do SNA foram avaliados através da análise da VFC em termos da coerência cardiorrespiratória, do domínio do tempo, do domínio geométrico, do domínio da frequência e do domínio do caos. Foram feitas comparações entre os momentos “antes” (M1) e “durante” (M2) a prática, a fim de verificar se houve efeitos significativos da modulação respiratória sobre tais índices.

9.3.1 Análise da Coerência Cardiorrespiratória

Os resultados apresentados na seção anterior mostram que todos os índices relativos à coerência cardiorrespiratória (CR-Low, CR-Med e CR-High) tiveram melhoras significantes durante a intervenção. A melhora da coerência representa maior sincronização da atividade dos ramos simpático e parassimpático do SNA, maior alinhamento de sistemas oscilatórios do corpo ao ritmo cardíaco, assim como melhora das funções cognitivas e do processamento emocional.

Figura 21 ilustra o aumento da coerência em uma das crianças do estudo, observada pela maior presença de ondas regulares/senoidais durante o exercício respiratório.

Figura 21 - Tacogramas da frequência cardíaca de uma das crianças do estudo, nos momentos M1 (antes) e M2 (durante) a modulação da respiração. Observar que em no momento “antes” (M1) a criança apresentava um padrão de ritmo cardíaco expresso por ondas mais irregulares e desordenadas e no momento “durante” (M2) o ritmo cardíaco passou a apresentar maior quantidade de ondas regulares e senoidais, indicando maior coerência cardiorrespiratória.



9.3.2 Análises da VFC no Domínio do Tempo

Os resultados das análises no domínio do tempo indicam que a técnica respiratória levou a uma significativa *redução* da variabilidade da frequência cardíaca às custas, basicamente, da diminuição da atividade parassimpática (maior frequência cardíaca, menor RMSSD e menor PNN50) e, provavelmente, certa redução também da atividade simpática (menor SDNN), embora a redução deste índice possa ter ocorrido pelo componente parassimpático associado. Esses achados em conjunto, via de regra, indicam *menor homeostase*. A Tabela 4 mostra os dados descritivos e os resultados das análises no domínio do tempo.

Tabela 4 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio do tempo nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO DO TEMPO	Mean HR (bpm)	M1	97,6	11,5	< 0,0001*	t-pareado
		M2	102,8	11,6		
	MeanRR (ms)	M1	632,2	76,7	0,0001*	t-pareado
		M2	598,0	74,1		
	SDNN (ms)	M1	73,9	28,9	0,0066*	t-pareado
		M2	61,9	24,1		
	RMSSD (ms)	M1	81,2	35,4	0,0015*	t-pareado
		M2	64,1	24,7		
	pNN50 (%)	M1	46,5	15,1	< 0,0001*	t-pareado
		M2	37,9	16,0		

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; Mean HR, frequência cardíaca média; MeanRR, média dos intervalos RR em ms; SDNN, desvio padrão dos intervalos RR; RMSSD, raiz quadrada média de diferenças sucessivas; pNN50, porcentagem das diferenças entre intervalos RR adjacentes que são maiores que 50ms; SD1, desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR; * = Diferença significativa ($P < 0,05$).

9.3.3 Análises da VFC no Domínio Geométrico

No domínio geométrico, os resultados foram semelhantes aos encontrados no domínio do tempo, indicando redução da VFC. A diminuição do índice SD1 aponta para uma redução da atividade parassimpática, enquanto a diminuição do índice SD2 pode ser explicada tanto por uma redução da atividade simpática e parassimpática, quanto pela redução apenas da função parassimpática. Similarmente, esses achados indicariam *menor homeostase*. A Tabela 5 apresenta os dados descritivos e as análises da VFC no domínio geométrico.

Tabela 5 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio geométrico nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO GEOMÉTRICO	SD1 (ms)	M1	57,5	25,1	0,0015*	t-pareado
		M2	45,4	17,5		
	SD2 (ms)	M1	86,8	33,3	0,0166*	t-pareado
		M2	74,6	29,8		

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; SD1, desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR; SD2, desvio padrão da variabilidade de longo prazo do intervalo RR; * = Diferença significante ($P < 0,05$).

9.3.4 Análises da VFC no Domínio da Frequência

No domínio da frequência, não foram encontrados resultados significativos em nenhum dos índices analisados, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio da frequência nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA	LF power (ms ²)	M1	1316,1	1314,2	0,3047	t-pareado
		M2	1082,5	1095,6		
	HF power (ms ²)	M1	1989,3	2761,9	0,2437	t-pareado
		M2	1452,2	1459,5		
	LF/HF	M1	0,88	0,55	0,3907	t-pareado
		M2	1,02	0,99		

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; LF, potência de baixa frequência; HF, potência de alta frequência; LF/HF = relação entre as potência de baixa e alta frequências; * = Diferença significante ($P < 0,05$).

9.3.5 Análises da VFC no Domínio Não-Linear (Caos)

Já no domínio não-linear, houve nítido *aumento da complexidade* do sistema (maior ApEn, maior SampEnt, maior área 1_5 na MSE), *melhora da fractabilidade* (DFA α 1 mais próximo de 1,0) e *redução do determinismo e da linearidade* (menor Lmean e menor Shann Ent). Esses achados, em conjunto, indicam *maior homeostase*. A Tabela 7 apresenta os dados descritivos e as análises da VFC no domínio não-linear.

Tabela 7 - Dados descritivos (média \pm desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio não-linear nos momentos antes (M1) e durante (M2) a respiração controlada, na terceira sessão (S3M1 e S3M2), em 42 crianças.

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO NÃO-LINEAR	ApEn	M1	1,209	0,11	0,0004*	t-pareado
		M2	1,284	0,10		
	SampEnt	M1	1,905	0,19	0,1957	t-pareado
		M2	1,951	0,188		
	MSE área 1_5	M1	8,056	1,014	< 0,0001*	t-pareado
		M2	8,676	0,860		
	MSE área 6_20	M1	19,803	3,634	0,5521	t-pareado
		M2	20,218	3,131		
	DFA α 1	M1	0,818	0,114	0,0001*	t-pareado
		M2	0,928	0,148		
	ShannEnt	M1	2,843	0,279	0,0106*	t-pareado
		M2	2,713	0,274		
	Lmean	M1	8,618	2,389	0,0066*	t-pareado
		M2	7,558	2,119		
Lmax	M1	83,3	41,4	0,1515	t-pareado	
	M2	73,2	33,7			

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; ApEn, entropia aproximada; SampEnt, entropia Amostral; MSE, entropia multiescalar; ShanEn, entropia de Shannon; DFA α 1, análises de flutuações depuradas de curto prazo; Lmean, comprimento da linha média; Lmax, comprimento da linha máxima; * = Diferença significativa ($P < 0,05$).

9.4 Grupo Controle

Frente aos resultados bastante contundentes e em virtude dos achados aparentemente paradoxais (redução da variabilidade com aumento da complexidade), questionou-se a possibilidade de ter havido algum viés metodológico, como o efeito da posição do corpo sobre a função autonômica, chegando-se à conclusão da necessidade de inserir no estudo um grupo controle, não submetido ao procedimento do exercício respiratório, visando-se apenas avaliar o efeito postural, uma vez que no Momento 1 as crianças do grupo de estudo permaneciam deitadas e, no Momento 2, sentadas e fazendo o procedimento.

Foram então avaliadas 33 crianças, da mesma Escola e da mesma faixa etária, sendo 21 (63,6%) do sexo feminino. Não houve diferença quanto à prevalência de sexo, entre o Grupo de Estudo e o Grupo Controle ($P = 0,953$ pelo Teste Exato de Fisher). A exemplo do que havia sido feito no Grupo de Estudo, foram avaliadas as variáveis da coerência cardiorrespiratória e nos domínios do tempo, geométrico, da frequência e não-linear. Os resultados obtidos encontram-se nas Tabelas 8 a 12.

9.4.1 Análise da Coerência Cardiorrespiratória no Grupo Controle

Conforme mostra a Tabela 8, não foram encontrados resultados significativos sobre a coerência cardiorrespiratória no grupo controle.

Tabela 8 - Análise da distribuição das medidas da CR-Low, CR-Med e CR-High nos momentos 1 (M1 = deitado) e 2 (M2 = sentado), com respiração espontânea, em 33 crianças do grupo Controle.

		Média±DP	Valor-P	Teste
CR_Low	M1	78,9 ± 19,4	0,6531	t-pareado
	M2	77,6 ± 17,8		
CR_Med	M1	13,3 ± 10,6	0,8001	t-pareado
	M2	12,8 ± 9,3		
CR_High	M1	7,7 ± 11,3	0,3596	t-pareado
	M2	9,5 ± 12,2		

9.4.2 Análises da VFC no Domínio do Tempo no Grupo Controle

No domínio do tempo, apenas a frequência cardíaca média (Mean HR) apresentou um aumento significativo, o que poderia ser atribuído ao efeito da mudança de posição do corpo. Todos os demais índices não apresentaram diferenças significantes entre os momentos 1 e 2.

Tabela 9 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio do tempo, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).

		Média	DP	p-valor	Teste	
DOMÍNIO DO TEMPO	Mean HR (bmp)	M1	90,90	11,60	0,0101*	t-pareado
		M2	93,70	13,60		
	MeanRR (ms)	M1	677,80	90,20	0,0750	t-pareado
		M2	662,80	106,10		
	SDNN (ms)	M1	66,90	22,30	0,8502	t-pareado
		M2	67,90	25,10		
	RMSSD (ms)	M1	73,40	23,40	0,8003	t-pareado
		M2	74,70	25,50		
	pNN50 (%)	M1	46,40	14,80	0,5451	t-pareado
		M2	44,70	15,30		

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; MeanRR, média dos intervalos RR em ms; SDNN, desvio padrão dos intervalos RR; RMSSD, raiz quadrada média de diferenças sucessivas; pNN50, porcentagem das diferenças entre intervalos RR adjacentes que são maiores que 50ms; * = Diferença significativa (P< 0,05).

9.4.3 Análises da VFC no Domínio Geométrico no Grupo Controle

Similarmente, as análises no domínio geométrico não apresentaram resultados significativos em nenhum dos índices avaliados, conforme mostra a Tabela 10.

Tabela 10 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio geométrico, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO GEOMÉTRICO	SD1 (ms)	M1	51,90	16,60	0,8010	t-pareado
		M2	52,80	18,10		
	SD2 (ms)	M1	78,70	27,90	0,8680	t-pareado
		M2	79,80	31,40		

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; SD1, desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR; SD2, desvio padrão da variabilidade de longo prazo do intervalo RR; * = Diferença significativa ($P < 0,05$).

9.4.4 Análises da VFC no Domínio da Frequência no Grupo Controle

No domínio da frequência também não houve diferenças significantes entre os momentos 1 e 2, conforme mostra a Tabela 11.

Tabela 11 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio da frequência, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA	LF power (ms ²)	M1	1045,20	937,40	0,4164	t-pareado
		M2	1229,30	1363,70		
	HF power (ms ²)	M1	1440,90	931,90	0,4488	t-pareado
		M2	1601,80	1263,70		
	LF/HF	M1	0,76	0,39	0,8267	t-pareado
		M2	0,78	0,45		

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; LF, potência de baixa frequência; HF, potência de alta frequência; LF/HF = relação entre as potência de baixa e alta frequências; * = Diferença significativa ($P < 0,05$).

9.4.5 Análises da VFC no Domínio Não-Linear (Caos) no Grupo Controle

A Tabela 12 mostra também que nenhum resultado significativo foi verificado nas análises no domínio não-linear.

Tabela 12 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico das variáveis no domínio não-linear, nos momentos 1 (deitado) e 2 (sentado), em 33 crianças controle (não submetidas ao procedimento respiratório controlado).

			Média	DP	p-valor	Teste
DOMÍNIO NÃO-LINEAR	ApEn	M1	1,24	0,09	0,4654	t-pareado
		M2	1,25	0,09		
	SampEnt	M1	1,98	0,15	0,1814	t-pareado
		M2	1,93	0,16		
	MSE área 1_5	M1	8,23	0,79	0,8857	t-pareado
		M2	8,26	0,89		
	MSE área 6_20	M1	18,66	3,98	0,2152	t-pareado
		M2	19,63	3,94		
	DFA α 1	M1	0,79	0,14	0,3480	t-pareado
		M2	0,81	0,13		
	ShannEnt	M1	2,75	0,26	0,9918	t-pareado
		M2	2,75	0,27		
	Lmean	M1	7,92	2,18	0,7579	t-pareado
		M2	8,11	2,53		
Lmax	M1	71,50	34,80	0,6868	t-pareado	
	M2	75,30	47,40			

Legenda: M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção; ApEn, entropia aproximada; SampEnt, entropia Amostral; MSE, entropia multiescalar; ShanEn, entropia de Shannon; DFA α 1, análises de flutuações depuradas de curto prazo; Lmean, comprimento da linha média; Lmax, comprimento da linha máxima; * = Diferença significativa ($P < 0,05$).

Constata-se, então, que a não ser o predomínio de frequência cardíaca mais alta no momento M2, não houve qualquer modificação no nível de coerência cardiorrespiratória, nem diferenças nas variáveis, seja no domínio do tempo, geométrico, da frequência e não linear, indicando que o simples fato da mudança de posição não afetou o SNA de forma significativa.

Em outras palavras, todas as alterações constatadas no grupo que realizou o procedimento respiratório devem, então, estar relacionadas ao referido procedimento.

9.5 Avaliações do Estado Basal das Crianças do Grupo de Estudo

A fim de validar as comparações entre o grupo de estudo e o grupo controle, era preciso verificar se as crianças do Grupo de Estudo e do Grupo Controle eram semelhantes quanto ao estado autonômico.

Além disso, os resultados aparentemente contraditórios – com melhoras da coerência e em vários indicadores do domínio não-linear associadas à diminuição da VFC e do tônus parassimpático – trouxeram a necessidade de investigar mais a fundo o estado autonômico basal das crianças deste estudo em comparação com populações de crianças de outros estudos.

9.5.1 Comparações entre o Grupo de Estudo e o Grupo Controle no Estado Inicial

Para a avaliação dos estados basais das crianças de ambos os grupos, foram selecionadas as variáveis que exibiram os valores mais robustos de P (MeanRR, RMSSD, PNN50, SD1, ApEn, MSE área 1_5 e DFA α 1) e feitas as comparações entre S1M1 do Grupo Estudo *versus* M1 do Grupo Controle. A Tabela 13 exhibe esses resultados comparativos.

Tabela 13 - Dados descritivos (média, desvio-padrão e mediana) e teste estatístico de variáveis nos domínios do tempo, geométrico, da frequência e não-linear, nas comparações do estado inicial das crianças do Grupo de Estudo (S1M1) (42 casos) com o estado inicial das crianças do Grupo Controle (M1) (33 casos).

			Média	DP	Mediana	p-valor	Teste
DOMÍNIO DO TEMPO	Mean HR (bpm)	S1M1 G. Estudo	94,60	9,30	96,10	0,1199	t não pareado
		M1 G. Controle	90,90	11,6	93,10		
DOMÍNIO DO TEMPO	RMSSD (ms)	S1M1 G. Estudo	87,40	46,5	76,70	0,3668	Mann-Whitney
		M1 G. Controle	73,40	23,4	74,50		
DOMÍNIO GEOMÉTRICO	pNN50 (%)	S1M1 G. Estudo	48,90	16,6	49,30	0,4839	t não pareado
		M1 G. Controle	46,40	14,7	49,40		
DOMÍNIO GEOMÉTRICO	SD1 (ms)	S1M1 G. Estudo	61,90	33,0	54,30	0,3668	Mann-Whitney
		M1 G. Controle	51,90	16,6	52,70		
DOMÍNIO NÃO LINEAR	ApEn	S1M1 G. Estudo	1,212	0,11	1,234	0,2843	t não pareado
		M1 G. Controle	1,237	0,10	1,230		
DOMÍNIO NÃO LINEAR	MSE área 1_5	S1M1 G. Estudo	8,170	1,22	8,434	0,7376	Mann-Whitney
		M1 G. Controle	8,232	0,79	8,346		
DOMÍNIO NÃO LINEAR	DFA α 1	S1M1 G. Estudo	0,789	0,11	0,784	0,8766	t não pareado
		M1 G. Controle	0,785	0,14	0,779		

Legenda: S1, primeira sessão da coleta de dados; M1, momento antes da intervenção; M2, momento durante a intervenção ou só sentado (controle); MeanRR, média dos intervalos RR em ms;; RMSSD, raiz quadrada média de diferenças sucessivas; pNN50, porcentagem das diferenças entre intervalos RR adjacentes que são maiores que 50ms; SD1, desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR; ApEn, entropia aproximada; MSE, entropia multiescalar; DFA α 1, análises de flutuações depuradas de curto prazo; * = Diferença significativa ($P < 0,05$).

Constata-se, então, que o Grupo de Estudo e o Grupo Controle eram totalmente similares no estado basal (S1M1 *versus* M1). Este resultado somado ao fato de que o posicionamento do corpo também não pode ser responsabilizado pelas alterações encontradas nos momentos 2, indica fortemente que todas as alterações encontradas devam mesmo ser devidas ao procedimento de intervenção respiratória.

9.5.2 Comparações do Estado Autonômico Basal entre Crianças de Diversos Estudos

A análise do estado fisiológico inicial das crianças deste estudo, feita através de comparações de diversos parâmetros com os de crianças de outros cinco estudos em condições semelhantes (crianças saudáveis, em repouso e com respiração espontânea), mostrou que as crianças do presente estudo apresentavam um estado inicial de hiperativação parassimpática e uma VFC bem acima da média, como mostram os dados da Tabela 14.

Tabela 14 - Valores da variabilidade da frequência cardíaca de crianças saudáveis

	Vanderlei et al. (2010)	de Carvalho et al. (2014)	Winsley et al. (2013)	Longin et al. (2009)	Nisbet et al. (2013)	Cruz (não publicado)
SDNN	42 ± 10	55 ± 19	64 ± 27	-	-	80 ± 38
RMSSD	32 ± 10	38 ± 18	56 ± 28	67 ± 36	-	93 ± 50
pNN50	12 ± 9	16 ± 13	28 ± 19	-	-	51 ± 16
SD1	23 ± 7	27 ± 13	-	-	-	66 ± 36
SD2	67 ± 16	72 ± 24	-	-	-	91 ± 42
LF	375 ± 213	1.021 ± 724	758 ± 632	-	1.021 ± 119	1.926 ± 2.494
HF	249 ± 160	800 ± 828	920 ± 802	-	1.290 ± 183	2.443 ± 3.172

Legenda: SDNN: desvio padrão dos intervalos RR; RMSSD: raiz quadrada média de diferenças sucessivas dos intervalos RR; SD1: desvio padrão da variabilidade instantânea do intervalo RR; SD2: desvio padrão da variabilidade de longo prazo do intervalo RR; LF: potência de baixa frequência; HF: potência de alta frequência.

Embora as mudanças no domínio da frequência não tenham sido estatisticamente significantes neste estudo, pode-se também observar que os valores de LF (potência de baixa frequência) e HF (potência de alta frequência) no estado inicial encontravam-se muito acima dos parâmetros das crianças dos outros estudos. Particularmente o índice HF, que é conhecido por ser um importante indicador da atividade parassimpática, encontra-se extremamente

acima dos parâmetros dos outros estudos, o que reforça a interpretação de um estado inicial de hiperativação parassimpática.

É importante destacar que, no presente estudo, o exercício respiratório reduziu a VFC e o tônus parassimpático para níveis próximos aos níveis basais de crianças saudáveis e não para abaixo dos níveis basais.

10 Discussão

Uma das metas deste estudo era avaliar a capacidade de aprendizagem das crianças de uma técnica simples de respiração, a fim de determinar se exercícios respiratórios podem ser considerados ferramentas apropriadas na promoção da autorregulação psicofisiológica em crianças na faixa etária de 5 a 6 anos.

Os resultados mostraram melhoras progressivas nos níveis de coerência cardiorrespiratória, com o melhor desempenho registrado na última coleta de dados, que ocorreu ao final do treinamento. Isso significa que, ao longo das oito semanas de treinamento, as crianças aprimoraram suas capacidades de modular o ritmo cardíaco através da autoaplicação de uma técnica respiratória.

A evidência de que as crianças nesta faixa etária foram capazes de gerar em si mesmas um aumento da coerência cardiorrespiratória tem importantes implicações para a educação. Devido a conexão coração-cérebro, há evidências de que o estado de coerência beneficie funções cognitivas superiores tão requeridas no ambiente acadêmico, como a atenção, a memória, o raciocínio e o desempenho em tarefas (McCRATY et al., 2009). Além disso, o estado de coerência está associado a um melhor funcionamento psicossocial, com percepções reduzidas de estresse emocional e uma maior experiência de emoções positivas (McCRATY et al., 2009).

Técnicas que geram o estado de coerência têm sido utilizadas como estratégia de intervenção na promoção da autorregulação psicofisiológica. Em ambientes educacionais, a utilização de técnicas que promovem a coerência tem sido associada a melhoras na disposição emocional, no comportamento em sala de aula, no gerenciamento da ansiedade nas provas, na aprendizagem e no desempenho acadêmico (ARGUELLES; McCRATY; REES, 2003; BRADLEY et al, 2007; McCRATY et al,1999; McCRATY, 2005).

Um estudo que avaliou a eficácia da promoção da coerência psicofisiológica para auxiliar crianças a se recuperarem de uma situação de estresse agudo mostrou que as crianças que utilizaram a técnica de promoção da coerência apresentaram maior resiliência do que as crianças do grupo controle (McCRATY et al., 1999).

As melhoras das funções cognitivas favorecidas pela autorregulação por meio da coerência psicofisiológica são evidenciadas em um estudo com crianças do ensino fundamental diagnosticadas com TDAH que, após receberem treinamento para aprenderem a

gerar a coerência psicofisiológica, demonstraram melhoras significativas em vários aspectos do funcionamento cognitivo e do comportamento (LLOYD; BRETT; WESNES, 2010).

Habilidades de autorregulação também são consideradas fundamentais para um apropriado desenvolvimento cognitivo e psicossocial na infância (SCHORE, 1994 *apud* BRADLEY, 2012). Em acordo com este pressuposto, um estudo demonstrou que a promoção de habilidades de autorregulação em crianças pré-escolares aumentou de forma significativa o desenvolvimento das crianças submetidas ao programa em vários aspectos, incluindo cognitivo, social/emocional, linguagem e físico, em comparação com as crianças que não passaram pela intervenção (BRADLEY et al., 2012).

Assim, as evidências de que as crianças são capazes de se autorregular através da respiração, gerando em si mesmas um maior nível de coerência cardiorrespiratória, somadas aos potenciais benefícios associados ao estado de coerência, a favor do funcionamento cognitivo e psicossocial, tornam a respiração uma estratégia interessante e promissora na promoção da autorregulação em ambientes educacionais.

Outra meta deste estudo era avaliar os efeitos fisiológicos da modulação respiratória em crianças pré-escolares, mais especificamente os efeitos sobre a VFC e o SNA.

Análises da VFC tem sido amplamente usadas na avaliação do funcionamento autonômico, por se tratar de um método simples e não-invasivo e que possibilita revelar as atividades do SN parassimpático e simpático com certa especificidade. Neste estudo, realizamos todas as análises possíveis da VFC, sendo: (1) coerência cardiorrespiratória; (2) domínio do tempo; (3) domínio geométrico; (4) domínio da frequência; e (5) domínio não-linear ou do caos. Com exceção do domínio da frequência, todos os demais domínios analisados apresentaram alterações significantes com a intervenção.

Com relação aos padrões de ritmo cardíaco, os resultados apontaram para um aumento significativo do nível de coerência. A interpretação fisiológica de tal resultado é um aumento da sincronicidade entre os ramos simpático e parassimpático do SNA. No domínio do tempo, tanto a partir de métodos de análise estatísticos, quanto de métodos de análise geométricos, os resultados mostraram uma diminuição da VFC e do tônus parassimpático. Este resultado, se interpretado isoladamente, indica que houve uma piora da homeostase. Por outro lado, no domínio não-linear, os resultados indicam ganho de complexidade, menor linearidade e maior fractabilidade. Deste modo, todas as variáveis do domínio não-linear mostraram melhora da homeostase.

Chama a atenção o fato de a maioria das variáveis indicarem que a intervenção gerou efeitos contundentes, muitas delas com um p-valor menor que 0,0001, mas apontando para

direções aparentemente opostas, indicando “melhora” e “piora” simultâneas. Houve um aumento da coerência cardiorrespiratória e da complexidade – ambos indicando maior homeostase – com diminuição da variabilidade e do tônus parassimpático, que via de regra indicam menor homeostase.

Este tipo de “resultado conflitante” não é comum em estudos que utilizam a VFC nas análises da função autonômica, talvez porque a maioria dos estudos se restringe a análises em apenas um ou dois domínios, sendo mais comuns as análises nos domínios do tempo e da frequência. O fato de termos analisado todas as variáveis possíveis em termos da VFC revelou esta situação aparentemente contraditória, mas digna e carente de maior investigação.

Iniciamos, então, a investigação desses resultados aparentemente contraditórios com a inserção de um grupo controle, a fim de eliminarmos possíveis vieses metodológicos relacionados à mudança de posição do corpo entre os momentos “antes” e “durante” a prática do exercício respiratório. Assim, o grupo controle passou pelos mesmos procedimentos que o grupo de estudo, sendo que a única diferença entre os grupos foi que as crianças do grupo controle mantiveram respiração espontânea no segundo momento, enquanto as crianças do grupo de estudo realizaram o exercício respiratório. As análises apontaram que, exceto pela frequência cardíaca aumentada no segundo momento, o grupo controle não mostrou diferenças significantes entre os dois momentos em nenhuma variável. Desta forma, concluímos que os resultados obtidos no grupo de estudo estavam relacionados ao procedimento da respiração controlada, visto que esta foi a única diferença entre os grupos.

Avaliamos, também, o estado autonômico inicial das crianças e verificamos que, quando comparadas a crianças de outros estudos em condições semelhantes, as crianças do presente estudo encontravam-se em um estado de hiperativação vagal (Tabela 14). A hiperatividade vagal pode ocorrer em um contexto fisiológico positivo, como no estado de relaxamento ou de comportamento social (PORGES, 2001; 2007), como também pode ocorrer de um modo disfuncional, associada a transtornos neuropsicológicos ou doenças físicas.

Vários estudos apontam que crianças com TDAH apresentam uma hiperatividade vagal basal (NEGRAO et al., 2011; WANG et al., 2013b; de CARVALHO et al., 2014; KIN; YANG; LEE, 2015). Alguns estudos mostraram ainda que esta hiperativação vagal é ao menos parcialmente reduzida após tratamento com a droga metilfenidato (NEGRAO et al., 2011; KIN; YANG; LEE, 2015). Uma possível explicação para esta hiperatividade vagal basal nessas crianças é a menor capacidade de foco da atenção, sendo que é amplamente conhecido que a atenção focada sustentada causa uma redução do tônus vagal. Contudo, a presença de hiperativação vagal em crianças com TDAH não é unânime na literatura, visto

que outros estudos não encontraram este padrão (BUCHHORN et al., 2012; KOENIG et al., 2016). Assim, as razões para tais variações nas disfunções autonômicas encontradas em crianças com TDAH ainda precisam ser investigadas e elucidadas.

Outro contexto no qual foi encontrada uma hiperativação vagal basal disfuncional foi em crianças com distúrbio respiratório do sono (DRS). Tais distúrbios são causados por uma obstrução das vias aéreas superiores e apresentam o ronco como principal sintoma, que pode variar em graus de severidade. Os estudos realizados com crianças em idade pré-escolar com DRS mostraram que tais crianças apresentavam hiperativação vagal basal quando comparadas a um grupo controle composto por crianças que não roncam (NISBET et al., 2013; WALTER et al., 2016). Walter et al. (2016) verificaram que a resolução do DRS, independente do tipo de tratamento, reduziu a potência em HF (índice indicador da atividade parassimpática) a níveis similares aos do grupo controle (crianças que não roncam), enquanto a potência em HF nas crianças com DRS não resolvido aumentou significativamente a partir do nível basal. Curiosamente, crianças em idade escolar com DRS apresentavam um estado autonômico basal inverso, com redução vagal e aumento da atividade simpática (BAHARAV et al., 1999; LIAO et al., 2010; MUZUMDAR et al., 2011; NISBET et al., 2014; VLAHANDONIS, WALTER; HORNE 2013). Da mesma maneira, a disfunção autonômica era normalizada após o tratamento e a resolução do DRS, com um aumento do tônus vagal e redução do tônus simpático (MUZUMDAR et al., 2011).

O fato de as disfunções autonômicas se manifestarem de formas diferentes em crianças em idade pré-escolar e escolar levanta uma suspeita sobre a existência de alguma relação entre idade e o funcionamento autonômico (NISBET et al., 2014), talvez por questões relacionadas ao desenvolvimento e maturação do SNA.

Alguns estudos que avaliaram a VFC em diferentes práticas de meditação revelam aspectos interessantes da relação entre a respiração e os ritmos cardíacos. Estudos que avaliaram técnicas que incluíam *respiração lenta* apresentaram o mesmo padrão de ritmo cardíaco, representado no espectro de frequências como um pico em LF, em torno de 0,1 Hz, característico do estado de *coerência cardiorrespiratória* (LEHRER; SASAKI; SAITO; 1999; PENG et al., 2004; CYSARZ; BÜSSING, 2005; PHONGSUPHAP, 2008). Além disso, em todos esses estudos foi verificada uma *redução do tônus vagal*, indicada pela diminuição da potência em HF, que foi atribuída pelos autores aos efeitos da respiração lenta sobre o coração. É interessante notar que as técnicas que envolviam respiração espontânea não apresentaram redução vagal e o característico pico em LF (CYSARZ; BÜSSING, 2005; TAKAHASHI et al., 2005; WU; LO; 2008).

Vaschillo (1984 *apud* LEHRER; SASAKI; SAITO, 1999) propôs que respirar em uma frequência de aproximadamente 6 respirações/min (a frequência central da banda de baixa frequência, 0,5 - 0,15 Hz) faz com que as ondas de alta e baixa frequência da frequência cardíaca sincronizem e se fundam, aumentando em amplitude e dando origem ao pico em LF no espectro de potência. Ele propôs que isso ocorre devido a um efeito de “frequência ressonante”.

Embora a ativação na banda LF no espectro de potência seja ainda erroneamente associada a um predomínio da atividade simpática sobre o coração, de acordo com Billman (2013), pesquisas recentes mostram evidências contundentes de que a região LF expressa, na verdade, a atividade parassimpática, simpática e de outros fatores desconhecidos, sendo que a maior parte da ativação nesta banda pode ser explicada pela atividade parassimpática. Assim, propõe-se que este pico em LF, verificado no estado de coerência cardiorrespiratória, represente uma sincronização entre a ação do nervo vago e dos nervos simpáticos sobre o coração (McCRATY et al., 2009).

Há muitos estudos na literatura indicando que a respiração lenta aumenta o tônus parassimpático (JERATH et al., 2006; GROSSMAN; TAYLOR, 2007; RITZ, 2009; PAL; VELKUMARY; MADANMOHAN, 2004) e outros estudos indicando que a respiração lenta diminui o tônus parassimpático (LEHRER; SASAKI; SAITO; 1999; PENG et al., 2004; CYSARZ; BÜSSING, 2005; PHONGSUPHAP, 2008). No entanto, as evidências encontradas sugerem que a respiração lenta promove este estado de *coerência* ou *sincronização cardiorrespiratória*, caracterizado pelo pico em LF em torno de 0,1 Hz, que representa uma sincronização entre em os SN simpático e parassimpático (McCRATY et al., 2009). Assim, acreditamos que o aumento ou a redução do tônus parassimpático dependerão, na verdade, do estado inicial dos indivíduos antes de ocorrer a sincronização. Em outras palavras, indivíduos que se encontram em um estado inicial de relaxamento ou de comportamento social, com maior tônus vagal basal, apresentarão a diminuição do tônus vagal com a prática da respiração lenta, enquanto que indivíduos que apresentam um mínimo quadro de estresse psicológico ou certas doenças físicas, terão um predomínio do SN simpático no estado basal e, deste modo, apresentarão aumento do tônus vagal com a prática da respiração lenta, de modo que todos atinjam o desfecho final que é a sincronização da função autonômica em torno de 0,1 Hz na banda de faixa frequência (LF).

Acreditamos que seja relativamente mais difícil verificar um estado inicial de elevado tônus vagal, devido ao fato de a maioria das pesquisas que estudam os efeitos da respiração sobre o SNA acontecerem em um contexto clínico, com sujeitos mais propensos a apresentar

algum tipo de estresse psicológico ou doenças físicas (com predomínio do SN simpático), a fim de verificar os benefícios de exercícios respiratórios como estratégia terapêutica para esses quadros. Os estudos com meditadores saudáveis e em estado inicial de relaxamento ilustrou o efeito da respiração lenta sobre indivíduos que apresentavam um elevado tônus vagal basal, que resultou na redução da atividade parassimpática. O efeito que a respiração lenta exerceu sobre os meditadores – e possivelmente um efeito semelhante pode ter ocorrido com as crianças deste estudo – pode ser ilustrado pela Figura 9, ao se considerar uma hipotética mudança do estado de “relaxamento” (com maior ativação em HF no espectro de frequências, indicativo de hiperativação vagal) para o estado de “coerência psicofisiológica” (com redução total em VLF e HF e a formação de um único pico em LF, em torno de 0,1 Hz, indicando sincronização autonômica). Deste modo, o caminho natural para todos os indivíduos que se encontram em estado inicial de hiperativação vagal (maior ativação em HF) e iniciam exercício respiratório com respiração lenta, profunda e em tempos iguais é a redução do tônus vagal (redução de HF), devido ao fato de a sincronização cardiorrespiratória ocorrer em 0,1 Hz em LF.

É amplamente conhecido que o estado de relaxamento, caracterizado por um elevado tônus parassimpático, é benéfico para o funcionamento do corpo. Da mesma maneira, tem sido mostrado que o estado de coerência, gerado a partir da sincronização cardiorrespiratória, beneficia várias funções do corpo ao promover o alinhamento dos sistemas oscilatórios, assim como favorece funções cerebrais ligadas à cognição e ao processamento emocional, devido aos sinais aferentes do coração ao cérebro (McCRATY et al., 2009). Assim, os estados de relaxamento e de coerência são considerados fisiologicamente distintos, apresentando diferentes padrões de VFC, porém ambos são também considerados estados benéficos e indicativos de homeostase.

Podemos afirmar, então, que as crianças do presente estudo se encontravam em um estado inicial de hiperativação vagal. Contudo, não podemos afirmar se tal estado era funcional ou disfuncional, devido ao fato de as crianças não terem passado por avaliação médica e neuropsicológica antes da pesquisa. Isso nos impossibilitou de traçar um perfil dessas crianças, o que poderia ter auxiliado na interpretação deste estado autonômico inicial.

O mais importante, no entanto, é que após a intervenção, as crianças tiveram uma redução do tônus parassimpático para níveis considerados normais para a faixa etária, conforme parâmetros indicados por outros estudos (LONGIN et al., 2009; VANDERLEI et al., 2010; de CARVALHO et al., 2014; WINSLEY et al., 2013), e não para níveis abaixo da linha basal. Além disso, a redução do tônus vagal ocorreu em função do aumento da coerência

cardiorrespiratória, que indica maior sincronização entre simpático e parassimpático, e não em função do aumento de um estado de incoerência (associado ao estresse), o que verdadeiramente indicaria piora da homeostase, com redução do tônus vagal para abaixo da linha basal e predomínio da atividade simpática.

Deste modo, supondo que a hiperativação vagal basal nessas crianças tivesse sido disfuncional, interpretamos que a intervenção contribuiu para regular o desequilíbrio autonômico. Por outro lado, caso a hiperativação vagal basal tenha sido funcional, como reflexo de relaxamento ou comportamento social, interpretamos o exercício respiratório alterou o padrão autonômico de um estado considerado benéfico (típico de relaxamento) para um estado que também é benéfico (coerência psicofisiológica), porém com um perfil fisiológico diferente. Além dessas mudanças, a modulação respiratória também trouxe ganho em complexidade, que é um importante indicador de saúde cardíaca e de maior homeostase.

Assim, os resultados obtidos neste estudo trazem importantes implicações para a pesquisa em fisiologia cardiorrespiratória, visto que *não* corroboram com as seguintes premissas da literatura: 1) A ASR na respiração lenta e profunda é decorrente de aumento da atividade vagal; 2) A respiração lenta e profunda promove sempre o aumento do tônus vagal e da VFC; e 3) A diminuição do tônus parassimpático e da VFC estão sempre associados à perda da homeostase e uma piora do estado de saúde. Em contrapartida, levantamos a hipótese de que a respiração lenta, profunda e ritmada (tempos iguais de inspiração e expiração) leve, na verdade, à *sincronização cardiorrespiratória* em 0,1 Hz e à *regulação* do SNA, através da sincronização da atividade dos ramos simpático e parassimpático, ajustando os tônus parassimpático para cima ou para baixo, a depender do estado inicial. Tal hipótese requer novos estudos para sua validação.

10.1 Limitações

Este estudo teve várias limitações. A primeira delas foi a não realização de avaliação médica e neuropsicológica das crianças participantes do estudo. Isso nos impossibilitou de traçar o perfil do grupo, o que poderia ter auxiliado na interpretação do estado autonômico inicial das crianças. Esta avaliação inicial também poderia ter contribuído para delimitar melhor o grupo de estudo, excluindo-se crianças que apresentassem algum transtorno neuropsicológico, embora que critérios de inclusão amplos têm a vantagem de permitir que os resultados sejam inferidos ao público geral (mais condizente com o ambiente educacional), do que apenas a grupos específicos.

Outra limitação foi o não estabelecimento de um momento de repouso anterior ao momento 1 (repouso) da coleta de dados, o que poderia ter contribuído para uma maior padronização do estado neuropsicológico inicial das crianças, visto que elas eram retiradas das salas de aula em diferentes momentos, em que ora ocorriam atividades mais calmas, ora mais agitadas. Nosso grupo também optou por não incluir qualquer tipo de atividade para promoção de relaxamento antes do Momento 1, para que o estudo não se tornasse a avaliação de um protocolo de intervenção, mas sim apenas a avaliação da modulação respiratória sobre a VFC.

Diferente de um estudo controlado em laboratório, a realização de pesquisa em ambiente escolar traz muitas outras limitações relacionadas às rotinas, às regras e à infraestrutura da escola, às quais os pesquisadores devem se ajustar. Neste estudo, não foi possível delimitar um único horário para a coleta de dados, visto que participaram do estudo crianças do turno da manhã e da tarde e que ainda precisavam ser divididas em várias turmas, devido à limitação do espaço físico e da disponibilidade de computadores para a coleta de dados. O treinamento e a coleta de dados foram feitos em um espaço pequeno, muitas vezes com presença de barulhos externos. Pela impossibilidade de delimitar um horário fixo “ideal”, as crianças eventualmente eram retiradas de atividades que lhes agradavam para participar das sessões. Além disso, as crianças participavam das sessões juntamente com seus colegas, o que propiciava a elas oportunidades de conversas e brincadeiras desvinculadas à intervenção proposta pelo estudo. Todos estes são fatores que somam para uma maior dificuldade de foco da atenção e de colaboração, o que acabou resultando na exclusão de muitas crianças.

O fato de muitas crianças terem sido excluídas (diante dos critérios escolhidos), principalmente pela não colaboração com o procedimento, pode ter “mascarado” a aplicabilidade prática deste programa de intervenção. Acreditamos que essas perdas poderiam ter sido minimizadas se: 1) houvesse a disponibilidade de um espaço mais amplo; 2) houvesse possibilidade de um maior número de facilitadores ou menor número de crianças por turma; 3) houvesse a possibilidade de realizar o procedimento em um horário tranquilo para todas as crianças; 4) para fins de pesquisa, tivéssemos excluído previamente as crianças portadoras de transtornos neuropsicológicos.

Consideramos também como uma limitação deste estudo a não utilização de outros tipos de análise, como dos parâmetros respiratórios, que permitiria uma avaliação mais precisa sobre o aprendizado da técnica e possibilitaria confrontar os dados respiratórios com os dados da VFC, a fim de avaliar os níveis de sincronização cardiorrespiratória. A análise da presença de catecolaminas na urina também poderia trazer contribuições para o entendimento

da regulação autonômica, sendo este também um exame simples e não invasivo. Análises qualitativas também poderiam trazer importantes contribuições para avaliação de aspectos mais subjetivos e da aplicabilidade no contexto educacional.

10.2 Direções futuras

As evidências sobre a ocorrência de aprendizado da técnica respiratória por crianças pré-escolares, somadas às evidências dos benefícios da modulação respiratória para a regulação fisiológica, para as funções cognitivas e o processamento emocional, tornam a respiração uma estratégia promissora na promoção da autorregulação psicofisiológica em contextos educacionais ou programas de intervenção em saúde. Estudos clínicos que avaliem a eficácia de exercícios respiratórios na prevenção e no tratamento complementar de doenças, assim como na melhora do funcionamento cognitivo e psicossocial em ambientes educacionais são necessários para construir um sólido embasamento teórico que apoie a incorporação destas técnicas na prática clínica e educacional.

No âmbito da fisiologia cardiorrespiratória, novos estudos são necessários para testar a hipótese da regulação autonômica seletiva a partir da respiração.

Conclusão

A melhora progressiva nos níveis de coerência cardiorrespiratória, gerados por meio de autoaplicação da técnica de respiração, mostra que houve aprendizado, o que indica que crianças em idade pré-escolar são capazes de se autorregular através de exercícios respiratórios. Isso revela que técnicas de respiração podem ser consideradas estratégias apropriadas para a promoção da autorregulação psicofisiológica em crianças com idade a partir de 5 anos.

O aumento da *coerência* reforça, ainda, a importância da inclusão de exercícios respiratórios em estratégias que visam a promoção da saúde física e psicológica, de habilidades de autorregulação e de habilidades cognitivas em ambientes educacionais. Isso se deve ao fato de que o estado de coerência cardiorrespiratória está associado a melhoras do estado saúde, ao promover a regulação autonômica, à melhor regulação emocional, com maior experiência de emoções positivas, assim como a melhora das funções cognitivas superiores.

A respiração lenta, profunda e ritmada (com tempos iguais de inspiração e expiração) também mostrou efeitos fisiológicos bastante contundentes nas crianças. As análises da VFC mostraram aumento da coerência cardiorrespiratória, regulação do SNA e aumento da complexidade do sistema cardíaco.

Os resultados encontrados neste estudo, somados a resultados de outros estudos em que foi verificada uma redução do tônus parassimpático associada a uma maior coerência cardiorrespiratória a partir da respiração lenta, contribuíram para o levantamento de uma nova hipótese: a de que a respiração lenta age seletivamente na regulação do SNA, aumentando ou reduzindo o tônus vagal, a depender do estado fisiológico inicial. Estudos futuros são necessários para testar e validar esta hipótese.

Referências

- ARGUELLES, L.; McCRATY, R.; REES, R. A. The heart in holistic education. **Encounter: Education for Meaning and Social Justice**, v. 16, n. 3, p. 13-21, 2003.
- AUSTIN, J.H. **Zen and the brain: Toward an understanding of meditation and consciousness** Cambridge (MA): MIT Press; 1999.
- AVELINO, N. C. **Desenvolvimento de instrumentos musicais e seus efeitos na reabilitação de paciente pós-operatório com trauma osteomolecular**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Unicastelo, São José dos Campos, 2014.
- BADRA, L.J.; COOKE, W.H.; HOAG, J.B.; CROSSMAN, A.A.; KUUSELA, T.A.; TAHVANAINEN, K.U.; ECKBERG, D.L. Respiratory modulation of human autonomic rhythms. **American Journal of Physiology-Heart and Circulation Physiology**, v. 280, p. H2674–H2688, 2001.
- BAHARAV, A.; KOTAGAL, S.; RUBIN, B.K.; PRATT, J.; AKSELROD, S. Autonomic cardiovascular control in children with obstructive sleep apnea. **Clinical Autonomic Research**, v. 9, p. 345-351, 1999.
- BARKER, N.J.; JONES, M.; O'CONNELL, N.E.; EVERARD, M.L. Breathing exercises for dysfunctional breathing/hyperventilation syndrome in children. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, v. 12, 2013.
- BEAUCHAINE, T. P.; GATZKE-KOPP, L.; MEAD, H. K. Polyvagal theory and developmental psychopathology: emotion dysregulation and conduct problems from preschool to adolescence. **Biological Psychology**, v. 74, p. 174-184, 2007.
- BERNTSON, G.G.; BIGGER, J.T.J.; ECKBERG, D.L.; GROSSMAN, P.; KAUFMANN, P.G.; MALIK, M.; NAGARAJA, H.N.; PORGES, S.W.; SAUL, J.P.; STONE, P.H.; van der MOLEN, M.W. Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. **Psychophysiology**, v.34, p. 623-648, 1997.
- BIERMAN, K. L.; ERATH, S. A. Promoting social competence in early childhood: Classroom curricula and social skills coaching programs. In: K. McCartney & D. Phillips (Eds.) **Blackwell handbook on early childhood development**, Malden: Blackwell, p. 595-615, 2006.
- BIERMAN, K. L.; MOTAMEDI, M. SEL programs for preschool children. In: **Handbook of social and emotional learning: research and practice**. Ed: Durlak, J. A.; Domitrovich, C. E.; Weissberg, R. P.; Gullota, T. P. New York: Guilford Press, p. 135-150, 2015.
- BHARGAVA, R.; GOGATE, M. G.; MASCARENHAS, J. F. Autonomic responses to breath holding and its variations following pranayama. **Indian journal of physiology and pharmacology**, v.32, p. 257-264, 1987.

BHARUCHA, A. E.; NOVAK, V.; CAMILLERI, M.; ZINSMEISTER, A. R.; HANSON, R. B.; LOW, P. A. α 2-Adrenergic modulation of colonic tone during hyperventilation. **American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 273, p. G1135-G1140, 1997.

BILLMAN, G.E. The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. **Frontiers in Physiology**, v. 4, p. 1-5, 2013.

BLAIR, C. School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of child functioning at school entry. **American Psychologist**, v. 57, p. 111-127, 2002.

BOWLER, S. D.; GREEN, A.; MITCHELL, A. Buteyko breathing technique in asthma: a blinded randomised controlled trial. **Medical Journal of Australia**, v. 169, p. 575–8, 1998.

BRADLEY, R. T.; McCRATY, R.; ATKINSON, M.; ARGUELLES, L.; REES, R. A.; TOMASINO, D. Reducing test anxiety and improving test performance in America's schools: results from the testedge national demonstration study. Boulder Creek (CA): HeartMath Research Center; 2007.

BRADLEY, R. T.; GALVIN, P.; ATKINSON, M.; TOMASINO, D. Efficacy of an emotional self-regulation program for promoting development in preschool children. **Global Advances in Health and Medicine Journal**, v. 1, n. 1, p. 36-50, 2012.

BRISTOL-MYERS SQUIBB. The heart of nuclear cardiology: An interactive primer. Em: NOTT, L. T. Nuclear cardiology seminar: practices and principles of nuclear cardiac imaging. [online]. Acesso em 13 Jul 2016, Disponível em: <http://nuclearcardiologyseminars.com/electrophysiology/autonomic/>

BROWN, R. P.; GERBARG, P.L. Sudarshan Kriya yogic breathing in the treatment of stress, anxiety, and depression. Part I – neurophysiological model. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 11, p. 189–201, 2005. (a)

BROWN, R. P.; GERBAG, P. L. Sudarshan Kriya Yogic breathing in the treatment of stress, anxiety, and depression. Part II – clinical applications and guidelines. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 11, n. 4, p. 711-7, 2005. (b)

BUCHHORN, R.; CONZELMANN, A.; WILLASCHEK, C.; STÖRK, D.; TAURINES, R.; RENNER, T. J. Heart rate variability and methylphenidate in children with ADHD. **Attention Deficit Hyperactivity Disorder**, v. 4, n. 2, p. 85-91, 2012.

CALKINGS, S. D.; GRAZIANO, P. A.; KEANE, S. P. Cardiac vagal regulation differentiates among children at risk for behavior problems. **Biological Psychology**, v. 74, p. 144-153, 2007.

CANNON, W. B. The wisdom of the body. New York: W. W. Norton & Company, Inc., 1932.

CANTIN, M.; GENEST, J. The heart as an endocrine gland. **Scientific American**, v. 254, n. 2, p. 76-81, 1986.

COOPER, S.; OBORNE, J.; NEWTON, S.; HARRISON, V. THOMPSON COON, J.; LEWIS, S.; TATTERSFIELD, A. Effect of two breathing exercises (Buteyko and pranayama) in asthma: a randomised controlled trial. **Thorax**, v. 58, p. 674–9, 2003.

COURTNEY, R. The functions of breathing and its dysfunctions and their relationship to breathing therapy. **International Journal of Osteopathic Medicine**, v. 12, p. 78-85, 2009.

COWIE, R.; UNDERWOOD, M. F.; READER, P. G. A randomised controlled trial of the Buteyko technique as an adjunct to conventional management of asthma. **Respiratory Medicine**, v. 102, p. 726 –, 2008.

CYSARZ, D.; BÜSSING, A. Cardiorespiratory synchronization during Zen meditation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 95, p. 88-95, 2005.

DAMASIO, A. R. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 351, n. 1346, p. 1413-20, 1996.

DARWISH, D.; ESQUIVEL, G. B.; HOUTZ, J. C.; ALFONSO, V. C. Play and social skills in maltreated and non-maltreated preschoolers during peer interactions. **Child Abuse Negl**, v. 25 (1), p. 13-31, 2001.

DAVIS, D. D.; TEMPLER, D. I. Neurobehavioral functioning in children exposed to narcotics in utero. **Addictive Behaviors**, v. 13, p. 275-283, 1988.

DEBOER, R. W.; KAREMAKER, J. M.; STRACKEE, J. Hemodynamic fluctuations and baroreflex sensitivity in humans: A beat-to-beat model. **American Journal of Physiology**, v. 253 (3 Pt 2), p. H680-9.

de CARVALHO, T.D.; WAJNSZTEJN, R.; de ABREU, L.C.; VANDERLEI, L.C.M.; GODOY, M.F.; ADAMI, F.; VALENTI, V.E.; MONTEIRO, C.B.; LEONE, C.; da CRUZ MARTINS, K.C.; FERREIRA, C. Analysis of cardiac autonomic modulation of children with attention deficit hyperactivity disorder. **Neuropsychiatric disease and treatment**, v. 10, p.613-618, 2014.

DeGANGLI, G.; DiPIETRO, J.; GREENSPAN, S.; PORGES, S. W. Psychophysiological characteristics of the regulatory disordered infant. **Infant Behavior and Development**, v. 14, p. 37-50, 1991.

DENHAM, S. A.; BURTON, R. Social and emotional prevention and intervention programming for preschoolers. New York: Kluwer-Plenum, 2003.

DERRYBERRY, D.; ROTHBART, M. K. Reactive and effortful processes in the organization of temperament. **Dev Psychopathol**, v. 55 (4), p. 633-52, 1997.

DODGE, K. A.; PETTIT, G. S.; BATES, J. E. Effects of physical maltreatment on the development of peer relations. **Dev Psychopathol**, v. 6 (1), p. 43-55, 1994.

- DRISCOLL, D., DICICCO, G. The effects of metronome breathing on the variability of autonomic activity measurements. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 23, p. 610–614, 2000.
- ECKBERG, D. L. Sympathovagal balance a critical appraisal. **Circulation**, v. 96, p. 3224–3232, 1997.
- ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA ONLINE. **Respiratory diseases**. Disponível em: <https://global.britannica.com/science/respiratory-disease/images-videos>. Acesso em: 12 de Jul 2016.
- EYRE, E. L.; DUNCAN, M. J.; BIRCH, S. L.; FISHER, J. P. The influence of age and weight status on cardiac autonomic control in healthy children: a review. **Autonomic Neuroscience**, v. 186, p. 8-21, 2014.
- FRIEDMAN, B. H. An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. **Biological Psychology**, v. 74, p. 185–199, 2007.
- FORD, M.J.; CAMILLERI, M.J.; HANSON, R.B. Hyperventilation, central autonomic control and colonic tonus in humans. **Gut**, v. 37, p. 499–504, 1995.
- GARDNER, W. N. The pathophysiology of hyperventilation disorders. **Chest**, v. 109, p. 516-534, 1996.
- GASHEV, A. A. Physiological aspects of lymphatic contractile functions: current perspectives. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 979, p. 178–187, 2002.
- GILBERT, C. Hyperventilation and the body. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 2, n. 3, p. 184-191, 1998.
- GOLEMAN, D. *Inteligência emocional: a teoria revolucionária que redefine o que é ser inteligente*. Trad.: Marcos Santarrita. Rio de Janeiro: Objetiva, 1995.
- GOPAL, K.; ANANTHARAMAN, V.; BALACHANDER, S.; NISHITH, S. D. The cardiorespiratory adjustments in ‘Pranayama’, with and without ‘Bandhas’, in ‘Vajrasana’. **Indian journal of medical sciences**, v. 27, p. 686–692, 1973.
- GREENBERG, M. T. Promoting resilience in children and youth: Preventive interventions and their interface with neuroscience. **Annals of the New York Academy of Science**, v. 1094, p. 139-150, 2006.
- GROSSMAN, P.; TAYLOR, E. W. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: Relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. **Biological Psychology**, v. 74, p. 263-285, 2007.
- GUTKOWSKA, J.; JANKOWSKI, M.; MUKADDAM-DAHER, S.; McCANN, S. M. Oxytocin is a cardiovascular hormone. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 33, n. 6, p. 625-633, 2000.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Tratado de fisiologia médica / Arthur C. Guyton, John E. Hall; tradução de Barbara de Alencar Martins... [et al.]. – Rio de Janeiro : Elsevier, 2006.

HALEY, D. W.; STANSBURY, K. Infant stress and parent responsiveness: regulation of physiology and behavior during still-face and reunion. **Child Development**, v. 74, p. 1534-1546, 2003.

HALPERN, M. Pranayama, Yoga, and Ayurveda. In: California College of Ayurveda. Disponível em: http://www.ayurvedacollege.com/articles/drhalpern/Pranayama_Yoga_Ayurveda. Acesso em: 19 jun 2016.

HASTINGS, P. D.; NUSELOVICI, J. N.; UTENDALE, W. T.; COUTYA, J.; McSHANE, K. E.; SULLIVAN, C. Applying the polyvagal theory to children's emotion regulation: Social context, socialization, and adjustment. **Biological Psychology**, v. 79, p. 299-306.

HEARTMATH. EmWave Pro. Disponível em: <http://store.heartmath.com/emwavepro>. Acesso em: 02 Set 2016.

HICKEY, J. E.; SUESS, P. E.; NEWLIN, D. B.; SPURGEON, L. Vagal tone regulation during sustained attention in boys exposed to opiates in utero. **Addictive Behaviors**, v. 2, n. 1, p. 43-59, 1995.

HIRSCH JA, BISHOP B. Respiratory sinus arrhythmia in humans: How breathing pattern modulates heart rate. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 241, p. H620-H629, 1981.

HUFFMAN, L. C.; BRYAN, Y.; DEL CARMEN, R.; PEDERSON, F.; DOUSSARD-ROOSEVELT, J.; PORGES, S. Infant temperament and cardiac vagal tone: assessments at twelve weeks of age. **Child Development**, v. 69, p. 624-635, 1998.

IYENGAR BKS. **Light on pranayama: the yogic art of breathing**. New York: Crossroad; 1998.

JERATH, R.; EDRY, J. W.; BARNES, V. A.; JERATH, V. Physiology of long pranayamic breathing: neural respiratory elements may provide a mechanism that explains how slow deep breathing shifts the autonomic nervous system. **Medical Hypotheses**, v. 67, p. 566-571, 2006.

JOHNSON, R. A. Respiratory alkalosis: a quick reference. **Veterinary Clinics Small Animal Practice**, v. 38, p. 427-430, 2008.

JONAS, W. B. Dictionary of complementary and alternative medicine. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 11(4), p. 739-740, 2005.

JOSEPH, C.; PORTA, C.; CASUCCI, G.; CASIRAGHI, N.; MAFFEIS, M.; ROSSI, M.; BERNARDI, L. Slow breathing improves arterial baroreflex sensitivity and decreases blood pressure in essential hypertension. **Hypertension**, v.46, p. 714-718, 2005.

KATZ, L. F. Domestic violence and vagal reactivity to peer provocation. **Biological Psychology**, v. 74, p. 154-164, 2007.

- KIM, H. J.; YANG, J.; LEE, M. S. Changes of heart rate variability during methylphenidate treatment in attention-deficit hyperactivity disorder children: A 12-week prospective study. **Yonsei Medical Journal**, v. 56, n. 5, p. 1365-1371, 2015
- KLIMES-DOUGAN, B.; BRAND, A. E.; ZAHN-WAXLER, C.; USHER, B.; HASTINGS, P. D.; KENDZIORA, K.; GARSIDE, R. B. Parental emotion socialization in adolescence: differences in sex, age and problem status. **Social Development**, v. 16, p. 326-342, 2007.
- KOENIG, J.; RASH, J. A.; KEMP, A. H.; BUCHHORN, R.; THAYER, J. F.; KAESS, M. Resting state vagal tone in attention deficit (hyperactivity) disorder: A meta-analysis. **World Journal of Biological Psychiatry**, v. 26, p. 1-15, 2016.
- KONNO, K.; MEAD, J. Measurement of separate volume changes of rib cage and abdomen during breathing. **Journal of Applied Physiology**, v. 22, p. 407-22, 1966.
- LEHRER, P.; SASAKI, Y.; SAITO, Y. Zazen and cardiac variability. **Psychosomatic Medicine**, v. 61, p. 812-821, 1999.
- LEITER, J.; JOHNSEN, M. C. Child maltreatment and school performance. **American Journal of Education**, v. 102 (1), p. 154-89, 1994.
- LIAO, D.; LI, X.; RODRIGUEZ-COLON, S.M.; LIU, J.; VGONTZAS, A.N.; CALHOUN, S.; BIXLER, E.O. Sleep Disordered Breathing and Cardiac Autonomic Modulation in Children. **Sleep Medicine**, v. 11, p. 484-488, 2010.
- LIN, I. M.; TAI, L. Y.; FAN, S. Y. Breathing at a rate of 5.5 breaths per minute with equal inhalation-to-exhalation ratio increases heart rate variability. **International Journal of Psychophysiology**, v. 91, p. 206-211, 2014.
- LITCHFIELD, P. M. A brief overview of the chemistry of respiration and the breathing heart wave. **California Biofeedback**, v. 10 (1), p. 1-11, 2003.
- LLOYD, A.; BRETT, D. WESNES, K. Coherence training in children with attention-deficit hyperactivity disorder: cognitive functions and behavioral changes. **Alternative Therapies in Health and Medicine**, v. 16, n. 4, p. 34-42, 2010.
- LONGIN, E.; DIMITRIADIS, C.; SHAZI, S.; GERSTNER, T.; LENZ, T.; KONIG, S. Autonomic Nervous System Function in Infants and Adolescents: Impact of Autonomic Tests on Heart Rate Variability. **Pediatric Cardiology**, v. 30, p. 311-324, 2009.
- LOPES, S. Bio. Saraiva: São Paulo, v. 2, 2002.
- LUENBERGER, D. G. **Introduction to dynamic systems: theory, models, and applications**. New York: John Wiley, 1979, 464 p.
- MAKIVIĆ, B.; NIKIĆ, M. D.; WILLIS, M.S. EDUCATION, P.; PAROVIĆA, B. Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. **JEPonline**, v.16, p. 103-131, 2013.

MASON, H.; VANDONI, M.; DE BARBIERI, G.; CONDRONS, E.; UGARGOL, V.; BERNARDI, L. Cardiovascular and respiratory effect of yogic slow breathing in the yoga beginner: what is the best approach? **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2013, p. 1-7, 2013.

McCARTY, R.; ATKINSON, M.; TOMASINO, D.; BRADLEY, R.T. The coherent heart: heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. **Integral Review**, v. 5, p. 10-115, 2009.

McCARTY, R.; CHILDRE, D. Coherence: Bridging personal, social, and global health. **Alternative Therapies in Health and Medicine**, v. 16, n. 4, p. 10-24, 2010.

McCARTY, R. Enhancing emotional, social, and academic learning with heart rhythm coherence feedback. **Biofeedback**, v. 33, n. 4, p. 130-4, 2005.

McCARTY, R.; ATKINSON, M.; TOMASINO, D.; GOELITZ, J.; MAYROVITZ, H. N. The impact of an emotional self-management skills course on psychosocial functioning and autonomic recovery to stress in middle school children. **Integrative Physiological and Behavioral Science**, v. 34, n. 4, p. 246-68, 1999.

McCARTY, R.; TILLER, W. A.; ATKINSON, M. Head-heart entrainment: a preliminary survey. Artigo apresentado no Key West Brain-Mind, Applied Neurophysiology, EEG Biofeedback 4th Annual Advanced Colloquium, Key West, FL, Fev. 1996.

McCARTY, R.; ATKINSON, M.; TILLER, W.; REIN, G.; WATKINS, A. D. The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. **The American Journal of Cardiology**, v. 76, n. 14, p. 1089-1093, 1995.

McHUGH, P.; AITCHESON, F.; DUNCAN, B.; HOUGHTON, F. Buteyko breathing technique for asthma: an effective intervention. **New Zealand Medical Journal**, v. 116, U710, 2003.

MEURET, A. E.; WILHELM, F. H.; RITZ, T.; ROTH, W. T. Feedback of end-tidal pCO₂ as a therapeutic approach for panic disorder. **Journal of Psychiatric Research**, v. 42, p. 560-568, 2008.

MOORE, G. A.; CALKINS, S. D. Infants' vagal regulation in the still-face paradigm is related to dyadic coordination of mother-infant interaction. **Developmental Psychology**, v. 40, p. 1068-1080.

MURRAY, K. T.; KOCHANSKA, G. Effortful control: factor structure and relation to externalizing behaviors. **J Abnorm Child Psychol**, v. 30 (5), p. 503-14, 2002.

MUZUMDAR, H.V.; SIN, S.; NIKOVA, M.; GATES, G.; KIM, D.; ARENS, R. Changes in heart rate variability after adenotonsillectomy in children with obstructive sleep apnea. **CHEST Journal**, v. 139, p.1050–1059, 2011.

NEGRAO, B. L.; BIPATH, P.; VAN DER WESTHUIZEN, D.; VILJOEN, M. Autonomic correlates at rest and during evoked attention in children with attention-deficit/hyperactivity disorder and effects of methylphenidate. **Neuropsychobiology**, v. 63, n. 2, p. 82-91, 2011.

- NISBET, L.C.; YIALLOUROU, S.R.; NIXON, G.V.; BIGGS, S.N.; DAVEY, M.J.; TRINDER, J.; WALTER, L.M.; HORNE, R.S.C. Nocturnal autonomic function in preschool children with sleep-disordered breathing. **Sleep Medicine**, v. 14, p. 1310–1316, 2013.
- NISBET, L.C.; YIALLOUROU, S.R.; WALTER, L.M.; HORNE, R.S.C. Blood pressure regulation, autonomic control and sleep disordered breathing in children. **Sleep Medicine reviews**, v.18, p. 179-189, 2014.
- OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Life skills for children and adolescents in schools. Geneve: OMS, 1997.
- OPAT, A.; COHEN, M.; BAILEY, M. A clinical trial of the Buteyko breathing technique in asthma as taught by a video. *Journal of Asthma*, v. 37, p. 557–64, 2000.
- PAL, G. K.; MADANMOHAN, S. Effect of short-term practice of breathing exercises on autonomic functions in normal human volunteers. **Indian Journal of Medical Research**, v. 120, p. 115–22, 2004.
- PAPRIKA, D.; GINGL, Z.; RUDAS, L.; ZÖLLEI, É. Hemodynamic effects of slow breathing: does the pattern matter beyond the rate? **Acta Physiologica Hungarica**, v. 101 (3), p. 273-281, 2014.
- PENG, C. K.; HENRY, I. C.; MIETUS, J. E.; HAUSDORFF, J. M. KHALSA, G.; BENSON, H.; GOLDBERGER, A. L. Heart rate dynamics during three forms of meditation. **International Journal of Cardiology**, v. 95, p. 19-27, 2004.
- PEREIRA Jr, A.; CRUZ, M.Z.; ANDRADE, R.S.C. **Uma introdução à filosofia das ciências da vida e da saúde**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012, 294 p.
- PHONGSUPHAP, S.; PONGSUPAP, Y.; CHANDANAMATTHA, P.; LURSINSAP, C. Changes in heart rate variability during concentration meditation. **International Journal of Cardiology**, v. 130, p. 481-484, 2008.
- PINNA, G.D.; MAESTRI, R.; LA ROVERE, M.T.; GOBBI, E.; FANFULLA, F. Effect of paced breathing on ventilatory and cardiovascular variability parameters during short-term investigations of autonomic function. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 290, p. H424–H433, 2006.
- PORGES, S.W. The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. **International Journal of Psychophysiology**, v. 42, p. 123-46, 2001.
- PORGES, S.W. The polyvagal perspective. **Biological Psychology**, v. 74, p. 116-43, 2007.
- PRAMANIK, T.; SHARMA, H. O.; MISHRA, S.; MISHRA, A.; PRAJAPATI, R.; SINGH, S. Immediate effect of slow pace bhastrika pranayama on blood pressure and heart rate. **The Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 15, p. 293-295, 2009.

RAUPACH, T.; BAHR, F.; HERRMANN, P.; LUETHJE, L.; HEUSSER, K., Hasenfuß, G.; BERNARDI, L.; ANDREAS, S. Slow breathing reduces sympathoexcitation in COPD. **European Respiratory Journal**, v. 32, p. 387–92, 2008.

RINCON, M. F. **Presion Arterial**. San Juan de Los Morros: SlideShare, 2014. Disponível em: <http://es.slideshare.net/miguelfloresrincon/presion-arterial-41628788>. Acesso em: 12 de Jul 2016.

RITZ, T.; THONS, M.; DAHME, B. Modulation of respiratory sinus arrhythmia by respiration rate and volume: stability across postures and volume variations. **Psychophysiology**, v.38, p. 858–862, 2001.

RITZ, T. Studying noninvasive indices of vagal control: the need for respiratory control and the problem of target specificity. **Biological Psychology**, v. 80, 158-168, 2009.

RUBIN, K. H.; BURGESS, K. B.; HASTINGS, P. D. Stability and social-behavioral consequences of toddlers' inhibited temperament and parenting behaviors. **Child Development**, v. 68, p. 467-483.

SHANNAHOF-KHALSA, D.; SRAMEK, B. B.; KENNEL, M. B.; JAMIESON, S. W.. Hemodynamic observations on a yogic breathing technique claimed to help eliminate and prevent heart attacks: a pilot study. **Journal of Alternative and Complementary Medicine**, v. 10, p. 757–66, 2004.

SHIELDS, R. W. Heart rate variability with deep breathing as a clinical test of cardiovagal function. **Cleveland Clinic Journal of Medicine**, v. 76 (2), p. 37-40, 2009.

SINGH, S.; MALHOTRA, V.; SINGH, K. P.; MADHU, S. V.; TANDON, O. P. Role of yoga in modifying certain cardiovascular functions in type-2 diabetic patients. **Journal of the Association of Physicians of India**, 52, 203-206, 2004.

SLADER, C.; REDDEL, H. K.; SPENCER, L. M.; BELOUSOVA, E. G.; ARMOUR, C. L.; BOSNIC-ANTICEVICH, S. Z.; THIEN, F. C. K.; JENKINS, C. R. Double blind randomised controlled trial of two different breathing techniques in the management of asthma. **Thorax**, v. 61, p. 651–6, 2006.

SUESS, P. E.; PORGES, S. W.; PLUDE, D. J. Cardiac vagal tone and sustained attention in school-age children. **Psychophysiology**, v. 31, p. 17-22, 1994.

TAKAHASHI, T.; MURATA, T.; HAMADA, T.; OMORI, M.; KOSAKA, H.; KIKUCHI, M.; YOSHIDA, H.; WADA, Y. Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation and their association with personality traits. **International Journal of Psychophysiology**, v. 55, p. 199-207, 2005.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, v. 17, p. 354-381, 1996.

TELLES, S.; NAGARATHNA, R.; NAGENDRA, H. R. Breathing through a particular nostril can alter metabolism and autonomic activities. **Indian journal of physiology and pharmacology**, v. 38, p. 133-133, 1994.

TELLES, S.; DESIRAJU, T. Oxygen consumption during pranayamic type of very slow-rate breathing. **Indian Journal of Medical Research**, v. 94, p. 357-63, 1991.

TILLER, W.A.; McCRATY, R.; ATKINSON, M. Cardiac coherence: a new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. **Alternative Therapies in Health Medicine**, v. 2, p. 52-65, 1996.

TWEEDALE, P.M.; ROWBOTTOM, I.; McHARDY, G.I. Breathing training: Effect on anxiety and depression scores in behavioural breathlessness. **Journal of psychosomatic research**, v. 38, p. 11-21, 1994.

URSACHE, A.; BLAIR, C.; RAVER, C. C. The promotion of self-regulation as a means of enhancing school readiness and early achievement in children at risk for school failure. **Child Development Perspectives**, v. 6, p. 122-128, 2012.

VAN DIXHOORN, J.; DUIVENVOORDEN, H. J.; STAAL, H. A.; POOL, J. Physical training and relaxation therapy in cardiac rehabilitation assessed through a composite criterion for training outcome. **American Heart Journal**, v. 118, p. 545-52, 1989.

VAN DIXHOORN, J.; Duivenvoorden H. Effect of relaxation therapy on cardiac events after myocardial infarction: a 5-year follow up study. **Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention**, v. 19, p. 178-85, 1999.

VANDERLEI, L.C.M.; PASTRE, C.M.; HOSHI, R.A.; CARVALHO, T.D.; GODOY, M.F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v.24, p. 205-17, 2009.

VANDERLEI, L.C.M.; PASTRE, C.M.; FREITAS JUNIOR, I.F.; GODOY, M.F. Analysis of cardiac autonomic regulation of in obese and eutrophic children. **Clinics**, v.65, p. 789-92, 2010.

VERN, B. A.; SCHUETTE, W. H.; LEHETA, B.; JUEL, V. C.; RADULOVACKI, M. Low-frequency oscillations of cortical oxidative metabolism in waking and sleep. **Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism**, v. 8, p. 215-226, 1988.

VLAHANDONIS, A.; WALTER, L.M.; HORNE, R.S.C. Does treatment of SDB in children improve cardiovascular outcome? **Sleep Medicine Reviews**, v. 17, p. 75-85, 2013.

WALTER, L.M.; NIXON, G.M.; DAVEY, M.J.; ANDERSON, V.; WALKER, A.M.; HORNE, R.S.C. Autonomic dysfunction in children with sleep disordered breathing. **Sleep and Breathing**, v. 17, p. 605-613, 2013.

WALTER, L.M.; BIGGS, S.N.; NISBET, L.C.; WEICHARD, A.J.; HOLLIS, S.L.; DAVEY, M.J.; ANDERSON, V.; NIXON, G.M.; HORNE, R.S.C. Improved long-term autonomic function following resolution of sleep-disordered breathing in preschool-aged children. **Sleep Breath**, v.20, p. 309-319, 2016.

WANG, Y. P.; KUO, T. B. J.; LAI, C. T.; CHU, J. W.; YANG, C. C. H. Effects of respiratory time ratio on heart rate variability and spontaneous baroreflex sensitivity. **Journal of Applied Physiology**, v. 115, p. 1648-1655, 2013. (a)

WANG, T. S.; HUANG, W. L.; KUO, T. B.; LEE, G. S.; YANG, C. C. H. Inattentive and hyperactive preschool-age boys have lower sympathetic and higher parasympathetic activity. **Journal of Physiological Sciences**, v. 63, p. 87-94, 2013. (b)

WILSON, G. S. Clinical studies of infants and children exposed prenatally to heroin. **Annals of New York Academy of Sciences**, v. 562, p. 183-194, 1989.

WINSLEY, R.J.; ARMSTRONG, N.; BYWATER, K.; FAWKNER, S G. Reliability of heart rate variability measures at rest and during light exercise in children. **British journal of sports medicine**, v. 37, p. 550-552, 2003.

WU, S. D.; LO, P. C. Inward-attention meditation increases parasympathetic activity: a study based on heart rate variability. **Biomedical Research**, v. 29, n. 5, p. 245-250, 2008.

YASUMA, F.; HYANO, J. Respiratory sinus arrhythmia: why does the heartbeat synchronize with respiratory rhythm? **Chest Journal**, v.125, p. 683-90, 2004.

ANEXO 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 466/12-CNS-MS)

O(A) seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa chamada “Efeitos da Meditação na Variabilidade da Frequência Cardíaca em Crianças Pré-Escolares”, que pretende estudar a capacidade das crianças em aprender e praticar a meditação.

O(A) seu(sua) filho(a) foi selecionado(a) a participar dessa pesquisa por sorteio, por estar na faixa etária de 5 a 6 anos e por apresentar plena saúde física e mental.

O projeto inclui aulas e práticas de meditação que serão ministradas na sala de leitura da escola. Os sinais cardíacos das crianças serão registrados antes e durante a prática da meditação, através de um sensor na orelha. O procedimento é não invasivo, indolor e ausente de quaisquer efeitos colaterais ou adversos. O procedimento tem por finalidade verificar, através da análise dos sinais cardíacos, se as crianças apresentam algum estado de relaxamento durante a prática da meditação. Isso mostra se elas são capazes de aprender e praticar a meditação, pois toda prática realizada adequadamente envolve um estado de relaxamento da mente e do corpo.

Muitos estudos mostram que a meditação traz benefícios para a saúde mental e física, como a redução do estresse, da ansiedade, da depressão, da pressão arterial, de problemas cardiovasculares e da dor crônica. A meditação também contribui para uma maior sensação de paz interna, de felicidade, de bem estar, melhora a autoestima e a capacidade de concentração. Como a infância é um período crucial para o desenvolvimento do cérebro, ensinar meditação para crianças é garantir que elas desenvolvam uma importante habilidade que poderá trazer muitos benefícios ao longo da vida.

Caso você não queira que seu(sua) filho(a) participe da pesquisa, é seu direito e isso não vai interferir em qualquer aspecto na relação da criança com a escola. Você poderá retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

É garantido total sigilo do nome e dos resultados da avaliação do(a) seu(sua) filho(a), em relação aos dados relatados nesta pesquisa.

Você receberá uma via deste termo, e outra via será mantida em arquivo pelo pesquisador por cinco anos.

Qualquer dúvida adicional, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa, através do fone: (14) 3880-1608 / 1609.

CONCORDO EM PARTICIPAR DA PESQUISA

Nome da criança

Nome do responsável:

Assinatura:

Data: ____/____/____ Assinatura: _____

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Pereira Junior, Distrito de Rubião Júnior, s/n. Fone: (14) 3880-0162. E-mail: apj@ibb.unesp.br
Pesquisadora: Marina Zuanazzi Cruz, R. José Ferraz de Carvalho, 605, Piracicaba-SP. Fone: (19) 3927-0281. E-mail: marinazc@hotmail.com

ANEXO 2

Uma introdução à Respiração – história contada às crianças através de teatro de fantoches

Juquinha sempre foi um menino esperto, alegre e brincalhão, mas naquele dia ele estava diferente. A Professora Ruth notou que alguma coisa havia acontecido e resolveu falar com ele:

Professora Ruth: Juquinha, o que aconteceu? Por que você está assim hoje?

Juquinha: Aconteceram muitas coisas Professora Ruth. Eu briguei com meu irmão em casa, porque ele fica me provocando, depois conta mentiras pra nossa mãe. Ele me irrita tanto que parece que vou explodir de tanta raiva. Depois, a mamãe veio, me deu uma bronca e me pôs de castigo. Vou ficar um mês sem brincar com o meu jogo preferido. Isso não é justo!

Professora Ruth: Calma, você está muito nervoso! Quando a gente fica muito nervoso, seja por raiva ou por medo, e a gente não consegue se controlar, acaba fazendo coisas erradas, que depois a gente se arrepende.

Juquinha: É verdade, Professora! Quando isso acontece, eu me sinto muito mal e não consigo me controlar.

Professora Ruth: Eu sei quem pode te ajudar! O Mestre Amitaba!!! Ele mora lá no alto da Montanha Encantada, onde nasce o Sol. Vá até lá e peça ajuda. Ele guarda um segredo precioso, que vai te ajudar a controlar suas emoções e a ficar calmo, sempre que quiser e precisar.

Juquinha: Obrigado Professora Ruth!

Juquinha se encheu de esperança! Estava ansioso para conhecer o precioso segredo que o iria ajudar. E assim, começou sua longa caminhada em direção à Montanha Encantada. Quando Juquinha chegou no topo da montanha, viu um homem velhinho sentado em silêncio sob os raios do Sol e havia muitos pássaros cantando felizes em volta dele. Parecia que ele irradiava paz. Juquinha pensou que deveria ser o Mestre Amitaba, então foi lá falar com ele.

Juquinha: Com licença, o senhor é o Mestre Amitaba?

Mestre Amitaba: Olá meu jovem, sim sou eu! Seja muito bem-vindo ao meu lar!

Juquinha: Obrigado! Eu sou o Juquinha. Vim falar com o senhor porque a Professora Ruth disse que o senhor sabe de um segredo precioso que pode me ajudar a ficar calmo e a controlar minhas emoções.

Mestre Amitaba: Sim, meu jovem, eu sei. Eu vou contar este segredo pra você, mas com uma condição...

Juquinha: Qual condição?

Mestre Amitaba: Que você cumpra uma missão, que eu vou lhe dizer no final.

Juquinha: Eu aceito! Faço qualquer coisa para conhecer este segredo.

Mestre Amitaba: Pois muito bem! Você está pronto?

Juquinha: Sim, estou!

Mestre Amitaba: Sente numa posição confortável, com as costas retas, os ombros e o corpo relaxados. Comece a respirar somente pelo nariz!

E Juquinha, muito empolgado, começa a respirar bem forte pelo nariz!

Mestre Amitaba: Calma, não precisa de tanto barulho! Pense que ninguém precisa ouvir o som da sua respiração.

E, então, Juquinha começa a respirar silenciosamente pelo nariz.

Mestre Amitaba: Muito bem! Agora, leve a sua atenção para a sua barriga. Imagine que existe um balãozinho lá dentro. Toda vez que você puxa o ar, o balãozinho enche e barriguinha sobe. E toda vez que você solta o ar, o balãozinho esvazia e a barriguinha desce.

E Juquinha começou a respirar como se tivesse um balãozinho na barriga. Enquanto ele respirava, sua barriguinha subia e descia, subia e descia...

Mestre Amitaba: Isso mesmo! Você está indo muito bem! Agora, o último passo: respire bem devagarzinho.

Não entendendo bem, Juquinha perguntou: Como assim devagarzinho?

Mestre Amitaba: Neste ritmo: 1, 2, 3, 4 (puxando o ar) ... 4, 3, 2, 1 (soltando o ar)

Juquinha: Ahh... agora entendi!

Mestre Amitaba: Você está vendo essas crianças todas nos assistindo? Por que você não pede ajuda pra elas?

Juquinha: Boa ideia! Crianças, vamos cantar? 1, 2, 3, 4 ... 4, 3, 2, 1 (ritmo de marchinha)

(Enquanto as crianças cantam, a contadora da estória modela a respiração com os movimentos abdominais, junto com Juquinha)

Juquinha: Muito obrigado crianças!

Mestre Amitaba: Muito bem Juquinha, você conseguiu! Como se sente?

Juquinha: Uau, isso é realmente incrível! Nunca pensei que a respiração tivesse todo esse poder! Estou me sentindo muito bem!

Mestre Amitaba: E você acaba de descobrir o segredo! Agora, você está pronto para a missão?

Juquinha: Sim, estou!

Mestre Amitaba: Já sou um homem velho e não quero que este segredo morra comigo. Volte e ensine todas as crianças!

Juquinha: Sim, senhor! Vou cumprir a missão! Pode confiar em mim!

Mestre Amitaba: Vá em paz e não se esqueça: é muito importante praticar todos os dias!

Então, Juquinha voltou para a escola, ansioso para compartilhar com todos os seus amiguinhos o precioso segredo que tinha aprendido.

Juquinha: Crianças, vamos praticar a respiração que o Mestre Amitaba ensinou?