



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA

RICARDO SOUSA SANTOS

INTERAÇÕES ENTRE MÚSICA, EMOÇÕES E DESEMPENHO
MATEMÁTICO: análise de fatores psicofisiológicos com acadêmicos de licenciatura
em matemática

BELÉM – PA
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICAS
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA

RICARDO SOUSA SANTOS

INTERAÇÕES ENTRE MÚSICA, EMOÇÕES E DESEMPENHO
MATEMÁTICO: análise de fatores psicofisiológicos com acadêmicos de licenciatura
em matemática

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências e Matemáticas, área de concentração Educação Matemática.

Orientador: Marcos Guilherme Moura Silva

Co-orientador: Tadeu Oliver Gonçalves

BELÉM – PA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S237i Santos, Ricardo Sousa.
Interações entre música, emoções e desempenho matemático :
análise de fatores psicofisiológicos com acadêmicos de licenciatura
em matemática / Ricardo Sousa Santos. — 2025.
147 f. : il. color.
- Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura-silva
Coorientador(a): Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de
Educação Matemática e Científica, Programa de Pós-Graduação em
Educação em Ciências e Matemáticas, Belém, 2025.
1. Educação Matemática. 2. Ansiedade Matemática. 3.
Música. 4. Regulação Emocional. 5. Variabilidade da
Frequência Cardíaca. I. Título.

CDD 370

RICARDO SOUSA SANTOS

**INTERAÇÕES ENTRE MÚSICA, EMOÇÕES E DESEMPENHO
MATEMÁTICO: análise de fatores psicofisiológicos com acadêmicos de licenciatura
em matemática**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências e Matemáticas, área de concentração Educação Matemática.

Belém, 31 de março de 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS GUILHERME MOURA SILVA**
Data: 23/04/2025 11:18:00-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Guilherme Moura Silva (Orientador – IEMCI/UFPA)

Documento assinado digitalmente
 **TADEU OLIVER GONÇALVES**
Data: 23/04/2025 19:26:38-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Tadeu Oliver Gonçalves (Co-orientador – IEMCI/UFPA)

Documento assinado digitalmente
 **JOAO BENTO TORRES NETO**
Data: 24/04/2025 09:13:01-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. João Bento Torres Neto (Avaliador Interno - IEMCI/UFPA)

Documento assinado digitalmente
 **ISABEL CRISTINA RODRIGUES DE LUCENA**
Data: 24/04/2025 22:35:33-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof.^a Dra. Isabel C. Rodrigues Lucena (Avaliadora Interna - IEMCI/UFPA)

Flavia H Santos  Digitally signed by Flavia H Santos
Date: 2025.04.29 12:42:14 +01'00'

Prof.^a Dra. Flávia H. dos Santos (Avaliador Externo - UCD)

Documento assinado digitalmente
 **JOAO RICARDO SATO**
Data: 29/04/2025 09:32:44-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. João Ricardo Sato (Avaliador Externo - UFABC)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, pois acredito que tudo d'Ele provém, inclusive a concretização deste sonho de me tornar Doutor. Peço-lhe incessantemente, que me preserve fiel e que nenhum nível de conhecimento ou título acadêmico me afaste do trabalho em sua messe, pois “Eu e minha casa serviremos ao Senhor” (Josué 24:15).

Agradeço também à minha esposa Iolanda e meus queridos filhos João Paulo e Antonio Emanuel, que conviveram com minha ausência em boa parte destes três anos de dedicação ao doutorado e sem os quais nada disso seria possível. Como se forma um doutor? A resposta a esta pergunta está além dos muros da universidade, pois a compreensão e dedicação daqueles que nos cercam é imprescindível. Não consigo contar as vezes em que precisamos jantar todos na mesma panela e sobre a bancada de estudos, por que eles queriam (e eu precisava) que estivéssemos juntos, mas eu não podia perder o “fio da meada” enquanto escrevia um ou outro parágrafo que hoje compõem este texto de tese. Agradeço ainda a meus pais, Roselice e Adailton, e meus irmãos Alison e Helder, juntamente com suas famílias, que desde sempre me apoiaram, por muitas vezes me deram suporte emocional e financeiro, para que pudesse estar aqui presente nas aulas e/ou grupo de estudos. Esse título também é de vocês!!!

Preciso cumprimentar também alguns amigos que contribuíram com o desenvolvimento deste curso: os Maestros Marcos do Vale e Eldimar Gomes, que me auxiliaram na seleção do repertório experimental; meus amigos irmãos Ana Paula e Glauco, por todo incentivo e apoio, à Comunidade Católica Sementes do Verbo, na pessoa da irmã Vitória, que sempre me acolheu prontamente quando precisei permanecer em Belém; A querida amiga professora Elisângela, que me incentivou a fazer o curso no IEMCI, sempre enfatizando as qualidades do programa de pós graduação. A todos os participantes da pesquisa, especialmente aqueles da UFNT, que estiveram comigo na fase empírica. À Universidade Federal do Norte do Tocantins que me concedeu licença para realização do curso e a todos os colegas de trabalho que por vezes precisaram cumprir minhas funções enquanto estive ausente.

Agradeço aos meus colegas da turma de doutorado, ingressantes em 2022, por todas as discussões e apresentações de trabalhos que fizemos, com certeza elas contribuíram significativamente com este processo de formação. Dentre todos os colegas, não poderia deixar de mencionar aqueles com quem tive um contato mais próximo

durante os três anos do grupo de pesquisa e que estiveram junto comigo na construção deste trabalho: Ana Mara, Ana Paula Pimentel, Mizael, Wallison e Wilza; me disponho e me comprometo publicamente a continuar com vocês até que concluam vossos trabalhos, assim como estiveram comigo até agora.

Estendo meu agradecimento à todos os professores do IEMCI, sem deixar de mencionar alguns de maneira especial, com os quais tive o privilégio de conviver durante este curso: Marcos Guilherme, orientador que com sua serenidade e paciência, sabe “naturalmente” nos propor desafios de pesquisa que imprimem outro nível de qualidade ao trabalho; Tadeu, que com seu jeito único, sabe como fazer um pós graduando estudar (por que que ninguém te convidou para estar aqui!!); João Bento, sem igual, a mente do grupo Mente, Cérebro e Educação, que consegue esclarecer de maneira fácil e didática conceitos complexos, fazendo com que todos ao seu redor se beneficiem de sua expertise e sabedoria. Por fim, a banca avaliadora que com suas intervenções contribuem com melhorias importantes para finalização desta tese.

A todos, muito obrigado!!!

RESUMO

Dentre os fatores que explicam o baixo desempenho em matemática está a sensação de tensão e medo frente a situações numéricas, constructo delineado na literatura como Ansiedade Matemática (AM). Considerando seus preditores, desenvolvemos esta tese com o objetivo de propor modelo de intervenção cognitivo comportamental com audição de música relaxante para Regulação Emocional e possível modulação do estado emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática. A interação entre música e emoções pode ser compreendida à luz do Modelo da Integração Neurovisceral que explica a relação intracorpórea, como a integração córtex pré-frontal-coração, examinada a partir do tônus vagal cardíaco e indexado por índices de Variabilidade da Frequência Cardíaca. Organizou-se esta tese no formato *multipaper* (múltiplos artigos) sendo que, no primeiro artigo descreveu-se uma proposta teórico-explicativa discutindo como a música influencia a AM, com a apresentação áreas neurais envolvidas nas manifestações subjacente da AM e de processamento auditivo emocional, considerando a VFC como indexador de tais manifestações. No segundo artigo disponibilizamos versão traduzida da escala de classificação da AM, possibilitando assim o mapeamento da população com alta AM, elegível à modelos de intervenção, logo, apresenta-se o processo de tradução, adaptação transcultural e validação de constructo do *Mathematics Anxiety Rating Scale: short version* (MARS-SV), escala de AM amplamente difundida internacionalmente, porém sem tradução para o português. No terceiro *paper* desenvolveu-se estudo experimental, constituído a partir da aplicação de teste matemático e funções executivas, enquanto registramos a frequência cardíaca de grupo de acadêmicos de licenciatura em matemática ($n = 26$), submetidos às condições experimentais, de controle e intervenção, em um desenho experimental cruzado intrasujeitos, com atividades experimentais pré e pós intervenção. O agrupamento, para fins de análise estatística ocorreu a partir de aplicação da Escala de Classificação de Ansiedade Matemática. Os resultados indicam a evocação de estados emocionais com audição de música relaxante, potencialmente eficazes na mitigação dos efeitos da AM, manifestados na ativação das redes de dor e medo, com envolvimento principalmente da Ínsula e Amígdala, entre outras estruturas dos sistemas límbico e paralímbico, que também são influenciadas por características internas da música tonal, executada em instrumentos de teclas ou cordas a uma faixa de 60 a 80 bpm. A audição de música relaxante influenciou o desempenho matemático dos acadêmicos de modo que os scores de desempenho foram significativamente superiores aos do instante pré intervenção. Infere-se que a melhora de desempenho é proveniente de condições emocionais favoráveis ao enfrentamento de atividades matemáticas, visto que, registrou-se melhora significativa de afetos negativos associada a aumento da complexidade da VFC, imediatamente antes da tarefa matemática na condição experimental de intervenção. Conclui-se que o desenvolvimento deste trabalho entrega à comunidade acadêmica perspectivas positivas ao ensino e aprendizagem da matemática, uma vez, teoricamente propôs-se um modelo explicativo da influência da música sobre a AM, que a partir desta produção passa a contar com instrumento específico de classificação da população acometida por suas manifestações, bem como a viabilidade de implementação de recursos auditivos no contexto escolar fundamental e/ou universitário.

Palavras-chaves: Educação Matemática. Ansiedade Matemática. Música. Regulação Emocional. Variabilidade da Frequência Cardíaca.

ABSTRACT

Among the factors that explain low performance in mathematics is the feeling of tension and fear when faced with numerical situations, a construct outlined in the literature as Mathematical Anxiety (MA). Considering its predictors, we developed this thesis with the objective of proposing a cognitive-behavioral intervention model with listening to relaxing music for Emotional Regulation and possible modulation of the emotional state of undergraduate mathematics students. The interaction between music and emotions can be understood in light of the Neurovisceral Integration Model that explains the intracorporeal relationship, such as the prefrontal cortex-heart integration, examined from the cardiac vagal tone and indexed by Heart Rate Variability indexes. This thesis was organized in the multipaper format (multiple articles), with the first article describing a theoretical-explanatory proposal discussing how music influences MA, with the presentation of neural areas involved in the underlying manifestations of MA and emotional auditory processing, considering HRV as an index of such manifestations. In the second article, we provide a translated version of the ML rating scale, thus enabling the mapping of the population with high ML, eligible for intervention models. Therefore, we present the process of translation, cross-cultural adaptation and construct validation of the Mathematics Anxiety Rating Scale: short version (MARS-SV), a ML scale widely used internationally, but without translation into Portuguese. In the third paper, an experimental study was developed, consisting of the application of a mathematical and executive functions test, while we recorded the heart rate of a group of undergraduate mathematics students ($n = 26$), subjected to experimental, control and intervention conditions, in a crossover experimental design within subjects, with experimental activities pre and post intervention. The grouping, for statistical analysis purposes, occurred from the application of the Mathematics Anxiety Rating Scale. The results indicate the evocation of emotional states when listening to relaxing music, potentially effective in mitigating the effects of MA, manifested in the activation of pain and fear networks, with involvement mainly of the Insula and Amygdala, among other structures of the limbic and paralimbic systems, which are also influenced by internal characteristics of tonal music, played on keyboard or string instruments at a range of 60 to 80 bpm. Listening to relaxing music influenced the mathematical performance of students so that the performance scores were significantly higher than those of the pre-intervention moment. It is inferred that the improvement in performance comes from emotional conditions favorable to facing mathematical activities, since a significant improvement in negative affects associated with an increase in the complexity of HRV was recorded immediately before the mathematical task in the experimental intervention condition. It is concluded that the development of this work provides the academic community with positive perspectives for the teaching and learning of mathematics, since, theoretically, an explanatory model of the influence of music on AM was proposed, which from this production onwards has a specific instrument for classifying the population affected by its manifestations, as well as the viability of implementing auditory resources in the elementary and/or university school context.

Keywords: Mathematical Education. Mathematical Anxiety. Music. Emotional Regulation. Heart Rate Variability.

Lista de Siglas e Abreviaturas

OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programme for International Student Assessment
AM	Ansiedade Matemática
AT	Ansiedade ao Teste
EM	Educação Matemática
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
PPGECM	Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas
IEMCI	Instituto de Educação Matemática e Científica
UFPA	Universidade Federal do Pará
CEP/ICS	Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde
CEP/UFNT	Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos
MARS-SV	Mathematics Anxiety Rating Scale: short version
AD	Ansiedade de Desempenho
MINV	Modelo de Integração Neurovisceral
RAC	Rede Autonômica Central
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
fMRI	Imagem por Ressonância Magnética Funcional
Ins	Ínsula
CC	Córtex Cingulado
Amg	Amígdala
MT	Memória de Trabalho
CI	Controle Inibitório
FE	Funções Executivas
RMP	Rede de Modo Padrão
EEG	Eletroencefalograma
CPF	Córtex Pré-frontal
Hy	Hipotálamo
TC	Tronco Cerebral
NTS	Núcleo do Trato Solitário
SNS	Sistema Nervoso Simpático
SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
PA	Pressão Arterial
NSA	Nodo Sinoatrial
NAV	Nodo Atrioventricular
ECG	Eletrocardiograma
SNC	Sistema Nervoso Central
SL	Sistema Límbico
CA	Córtex Auditivo
CTS	Córtex Temporal Superior
SA	Sistema Auditivo
RMSSD	Raiz Quadrada Média de Diferenças Sucessivas
pNN50	Porcentagem de Intervalos RR sinusais normais sucessivos com mais de 50 ms
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos RR normais
SD1	Desvio padrão – Plot de Poincaré Crosswise
LF	Baixa Frequência
LF/HF	Relação entre alta e baixa frequência – domínio da frequência
HF	Alta Frequência

ApEn	Entropia Aproximada
SampEn	Entropia da Amostra
NN50	Intervalos RR sinusais normais sucessivos com mais de 50 ms
DFAα1	Expoente de escala Fractal de curto prazo—Análise de Flutuação retificada
MARS	Mathematics Anxiety Rating Scale
MARS-R	Mathematics Anxiety Rating Scale: revised
sMARS	Short Mathematics Anxiety Rating Scale
AMAS	Abbreviated Math Anxiety Scale
MARS-A	Mathematics Anxiety Rating Scale for Adolescents
MARS-E	Mathematics Anxiety Rating Scale for Elementary School Students
AFC	Análise Fatorial Confirmatória
T1	Tradutor 1
T2	Tradutor 2
CCI	Curvas Características dos Itens
CIT	Curvas de Informação do Teste
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
CFI	Comparative Fit Index
TLI	Tucker-Lewis Index
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SRMR	Standardized Root Mean Square Residual
WLSMV	Weighted Least Squares Mean and Variance Adjusted
DM	Desempenho Matemático
RE	Regulação Emocional
IDATE	Inventário de Ansiedade-Traço
FC	Frequência Cardíaca
PEBL	The Psychology Experiment Building Language
PANAS	Positive and Negative Affect Schedule
TDM	Teste de Desempenho Matemático
FFT	Transformada Rápida de Fourier
AR	Autorregressivos
dB	Decibéis

Lista de Figuras

Figura 1: Organização esquemática do Modelo de Integração Neurovisceral...	38
Figura 2: Registro básico da atividade elétrica do coração por ECG.	39
Figura 3: Registro do traçado de ECG indicando o tempo transcorrido entre picos de as ondas R.....	40
Figura 4: Sistema Auditivo (SA).	42
Figura 5: Curso do sinal neural da Cóclea ao Córtex Auditivo.....	43
Figura 6: Representação ilustrativa da influência da Música sobre a Ansiedade Matemática	48
Figura 7: Esquema da influência da música sobre a AM.....	49
Figura 8: Recorte da escala MARS-SV d.....	61
Figura 9: Esquema do processo de tradução e adaptação transcultural de escalas autorrelatadas..	62
Figura 10: Teste de Mardia para distribuição multivariada de normalidade	71
Figura 11: Modelo de equações estruturais do MARS-SV Português brasileiro.....	72
Figura 12: Curvas de informação dos itens do MARS-SV Português brasileiro	74
Figura 13: Curvas de Informações do Teste para os fatores latentes do MARS-SV.....	74
Figura 14: Escala MARS-SV	92
Figura 15: Orientação de análise do MARS-SV.....	92
Figura 16: Inventário de Ansiedade Traço Estado (IDATE).....	93
Figura 17: Escala de Afetos Positivos e Negativos (PANAS).	95
Figura 18: Organização estrutural do Mathproc.....	97
Figura 19: Teste de Controle Inibitório Number-stroop	98
Figura 20: Sequência de estímulos da tarefa n-back,.	99
Figura 21: Sensor de frequência cardíaca Polar H10	101
Figura 22: Desenho experimental desenvolvido.....	102
Figura 23: Condição Experimental Intervenção.	104
Figura 24: Condição experimental: controle	106
Figura 25: Traçado de desempenho na tarefa matemática.	108
Figura 26: Interação Condição*Momento*N_AM.....	109
Figura 27: Traçado dos scores afetos positivos e negativos	110
Figura 28: Registro do índice não linear SampEn	111
Figura 29: Registro do índice HF ao longo da seção experimental.....	112

Lista de Tabelas

Tabela 1: Indicadores de ajuste do modelo MARS-SV e MARS-SV _R , Português brasileiro	71
Tabela 2: Parâmetros individuais e cargas fatoriais dos itens do MARS-SV Português brasileiro.	73
Tabela 3: Testes de Omnibus de efeitos fixos para a proporção de acerto em tarefa matemática	108
Tabela 4: Testes de Omnibus de efeitos fixos para escalas autorrelatadas..	109
Tabela 5: Comparações Post Hoc da interação Condição*Momento.....	110

Sumário

1	Introdução.....	15
1.1	Questão norteadora	19
1.2	Objetivos	20
1.3	Estrutura da Tese.....	21
1.4	Aspectos Éticos	21
1.5	Artigos da Tese	22
2	Como a música influencia a Ansiedade Matemática: um modelo teórico	25
2.1	Introdução	25
2.2	Ansiedade Matemática: o que é, preditores e consequências neurofisiológicas.....	28
2.3	Bases neurais da Ansiedade Matemática	34
2.4	Modelo de Integração Neurovisceral: a Variabilidade da Frequência Cardíaca como indexador de estado emocional	37
2.5	Bases neurais da audição musical sobre a ansiedade e desempenho matemático.....	41
2.6	Discussão	46
2.7	Considerações	50
2.8	Referências.....	51
3	Escala de Avaliação de Ansiedade Matemática - versão curta (MARS- SV): tradução, adaptação transcultural e validação para o Português brasileiro.....	58
3.1	Introdução	58
3.2	Escala de Classificação da Ansiedade Matemática: versão curta (MARS- SV).....	60
3.3	Método	61
3.4	Resultados e Discussão	64
3.5	Considerações	75

3.6	Referências.....	76
4	Efeito agudo da música sobre a regulação emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática e seus impactos no desempenho aritmético: considerações sobre Funções Executivas, Ansiedade Matemática e Variabilidade da Frequência Cardíaca	79
4.1	Introdução	79
4.2	Ansiedade Matemática.....	84
4.3	Efeitos da música sobre a Regulação Emocional e a Ansiedade Matemática... ..	85
4.4	Modelo de Integração Neurovisceral: a VFC como indexador do estado emocional.... ..	86
4.5	Materiais e Métodos.....	88
4.6	Resultados	107
4.7	Discussão	112
4.8	Referências.....	117
5	Considerações	123
6	Referências	125
7	Anexos e Apêndices	129
7.1	Parecer CEP/UFPA	130
7.2	Parecer CEP/UFNT	134
7.3	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	138
7.4	Escala de Classificação de Ansiedade Matemática – Breve versão	141
7.5	Escala de Afetos Positivos e Negativos	143
7.6	Inventário de Ansiedade Traço	144
7.7	Inventário de Ansiedade Estado.....	145
7.8	Ficha de Anamnese	146
7.9	Ficha de Registro Diário	147

1 Introdução

O desempenho acadêmico nas áreas de matemática, leitura e ciências é avaliado internacionalmente a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) por meio do *Programme for International Student Assessment* (PISA) e os resultados da última edição do programa tem mostrado tendência decrescente para os scores avaliativos em todo o globo, com algumas exceções, como Canadá e Singapura, que tem registrado desempenho satisfatório, posicionando-se acima da média de países integrantes da OCDE. A avaliação da área de matemática caiu em nível recorde, com o desempenho médio 15 pontos abaixo do que foi registrado em 2018, sendo que, dos 81 países e economias participantes apenas 18 mantiveram-se acima da média global (PISA 2022 Results (Volume I), 2023).

No Brasil, a situação é preocupante, pois, os resultados da primeira década de avaliação (2003 – 2012) mostram melhora considerável nos scores para a área de matemática (Pereira; Moreira, 2020; PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III), 2013), quando comparadas as médias de 2003 (356 pontos) e 2012 (391 pontos), entretanto, a avaliação após este período tem evidenciado flutuações sem significância estatística, sendo que, na última avaliação realizada em 2022 a média foi de 379 pontos, mantendo-se abaixo da média internacional (480 pontos), fazendo a proporção de estudantes com pontuação abaixo do nível básico de proficiência (nível 2) no país, chegar a 73%, enquanto a média dos países integrantes da OCDE é de 31% (PISA 2022 Results (Volume I), 2023).

Dentre outros, um dos fatores que explica os scores de desempenho na área, é o comportamento de evitação provocado pelos altos níveis de Ansiedade Matemática (AM) dos estudantes, relatada pela primeira vez na avaliação de 2012 (PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III), 2013), em que a associação negativa entre o desempenho e AM pode ser notada em todos os sistemas educacionais participantes da última versão do PISA, independente do perfil dos alunos e/ou das escolas (PISA 2022 Results (Volume I), 2023). Portanto, sendo o estado emocional preditor do nível de desempenho acadêmico, as discussões científicas passam a considerar modelos específicos, como Ansiedade ao Teste (AT) e Ansiedade Matemática em ambientes escolares, com os pressupostos fundamentados na Ansiedade Geral.

O fundamento básico da ansiedade geral é a sensação ou percepção de medo (Friedman, 2007) frente a situações ameaçadoras, no caso da AM os preditores são situações

que envolvem não somente a matemática acadêmica (Feng; Suri; Bell, 2014; Xin; Xiao; Lin, 2023), e manifestam como resposta a preparação para a fuga da ameaça iminente, seja com a evitação de situações matemáticas ou a opção por respostas imediatas, quando não se pode evitar tais ocasiões. Por outro lado, as respostas fisiológicas acontecem no âmbito no sistema nervoso com o aumento da atividade em suas ramificações, implicando a dinâmica cardiovascular e influenciando processos fisiológicos diversos (Domingues et al., 2022; Lyons; Beilock, 2012; Moura-Silva, 2019). Elevados níveis de ansiedade comprometem a inibição de respostas à ameaça com a manutenção do estado de vigilância frente à situação matemática que provoca o enrijecimento de processos cognitivos (Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Friedman, 2007), com limitação de capacidade de funções essenciais à aprendizagem (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Maloney; Beilock, 2012).

A Ansiedade Matemática é globalmente prevalente (PISA 2022 Results (Volume I), 2023) e suas manifestações acometem pessoas em uma ampla faixa etária, com registros na literatura que apresentam relatos desde crianças em idade escolar, entre os 6 e 12 anos (Alanazi, 2020; Arias Rodriguez et al., 2019), dos 13 aos 17 (Choi-Koh; Ryoo, 2019; Huang; Huang; Wu, 2014) e também em adultos jovens, a partir dos 18 anos (Alkhateeb, 2002; Batchelor, 2015), inclusive professores de matemática (Oliveira; Silva, 2024; Szczygieł, 2020). Soma-se a isto a influência de fatores de gênero ou estereótipos sociais (Beilock et al., 2010; Szczygieł, 2020).

A discussão sobre a relação de causalidade entre AM e desempenho pode ser compreendida em pelo menos três perspectivas, sendo que, por um lado a AM causa mau desempenho, por outro, mau desempenho provoca AM e, em uma terceira vertente, as duas primeiras relações interagem estabelecendo um ciclo que se retro alimenta sem que se possa determinar o que acontece primeiro (Carey et al., 2016). Neste sentido, notam-se elevados níveis de AM, de professores em início de carreira, especialmente quando o docente recém formado enfrenta dificuldades em transpor o conhecimento universitário para o conhecimento escolar ou cotidiano (Campos, 2023), com a AM de professoras influenciando o desempenho de seus estudantes (Beilock et al., 2010; Figueira; Gusmão; Freitas, 2023).

Diante disto, pode-se hipotetizar a plausibilidade de início do ciclo de desenvolvimento da AM, determinando a correlação negativa entre AM e desempenho ainda na educação básica, visto que altos níveis de AM de professores(as) tem influenciado tanto no desempenho matemático como no nível de AM de seus estudantes, logo, compreendemos ser relevante a investigação do estado emocional de acadêmicos em formação docente na

área de matemática, levando-se em consideração aspectos relacionados ao Sexo e à Ansiedade Matemática, visto que, conforme discutido, esta é uma ocorrência comum entre professores recém formados.

Da perspectiva neurocientífica, as manifestações emocionais no âmbito fisiológico, dentre as quais incluímos a AM, vêm sendo registradas por pesquisas de diversas áreas, dentre elas Educação Matemática (EM) e Psicologia com apresentação de contribuições relevantes que evidenciam seus efeitos na dinâmica cardiovascular, influenciando índices de Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) (Cruz-López et al., 2024; Moura-Silva, 2019), além de déficits de desempenho de funções essenciais ao tratamento matemático (Domingues et al., 2022; Luttenberger; Wimmer; Paechter, 2018). Outras linhas de investigação têm proposto modelos de Regulação Emocional com o objetivo de mitigar os efeitos da AM (Alanazi, 2020; Arias Rodriguez et al., 2019; Feng; Suri; Bell, 2014; Gan; Lim; Haw, 2016; Wang et al., 2020). Reconhecendo o avanço da ciência no que tange a proposição de teorias explicativas acerca da Ansiedade Matemática, juntamo-nos a estes últimos e buscamos construir neste trabalho uma proposta de intervenção sobre o estado emocional, com alcance à AM, na qual utilizamos como ferramenta principal a música, por compreender que há um entrelaçamento entre componentes externos e neurofisiológicos desta com a matemática e estados emocionais.

Do ponto de vista neuropsicológico, observa-se que o estudo da matemática envolve a articulação de conceitos e símbolos de linguagem específica, prática que requer desempenho considerável da memória, que pode ser aprimorada a partir do envolvimento com atividades musicais (Zatorre; Salimpoor, 2013). Outro requisito para o tratamento matemático diz respeito ao desenvolvimento de habilidades espaço-temporais, que, dentre outras práticas, se estabelece com as previsões de tempos, a partir de ritmos musicais (Holmes; Hallam, 2017), fator que fundamenta práticas de atividades com foco no desenvolvimento da musicalidade e/ou do reconhecimento de conceitos matemáticos, como contagem e fração. A capacidade de inibição de estímulos distratores, relevante na aprendizagem matemática, também pode ser influenciada pela audição musical (Hennessy et al., 2019; Moreno; Farzan, 2015; Xiao et al., 2020). Dentre outros, aspectos relevantes do envolvimento com atividades musicais na aprendizagem matemática, encontram-se: melhorias nos variados processos de memória (Ilari, 2003; Zatorre; Salimpoor, 2013); desenvolvimento de habilidades espaço-temporais (Holmes; Hallam, 2017; Karlimah,

2018), e; práticas que aprimoram o poder de inibição de estímulos irrelevantes (Hennessey et al., 2019; Moreno; Farzan, 2015).

Em outra perspectiva, considerando que o estado emocional também influencia a aprendizagem matemática (Ashcraft, 2002; Balt; Börnert-Ringleb; Orbach, 2022; Moura-Silva, 2019), e a música tem potencial de modulação deste (Feng; Suri; Bell, 2014; Gan; Lim; Haw, 2016; Zatorre; Salimpoor, 2013), a depender do tipo de música que se está ouvindo, fenômeno explicado à luz da neurobiologia da cognição musical, a partir do argumento da sensibilidade de previsões (Zatorre; Salimpoor, 2013), entendemos ser razoável o estudo desta ocorrência, com o objetivo de modular o estado emocional induzindo o aprendiz a uma condição favorável e, deste modo, trazendo implicações positivas à aprendizagem/desempenho matemático.

A influência do estado emocional sobre a cognição matemática, como discutido anteriormente, pode ocorrer pela manifestação de reações emocionais ocasionalmente extremas, sem que haja um fator provocativo, fenômeno observado a partir do ponto de vista da Ansiedade Matemática, ou mesmo, na opção profissional, quando o indivíduo altamente ansioso passa a evitar carreiras em que possivelmente será submetido a situações matemáticas (Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Moura-Silva, 2019). Discutiu-se também que a prevalência da AM não se restringe às crianças em idade escolar, ou mesmo está restrita ao contexto da sala de aula, mas se estende à faixa etária em que decisões relevantes, com impactos individuais e sociais de longo prazo, como escolhas profissionais, podem impactar o desempenho do indivíduo como um todo, não só na fase acadêmica, mas em decisões como de um simples ato de compra ou na organização financeira, por exemplo (Feng; Suri; Bell, 2014; Xin; Xiao; Lin, 2023).

Evidências que apontam para consequências deletérias da AM sobre o desempenho matemático (Domingues et al., 2022; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Moura-Silva, 2019) justificam processos de intervenções que vêm sendo testados e adotados com o objetivo de mitigar seus efeitos na população com alta Ansiedade Matemática (Alanazi, 2020; Arias Rodriguez et al., 2019; Huang; Huang; Wu, 2014; Passolunghi; De Vita; Pellizzoni, 2020). Estas, assumem técnicas e estratégias variadas, classificadas em grupos definidos como Intervenções Matemáticas ou Apoio Cognitivo, Intervenções Cognitivo-comportamentais ou Regulação das Emoções e Outras Intervenções (Balt; Börnert-Ringleb; Orbach, 2022; Sammallahiti et al., 2023).

Neste sentido, considerando os impactos da Ansiedade Matemática no processo educativo, mais especificamente a AM de professores de matemática, o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, dentre outros fatores, voltamo-nos para nicho específico e nos propomos a investigar o tema em adultos jovens em formação docente para atuar no ensino de matemática, para os quais altos níveis de ansiedade matemática podem perpetuar o comportamento de evitação em seus alunos (Beilock et al., 2010; Campos, 2023; Szczygieł, 2020; Wilson, 2012).

Para tanto, conduzimos estudo de abrangência teórico-experimental, iniciando com a proposição de modelo teórico da influência da música sobre a Ansiedade Matemática, passando por um processo tradução e validação de instrumento específico de classificação da AM, culminando em estudo empírico que investiga a implementação de intervenção musical sobre adultos jovens em formação docente, em dois ambientes distintos, com (intervenção) e sem (controle) música, nos quais foram realizados testes matemáticos e de funções executivas, enquanto se registrou a frequência cardíaca dos participantes. Portanto, buscando reunir a tríplice: Música, Educação Matemática e Formação de Professores; apresentamos esta pesquisa, a fim de defender a seguinte tese: ***A intervenção musical aguda modula o estado emocional influenciando o tônus vagal e o desempenho matemático de acadêmicos de licenciatura em matemática.***

1.1 Questão norteadora

O desenvolvimento desta investigação fundamenta-se em aspectos gerais da formação de professores de matemática, do qual, exigem-se resultados quanto à aprendizagem e desempenho de seus alunos, sempre partindo do princípio que estes estão aptos a aprender. Entretanto, evidências neurocientíficas têm sugerido que fatores emocionais comprometem a aprendizagem, que por sua vez interfere negativamente no desempenho acadêmico e cotidiano, de boa parte dos estudantes ao redor do mundo, inclui-se aqui o Brasil, e os índices de avaliação internacionais apontam, se não para o declínio, certamente, para a estagnação do desempenho na área de matemática (PISA 2022 Results (Volume I), 2023).

As questões supramencionadas são temas de discussões constantes da linha de pesquisa Mente, Cérebro e Educação no âmbito do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM), vinculado ao Instituto de Educação

Matemática e Científica (IEMCI) subunidade da Universidade Federal do Pará (UFPA). O referido PPG tem como objetivo primário fomentar a formação de pesquisadores na área de Educação em Ciências e Matemáticas de tal modo que as pesquisas desenvolvidas alcancem a formação de professores e promovam aprimoramento e inovação das práticas pedagógicas em suas respectivas áreas de atuação. Portanto, o trabalho ora desenvolvido é produto da interação acadêmica e institucional, subsidiada em primeira instância pelas disciplinas do curso de doutorado, bem como, das discussões desenvolvidas no grupo ligado à linha Mente, Cérebro e Educação.

Deste modo, buscando contribuir com o processo de ensino e aprendizagem da matemática acadêmica, que pode reverberar em sua prática cotidiana, definiu-se como questão norteadora desta tese: ***Como a música pode modular o estado emocional, influenciando o tônus vagal cardíaco, com efeitos na AM, induzindo a melhora de desempenho matemático de acadêmicos de licenciatura em matemática?***

1.2 Objetivos

Considerando os argumentos apresentados, afim de sistematizar uma proposta que atenda aos requisitos de cientificidade exigidos pela comunidade acadêmica, responder à questão de pesquisa e então apresentar evidências que corroborem à defesa da tese apresentada anteriormente delineamos os seguintes objetivos.

1.2.1 Objetivo Geral

Propor modelo de regulação emocional a partir de intervenção com música relaxante para modulação do estado emocional, com alcance à Ansiedade Matemática e redução dos seus efeitos em acadêmicos de licenciatura em matemática.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever a influência da música na regulação emocional e seus impactos na modulação da Ansiedade Matemática;
- Traduzir, adaptar e validar a escala de classificação da Ansiedade Matemática (MARS-SV) para o Português brasileiro;
- Analisar o efeito agudo da música sobre a regulação emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática, seus impactos no desempenho matemático, associações

com Sexo, Funções Executivas, Ansiedade Matemática e Variabilidade da Frequência Cardíaca;

1.3 Estrutura da Tese

Propõe-se esta tese com arranjo *multipaper* (múltiplos artigos), prática comum em outras áreas de pesquisas e encorajado para a área da Educação e Educação Matemática (Batista, 2020; Duke; Beck, 1999). O conjunto de artigos proposto deve alcançar o objetivo geral da tese de forma independente, porém, articulada, em que cada artigo se propõe a contemplar individualmente, os objetivos específicos delimitados *a priori*. Entendemos que, esta configuração favorece a formação do pesquisador, no que tange, à três perspectivas, simultaneamente: prática da pesquisa científica, o poder de síntese e a ampla divulgação acadêmica (Duke; Beck, 1999; Souza, 2012), haja vista a limitação de alcance impostas pelas ferramentas de busca *on-line*, às teses organizadas conforme os modelos tradicionais.

Todavia, salienta-se que, em virtude de temas comuns abordados nos artigos, por vezes, nota-se repetidamente a definição de alguns conceitos, entretanto, tivemos o cuidado de descrevê-los com mais detalhes no artigo em que tal conceito exerce função global, prestando suporte à interpretação dos achados descritos no outro artigo, por exemplo: o Modelo de Integração Neurovisceral, discutido de maneira ampla no artigo I é retomado no artigo que analisa os efeito agudo da música sobre o estado emocional (artigo III), por entendermos a necessidade de justificação do indexador de estado emocional e desempenho de funções executivas no referido trabalho.

Por fim, o conjunto de artigos é precedido de capítulo introdutório que discorre, em linhas gerais, acerca do problema de pesquisa, apresentando o tema, bem como, elementos indispensáveis à compreensão da tese defendida. Por fim, aloca-se o capítulo conclusivo que tem função de sintetizar os resultados dos artigos e agrupá-los de tal forma que a tese defendida seja enfatizada.

1.4 Aspectos Éticos

A pesquisa científica envolvendo seres humanos é regulamentada pela legislação brasileira sob a égide da Resolução nº 466/2012, da Norma Operacional nº 001/2013, dentre outras, ambas do Conselho Nacional de Saúde com objetivo de oferecer “respeito pela dignidade humana e pela especial proteção devida aos participantes das pesquisas científicas

envolvendo seres humanos” (Brasil, 2011, p. 1). Neste sentido, o projeto de realização desta investigação foi submetido aos Comitês de Ética em Pesquisa das duas universidades federais proponentes, em que os pesquisadores estão vinculados, sendo aprovado em ambos, com os seguintes pareceres (em anexo):

- Universidade Federal do Pará: Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências da Saúde – CEP/ICS, parecer nº **6.450.671**.
- Universidade Federal do Norte do Tocantins: Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/UFNT, parecer nº **6.888.727**.

O projeto de pesquisa foi submetido em dois comitês de ética, pelo fato de diferentes etapas da investigação terem sido realizadas em localidades distintas, sendo que para o artigo III os participantes são acadêmicos do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins, logo o projeto foi submetido ao CEP/UFNT. Para o artigo II a amostra de participantes contempla as cinco regiões do Brasil, entretanto, considerando o vínculo acadêmico do programa de pós-graduação submetemos o projeto ao CEP/UFPA. Todas as atividades desenvolvidas no âmbito da pesquisa foram previstas no projeto aprovado pelos CEPs supracitados, dos quais os pareceres subsidiam a legalidade do processo ora desenvolvido.

1.5 Artigos da Tese

1.5.1 ARTIGO I: Como a música influencia a Ansiedade Matemática: um modelo teórico

O primeiro artigo tem como objetivo determinar, a partir dos registros na literatura, como diferentes perspectivas de estados emocionais são moduladas pela música, para então, a partir das evidências descritas inferir em que termos acontece a modulação da AM a partir de intervenção musical. Para tanto, descrevemos as bases neurais da Ansiedade Matemática, com ênfase nas estruturas e conexões funcionais estabelecidas com suas manifestações na dinâmica cardiovascular, descritas em termos de índices de Variabilidade da Frequência Cardíaca, para então, a partir destas estabelecer relações com as bases neurais subjacentes à Regulação Emocional induzida pela música.

A construção do modelo fundamenta-se em artigos científicos, onde priorizou-se estudos de revisão, entretanto foram considerados também, estudos com foco na atividade

cerebral a partir de técnicas variadas de neuroimagem. Abordamos também aspectos de regulação emocional expressos por índices de VFC como indexador de estado emocional, frente a audição musical. Os resultados apontam que as estruturas e redes neurais envolvidas no processamento auditivo são comuns àquelas implicadas nas manifestações da AM, entretanto, enquanto a AM causa hiperatividade na Amígdala, por exemplo, a audição de musical reduz a atividade nesta estrutura que é considerada um centro gerenciador de emoções. Concluímos que a música de ritmo lento tem potencialidades de regulação emocional que podem arrefecer o nível de AM.

1.5.2 ARTIGO II: Escala de Avaliação de Ansiedade Matemática - versão curta (MARS-SV): tradução, adaptação transcultural e validação para o Português brasileiro

No segundo artigo propõe-se versão traduzida da escala de classificação da AM, (utilizada neste estudo para classificação dos participantes do artigo III), com a índices de validade para utilização em todo o território nacional, possibilitando assim o mapeamento da população com alta AM, elegível à modelos de intervenção. Logo, apresenta-se o processo de tradução, adaptação transcultural e validação de constructo do *Mathematics Anxiety Rating Scale: short version* (MARS-SV), instrumento amplamente difundido internacionalmente, porém sem tradução para o português.

O estudo foi conduzido assumindo como referência as sugestões de Beaton et al., (2000), no qual o trânsito pelos estágios do processo de tradução, adaptação e validação evidenciam a importância de instrumentos desta natureza disponíveis em língua portuguesa, para o avanço da ciência local, mais especificamente na contribuição à Educação Matemática como área de pesquisa, que passa a oferecer ao seus, possibilidades de classificação da AM no público de perfil semelhante aos desta investigação. Os resultados, descritos e discutidos em tópicos que apresentam separadamente a dimensão qualitativa, que evidencia a importância do processo de adaptação quando considera questões culturais, de ordem conceitual e organizacional internas da nação, e quantitativa que atesta a validade e confiabilidade da versão apresentada, tendo sua análise psicométrica apresentado dados convergentes à versão original em língua inglesa.

1.5.3 ARTIGO III: Efeito agudo da música sobre a regulação emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática e seus impactos no desempenho aritmético: considerações sobre Funções Executivas, Ansiedade Matemática e Variabilidade da Frequência Cardíaca

A análise do efeito agudo da música sobre a regulação emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática foi conduzida a partir de estudo experimental, constituído de aplicação de teste matemático e funções executivas, enquanto registramos a frequência cardíaca do grupo ($n = 26$), submetido às condições experimentais, de controle e intervenção, pré e pós intervenção e agrupados para fins de análises estatística, a partir de aplicação de Escala de Classificação de Ansiedade Matemática, em alta AM e baixa AM, além de análises considerando o sexo como covariável.

Levando-se em conta os apontamentos do primeiro artigo desenvolvido neste trabalho, quanto às possibilidades de regulação emocional induzida pela música, com possível alcance às manifestações da AM, estruturamos as sessões estabelecendo condições experimentais em um *designer crossover* em que os participantes realizaram testes computadorizados de matemática e funções executivas sempre após responderem escalas autorrelatadas de ansiedade e afetos positivos e negativos. Durante todo o experimento gravamos a frequência cardíaca dos participantes afim de obter dados referentes a VFC. As análises estatísticas foram conduzidas com testes do tipo Modelo Linear Misto, em que consideramos como ponto de corte para significância estatística valores de $p \leq 0,05$, após a verificação de pressupostos.

Os resultados apontam desempenho aritmético significativamente superior em tarefa matemática difícil associados a redução do nível de afetos negativos logo após a intervenção musical. Os registros da VFC convergem ao índice autorrelatados e sugerem maior controle emocional diante da audição musical, quando comparada a condição controle e as medidas de linha de base. Diante destes achados, concluímos que a música relaxante tende a modular o estado emocional, influenciando o tônus vagal e o desempenho em tarefa matemática.

ARTIGO I

2 Como a música influencia a Ansiedade Matemática: um modelo teórico

Resumo

As manifestações da Ansiedade Matemática (AM) em estruturas neurais envolvidas na regulação do medo e dor possibilitam práticas de intervenção musical com foco na regulação emocional para pessoas com alta AM, podendo a música influenciar positivamente seus efeitos. Para ambos os constructos se considera a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) como marcador psicofisiológico a partir de índices que refletem o tônus vagal cardíaco além de outros, referentes à complexidade da VFC. Em virtude disto, buscamos neste artigo desenvolver um modelo teórico explicativo da influência da música sobre a AM em adultos jovens. Para tanto, buscamos na literatura estudos que detalham áreas neurais envolvidas na regulação emocional, bem como, trabalhos que abordam estruturas neurais influenciadas pela AM, nas quais pode-se registrar sua manifestação na dinâmica cardiovascular. Sugerimos que a música pode influenciar positivamente a AM, visto que alguns *hubs* de regulação emocional, sensíveis tanto à intervenção musical como aos efeitos da AM, são modulados, em que destacamos estruturas encefálicas como Amígdala, Hipotálamo e Córtex Pré-frontal, que tem níveis de excitação alterados, para ambas as condições, além da Ínsula que mantém a ativação frente a estímulos musicais, entretanto, induzindo sensação de prazer em detrimento do sentimento de dor provocado pela AM. Pontuamos que tais estruturas exercem influência sobre a dinâmica cardiovascular alterando índices do domínio do tempo, da frequência e índices não lineares da VFC.

Palavras-Chave: Música. Ansiedade Matemática. Regulação Emocional. Variabilidade da Frequência Cardíaca.

2.1 Introdução

A música é amplamente utilizada em práticas de musicoterapia, embora seus mecanismos subjacentes sejam pouco claros, sabe-se que esta prática apresenta efeitos que melhoram a saúde psicofisiológica envolvendo a modulação de sistemas de atenção, emoção, cognição, comportamento e comunicação (Koelsch, 2009; Panteleeva et al., 2018). Alternativamente, tem-se empregado a prática de escuta musical na regulação da ansiedade, que diferentemente da musicoterapia não requer atuação de profissional qualificado, tornando-a um modelo de intervenção acessível, de baixo custo e que facilmente pode ser incorporado à vida cotidiana, visto a possibilidade de autoadministração (Harney et al., 2023).

Tratando-se da modulação de emoções em uma perspectiva neural, estudos de neuroimagem funcional têm mostrado que estímulos musicais podem modular as principais estruturas cerebrais do sistema límbico e paralímbico, responsáveis pelo processamento

emocional desde a iniciação, passando pela manutenção até o encerramento de emoções (Koelsch, 2009, 2014; Schaefer, 2017). Nesta perspectiva, compreende-se que a estruturação musical determina os aspectos de percepção a serem processados e pelo menos quatro parâmetros de estrutura da música estão envolvidos na ativação de emoções: ritmo, consonância¹, timbre e volume (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Kreutz; Quiroga Murcia; Bongard, 2012), sendo que, mais ativamente frente ao timbre e volume, o ritmo exerce influência sobre a dinâmica cardiovascular e a consonância tem potencial de ativação de áreas paralímbicas e corticais (Arjmand et al., 2017; Bigliassi et al., 2015; Koelsch, 2014; Schaefer, 2017). Tais fundamentos corroboram com a compreensão do potencial de modulação emocional e diminuição da ansiedade através da música, fator que pode ser explorado em atividades para além da área clínica.

Práticas de escuta musical são observadas na área educacional como alternativas de regulação da ansiedade (Harney et al., 2023), que se correlaciona fortemente com o desempenho acadêmico (Lai et al., 2008), uma vez que, a submissão a atividades avaliativas, desencadeiam mecanismos psicofisiológicos de ordem cognitiva, afetiva e comportamental que, observados em demasia, caracterizam o constructo definido por Ansiedade ao Teste (Lai et al., 2008; Ugwuanyi et al., 2020). Encontram-se na literatura relatos de intervenções que propõem a audição de música para modulação da ansiedade para constructos distintos, tais como Ansiedade de Desempenho (AD), avaliada em golfistas universitários (Wang et al., 2020), Ansiedade ao Teste em estudantes de enfermagem (Lai et al., 2008), e escuta musical integrada a outros modelos de terapia cognitivo comportamental (Ugwuanyi et al., 2020). Para ambos os casos as intervenções mostraram-se eficientes, na modulação da AD quando observada a partir de parâmetros psicofisiológicos (Wang et al., 2020) e na AT, medida por escalas autorrelatadas (Lai et al., 2008; Ugwuanyi et al., 2020).

A integração de grandes áreas como Neurociências e Educação viabiliza a investigação de constructos em domínios específicos, caso da Ansiedade Matemática (AM), que diz respeito à sensação de medo e dor frente a situações numéricas (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Hembree, 1990). Assumindo os pressupostos estruturais de escalas de autorrelato para classificação da AM, pode-se observá-la em duas dimensões: Ansiedade aos Testes de Matemática e Ansiedade Numérica (Alexander; Cobb, 1984; Baloghlu, 2010; Pletzer et al., 2016; Suinn; Winston, 2003), o que evidencia certo grau de

¹ Conceito relacionado a harmonia, refere-se à combinação de notas que quando tocadas juntas geram a sensação de harmonia, proporcionando a experiência auditiva agradável e relaxante.

proximidade entre AM e AT, logo conjectura-se a plausibilidade da escuta musical na modulação da AM, visto que esta é uma prática utilizada em outros domínios (Lai et al., 2008; SANTANA et al., 2016; Ugwuanyi et al., 2020; Wang et al., 2020).

Neste sentido, avanços na área de Educação Matemática tem demonstrado que o estado emocional interfere na aprendizagem matemática, a partir de estudos integrados às Neurociências (Domingues et al., 2022; Maloney; Beilock, 2012; Ramirez; Shaw; Maloney, 2018), sendo o conceito de Ansiedade Matemática, difundido internacionalmente, explorado em diversos estudos ao redor do mundo (Balt; Börnert-Ringleb; Orbach, 2022; Oliveira; Lautert; Silva Junior, 2024; Sammallahti et al., 2023), apresentando-se como principal tema de estudo (Oliveira; Silva, 2024; Sammallahti et al., 2023), quando considerada a intersecção entre estas áreas. As linhas de investigação assumidas enquadram-se em categorias diversas, dentre as quais observamos discussões teóricas que, buscam definir e explicar os fundamentos básicos da AM (Ashcraft, 2002; Carey et al., 2016; Dowker; Sarkar; Looi, 2016), teórico-experimentais e revisões que discutem suas bases neurais (Lyons; Beilock, 2012a; Maloney; Beilock, 2012; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020) e outras abordagens que buscam implementar modelos de intervenção com foco na redução de seus efeitos (Arias Rodriguez et al., 2019; Balt; Börnert-Ringleb; Orbach, 2022; Domingues et al., 2022; Feng; Suri; Bell, 2014; Sammallahti et al., 2023).

Dentre as novidades apresentadas em estudos recentes que abordam o tema da AM está a inferência de resultados a partir de parâmetros psicofisiológicos (Daker et al., 2023; Moura-Silva, 2019), dentre os quais destacamos índices de Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), parâmetro que faz referência aos intervalos intra batimentos, que são explicados pelo Modelo Integração Neurovisceral (MINV) (Thayer et al., 2009), em que se propõe a organização de estruturas cerebrais formando uma rede neural, definida como Rede Autonômica Central (RAC), envolvida na regulação cognitiva, afetiva e comportamental, influenciando o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) (Shaffer; McCraty; Zerr, 2014; Smith et al., 2017).

Do ponto de vista fisiológico, mais especificamente, observando-se a dinâmica cardiovascular sob a perspectiva do MINV, que defende a VFC como indexador de emoções e regulação atencional, mediada pelo tônus vagal, refletindo a capacidade funcional de estruturas cerebrais (Smith et al., 2017), observadas tanto para a audição musical (Ellis; Thayer, 2010; Kume et al., 2017) como na AM (Daker et al., 2023; Moura-Silva, 2019), assumimos este parâmetro como referência de manifestação fisiológica que registra a

assinatura da modulação emocional, sugerindo diferentes níveis de AM a partir de índices que fazem referência à predominância da ramificação parassimpática do SNA.

Todavia, seguindo a linha de investigação que tem como objetivo a implementação de estratégias de intervenção com foco na redução dos efeitos da AM, propomos esta discussão a partir de pressupostos da regulação emocional induzida pela música, para responder a seguinte questão de pesquisa: *Como a música influencia a Ansiedade Matemática modulando a regulação autonômica cardíaca?* Para tanto, delimitamos como objetivo deste estudo desenvolver modelo teórico explicativo da influência da música sobre a AM na perspectiva neural, visto que alguns estudos têm adotado a intervenção musical como dispositivo de modulação da AM e os substratos neurais subjacentes a este processo são desconhecidos.

Deste modo, desenvolvemos este manuscrito definindo o constructo Ansiedade Matemática, suas manifestações neurofisiológicas e bases neurais. Seguimos destacando as áreas neurais com suas respectivas conexões funcionais que nos possibilitam descrever o processo de regulação emocional induzido pela escuta musical, com foco na evocação de condições emocionais agradáveis, para então sugerir, possibilidades de atuação da música sobre o nível de AM com registros na VFC, a partir da perspectiva do Modelo de Integração Neurovisceral.

2.2 Ansiedade Matemática: o que é, preditores e consequências neurofisiológicas

A Ansiedade Matemática é um fenômeno de prevalência global que se manifesta desde a infância, interferindo no desempenho acadêmico de escolares, bem como no âmbito social de adolescentes e adultos (Maloney; Beilock, 2012; Young; Wu; Menon, 2012), influenciando tomadas de decisões simples, como a realização de cálculos de preços ou organização do orçamento doméstico, até decisões de maior relevância, como a evitação de carreiras que possivelmente exijam manipulação numérica (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Hembree, 1990; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020).

Aproximando-se do fenômeno pode-se notar também suas manifestações psicofisiológicas que correspondem à sensação de tensão, apreensão ou medo (Ashcraft, 2002; Cowan, 2010; Lyons; Beilock, 2012a; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020), acarretando em desempenho insatisfatório de funções fisiológicas essenciais à manipulação e/ou cognição matemática (Cowan, 2010; Maloney; Beilock, 2012).

Tais sensações (tensão e/ou medo) manifestas em indivíduos com alta AM foram evidenciadas a partir de estudos de mapeamento da atividade cerebral por meio de Imagem por Ressonância Magnética Funcional (fMRI) enquanto os participantes foram submetidos a tarefas matemáticas (Kucian et al., 2018; Lyons; Beilock, 2012a; Young; Wu; Menon, 2012). Os apontamentos sugerem maior ativação de áreas cerebrais de controle de dor, envolvendo a Ínsula (Ins) e Córtex Cingulado (CC), e medo, com envolvimento da Amígdala (Amg), associado de redução da atividade em áreas de apoio cognitivo como Córtex Pré-frontal ventromedial, Sulco Intraparietal e Córtex Pré-frontal dorsolateral, em sujeitos com alta AM, quando comparados a seus pares com baixa AM (Lyons; Beilock, 2012a; Maloney; Beilock, 2012; Young; Wu; Menon, 2012), prejudicando o envolvimento e engajamento em situações em que se necessita de conhecimentos matemáticos, seja em sua aprendizagem ou aplicação acadêmica e cotidiana.

A utilização cotidiana e a cognição matemática passam pela manipulação de informações com recuperação de memória de curto prazo e inibição de estímulos irrelevantes, que são processados pela Memória de Trabalho (MT) e Controle Inibitório (CI) (Diamond, 2013; Figueira; Freitas, 2020). Evidências de influência da AM fazem referência a déficits no processamento cognitivo, expressos especialmente nestas Funções Executivas (FE) e seus respectivos substratos neurais (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Figueira; Freitas, 2020; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020). Portanto, avanços na compreensão deste fenômeno possibilitam processos de intervenção que buscam mitigar seus efeitos.

As linhas de abordagem intervencionistas sobre a AM não deixam claras métodos diagnósticos da origem da AM, porém, visto que evidências apontam para atitudes negativas em relação à matemática desde a infância e a adolescência, infere-se que as manifestações a AM podem se estabelecer a partir destas faixas de idade (Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Maloney; Beilock, 2012; Young; Wu; Menon, 2012). A discussão que norteia as perspectivas de abordagem intervencionista parte do questionamento: a AM causa mau desempenho em matemática ou o mau desempenho em matemática provoca AM? (Carey et al., 2016).

2.2.1 Origem: Teoria do Déficit, Modelo de Ansiedade Debilitante e Teoria Recíproca

Inicialmente considerava-se que o desenvolvimento da AM acontecia frente a situações matemáticas complexas, não estando presente em crianças em idade escolar. No

entanto, a percepção do professor (em relação à matemática) e a abordagem de ensino da Matemática nos anos iniciais da educação básica exerce forte influência no desenvolvimento tanto de habilidades matemáticas, bem como da Ansiedade Matemática (Maloney; Beilock, 2012).

Aliadas à predisposição cognitiva, as influências sociais manifestadas por familiares e professores, que transmitem aos alunos suas próprias preocupações e/ou atitudes negativas em relação à matemática, trazem implicações ao desenvolvimento da AM nos anos iniciais (Maloney; Beilock, 2012; Wilson, 2012). Afirmações do tipo: matemática é para meninos; meninas são ruins em matemática; matemática é para os mais inteligentes; acarretam no endosso de tais narrativas, induzindo o desenvolvimento de sentimento negativo em relação à matemática e ainda ocasionando o enquadramento nas linhas de gênero, registrando maior escala quando são proferidas por professoras (Maloney; Beilock, 2012). Para os adultos, o desenvolvimento da AM se associa há déficits de habilidades matemáticas, manifestando baixo desempenho em atividades como contagem, julgamentos de magnitude numérica ou manipulações visuoespaciais mentais, quando comparados a seus pares menos ansiosos (Maloney; Beilock, 2012).

Em outra perspectiva, pessoas com baixo conhecimento matemático podem facilmente ser influenciados por sentimentos negativos (Maloney; Beilock, 2012). Se, quando crianças o desenvolvimento de habilidades matemáticas elementares foi deficitário, há uma predisposição à captação de influências sociais depreciativas em relação à matemática, que devem desencadear nuances de baixo desempenho influenciados pela AM que, com a repetição passa a se manifestar de maneira crônica (Beilock et al., 2010; Oliveira; Silva, 2024).

As manifestações da AM são reconhecidas em duas perspectivas, das quais pode-se compreender a partir de três teorias: Teoria do Déficit, Modelo de Ansiedade Debilitante e Teoria Recíproca (Carey et al., 2016). Neste sentido, prestam suporte à Teoria do Déficit alguns registros de crianças com níveis de AM desproporcionalmente altos provocados por desempenhos ruins em tarefas matemáticas. Entretanto, estudo longitudinal com crianças e adolescentes suportam a mesma teoria quando comparam os níveis de AM de um ano letivo para outro (Carey et al., 2016). Em uma manifestação mais imediata, comparando-se com a manifestação de um ano letivo para o outro, o Modelo de Ansiedade Debilitante sugere que sentimentos negativos em relação à matemática comprometem o desempenho cognitivo. O comportamento de evitação de situações matemáticas provocado por altos níveis de AM

influencia o desempenho acadêmico, reduzindo o aprendizado ou mesmo comprometendo a tomada de decisão devido a pressa (Carey et al., 2016).

Evidências adicionais são descritas em estudos que relatam o comportamento de evitação do cálculo de preços (Feng; Suri; Bell, 2014), menor propensão a carreiras que demandam competências matemáticas (Hembree, 1990; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020), sugerindo que a AM exerce influência no desempenho matemático de adultos no nível de pré processamento, afetando a Memória de Trabalho. Outro aspecto de suporte do Modelo de Ansiedade Debilitante diz respeito à influência social dos estereótipos, em que os membros do grupo estereotipado sofrem a ameaça de confirmação do desempenho atribuído previamente ao grupo (Carey et al., 2016).

Por fim, a Teoria Recíproca pressupõe o ciclo vicioso retroalimentado pelo mau desempenho gerando AM, que implica em mau desempenho de tal maneira que não se pode definir o que surge em primeiro lugar. Entretanto, a evidência é conflitante, e apenas estudo longitudinal com crianças poderia esclarecer se o mau desempenho causa AM ou o contrário (Carey et al., 2016).

2.2.2 Manifestações Neuropsicológicas da Ansiedade Matemática: Controle Inibitório e Memória de Trabalho na Ansiedade Matemática

Em determinadas situações a dinâmica de funcionamento cerebral consiste no julgamento de estímulos recebidos ou percebidos através das entradas multissensoriais desenvolvidas pelos sentidos, para que então, um estímulo devolutivo seja enviado ao sistema responsável pela execução da resposta. O gerenciamento de tais estímulos (recebidos ou devolvidos) passa por uma família de processos mentais designada por Funções Executivas de tal modo que o desempenho de tais funções influencia no comportamento do indivíduo de maneira geral, sendo importante em aspectos de saúde mental, física, sucesso escolar e profissional (Diamond, 2013).

Destaca-se da família de FE duas de maior relevância para esta discussão, Controle Inibitório e Memória de Trabalho, essenciais à manutenção de situações em que se faz necessário o empreendimento do controle atencional, considerando que respostas automatizadas à situação, com atuação majoritária da Rede de Modo Padrão² (RMP), pode

² Rede neural ativada quando a mente não está focada em uma tarefa externa.

ser inapropriado ou mesmo, prejudicial à continuidade da atividade em desenvolvimento (Diamond, 2013; Figueira; Freitas, 2020).

2.2.2.1 Controle Inibitório e Ansiedade Matemática

A capacidade de julgamento de estímulos intra ou extra corpóreos passa por um processo de retardo ou mesmo anulação de respostas predispostas, influenciado pelo controle atencional, comportamental e emocional. O referido processo de regulação é possibilitado pelo Controle Inibitório, que faculta a escolha de comportamentos apropriados frente às mais variadas situações (Diamond, 2013).

O controle atencional, pode ser desempenhado de maneira voluntária, quando o sujeito opta por inibir ou ignorar estímulos específicos com base no objetivo ou intenção (Diamond, 2013; Tiego et al., 2018), por exemplo, quando o pianista busca ouvir apenas os acordes e notas pronunciados pelo piano em uma música que está a aprender, ignorando/inibindo sons dos demais instrumentos. Em outra perspectiva, o CI também atua de maneira seletiva, agindo como filtro que retém estímulos distratores, possibilitando a destinação de atenção àqueles estímulos relevantes à execução da tarefa, por exemplo, quando o estudante se concentra na explicação do professor enquanto ignora, despercebidamente, o ruído do condicionador de ar da sala de aula, ou ainda quando inibe respostas preponderantes ou informações do ambiente interno.

Para o sujeito com altos níveis de AM o desempenho do controle inibitório é prejudicado, tornando-o mais sensível ao sinal distrator (Moura-Silva, 2019), acarretando em baixa capacidade de controle emocional e, por consequência, comportamental. A manifestação do déficit de CI induz o comportamento de adaptação aumentando a demanda de tempo para processamento das informações, fazendo com que a resposta predisposta evocada automaticamente pelo estímulo seja suprimida e dando maiores chances a resposta correta na competição pela opção a ser selecionada (Simpson; Riggs, 2007). Entretanto, com a forte predisposição à fuga da situação numérica, o sujeito ansioso em relação à matemática tende a ser mais rápido em suas respostas, porém menos preciso, implicando em baixo desempenho em tarefas matemáticas com exigência de recursos de CI (Lyons; Beilock, 2012a).

2.2.2.2 Memória de Trabalho e Ansiedade Matemática

Outra função executiva relevante na computação informacional que dinamiza o vai e vem de estímulos perceptivos e devolutivos é a MT que provê a capacidade de manutenção da informação em mente, possibilitando sua manipulação para a tomada de decisão que visa o atendimento de demandas relacionadas à tarefa em desenvolvimento. Em outros termos, a MT possibilita ao sujeito trabalhar mentalmente com a informação que não está mais presente perceptivelmente (Diamond, 2013). O processo de assimilação cognitiva demanda atuação indispensável da MT, pois a compreensão de uma simples frase requer a permanência dos significados e sentidos dos termos iniciais até a conclusão da mesma, assim como acontece em qualquer tratamento matemático mental, ou tarefas de atualização de informações. Este padrão se amplia, sendo necessário empreendimento de recursos de MT associados a recursos cognitivos como controle atencional (Jonin et al., 2019), com inibição de estímulos distratores durante a atualização de informações, bem como a capacidade de estabelecer conexões entre informações distintas e/ou dispersas (Diamond, 2013; Jonin et al., 2019).

Assim como no desempenho de CI, a MT também é prejudicada para o indivíduo com altos níveis de AM, pois a baixa capacidade de controle emocional compromete a retenção de estímulos distratores ou ameaçadores que passam a competir por recursos de MT que deveriam estar à disposição do processo cognitivo em curso (Moura-Silva, 2019). A ativação dos sistemas de defesa, de maneira involuntária, tem maiores chances na competição por estes recursos e o baixo desempenho de MT influencia na tomada de decisão frente a situações matemáticas, acarretando em desempenho insatisfatório.

A partir deste ponto, reconhecemos a relação de dependência entre Controle Inibitório e Memória de trabalho, que prestam suporte um ao outro de modo que raramente, ou nunca, o processo de julgamento e tomada de decisão, requer atuação de uma, mas não da outra FE (Diamond, 2013). Neste sentido, diferentes vertentes científicas buscam explicar uma possível dissociação destas FE, no entanto, da perspectiva de que a MT suporta o CI, assumindo que a primeira mantém em mente o que precisa ser inibido, portanto sendo determinante à atuação da segunda, esbarra-se na atividade do CI sendo manifestado de maneira seletiva, ou seja, inibindo ruídos possivelmente comprometedores ao desempenho da MT. Por outro lado, é necessário que a informação trazida pelo estímulo seja mantida em mente para que a inibição ocorra (Diamond, 2013; Tiego et al., 2018). Portanto, conclui-se

que ambas atuam concomitantemente, de tal modo que, a depender da complexidade da tarefa, a atuação de uma ou de outra FE se sobressai.

2.3 Bases neurais da Ansiedade Matemática

Nesta seção discutimos estudos que exploram as bases neurais da Ansiedade Matemática, a partir de trabalhos empíricos e artigos de revisão, destacando estruturas e suas respectivas conexões funcionais na formação de redes neurais que explicam as consequências deletérias de níveis elevados de AM sobre o desempenho matemático acadêmico, que possivelmente reverbera em práticas cotidianas. As considerações ora proferidas refletem o esforço para integrar resultados de poucos estudos que adotam diferentes métodos, dentre os quais encontram-se técnicas de neuroimagem (Lyons; Beilock, 2012a, 2012b; Young; Wu; Menon, 2012) e neurofisiologia (Klados et al., 2017; Núñez-Peña; Suárez-Pellicioni, 2015), em alguns casos associados à Variabilidade da Frequência Cardíaca, além das diferenças amostrais, que envolvem adultos e crianças, bem como, dos tipos de tarefas empregadas nos experimentos (Artemenko; Daroczy; Nuerk, 2015).

Os estudos indicam a ativação majoritária de duas redes neurais, de dor, em antecipação a atividades matemáticas (Artemenko; Daroczy; Nuerk, 2015; Lyons; Beilock, 2012a, 2012b) e de medo (Young; Wu; Menon, 2012), durante a execução dessas atividades (Artemenko; Daroczy; Nuerk, 2015), associado a redução da atividade neural em redes envolvidas na cognição matemática para indivíduos com alta AM frente a seus pares menos ansiosos (Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Pletzer et al., 2015; Young; Wu; Menon, 2012) e retardo na desativação da RMP dos mesmos (Pletzer et al., 2015). Tais resultados sugerem que o componente afetivo da AM origina-se nestas redes, prolongando-se, até estruturas envolvidas no processamento matemático, controle atencional e regulação emocional (Artemenko; Daroczy; Nuerk, 2015; Pletzer et al., 2015).

A hipótese de ativação da rede de dor em antecipação a atividades matemáticas foi estudada com a participação de 28 sujeitos (Lyons; Beilock, 2012b), entre 7 e 9 anos (14 alta AM e 14 baixa AM), monitorados por fMRI enquanto foram submetidos a dois blocos de testes: 1) numéricos e 2) testes de palavras, ambos em condições fáceis e difíceis. De acordo com Lyons; Beilock, (2012b) antes de cada bloco, os participantes visualizaram estímulo indicativo da natureza da tarefa a ser realizada, que foram apresentadas intercaladamente. Os resultados indicaram que sujeitos com alta AM possivelmente, experimentaram a

sensação de ameaça ou dor visceral ao antecipar problemas matemáticos, enquanto sentiram alívio visceral frente ao reconhecimento antecipatório da tarefa de palavras (Lyons; Beilock, 2012b).

Notou-se aumento da atividade na Ínsula dorso-posterior que, anatômica e funcionalmente, conecta-se com o Córtex Cingulado médio, em que foi reconhecida conectividade mais forte com a Ins na condição de antecipação de atividade matemática, mas não durante a resolução de problemas (Lyons; Beilock, 2012b). Posteriormente Klados et al., (2017), encontraram aumento da ativação das bandas Delta, relacionadas à inibição de processos implicados na manipulação matemática, e Beta e Gama, envolvidas na rede de dor, registradas por Eletroencefalograma (EEG). Sugere-se que altos níveis de AM preveem aumento da atividade em redes neurais relacionadas a dor associadas a aumento de intensidade na reorganização de respostas, podendo relacionar-se negativamente com a manutenção de recursos de controle inibitório e memória de trabalho (Klados et al., 2017; Lyons; Beilock, 2012b; Pletzer et al., 2015), visto que áreas implicadas nestas funções executivas são afetadas (Diamond, 2013; Tiego et al., 2018).

A ativação da rede de medo foi explorada a partir de estudos envolvendo sujeitos com ansiedade social e generalizada, além de indivíduos saudáveis expostos visualmente a estímulos negativos, em que foram observados o envolvimento de estruturas dos córtices límbico, paralímbico e pré-frontal, com destaque para a Amígdala e Córtex Pré-Frontal (CPF) medial (Young; Wu; Menon, 2012). A comparação entre grupos, considerando análises adicionais de lateralidade, mostrou que crianças com alta AM apresentaram maior ativação da Amg direita, associada a desativação de regiões do CPF envolvidas na regulação emocional, durante a resolução de problemas matemáticos, frente a seus pares com baixa AM (Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Young; Wu; Menon, 2012). Argumenta-se ainda, que as implicações da AM extrapolam aspectos funcionais supramencionados, podendo acometer a dinâmica estrutural, visto que sujeitos com alta AM mostraram redução no volume da Amg direita (Kucian et al., 2018).

A modulação da atividade da Amg associada a conectividade com estruturas do CPF e maior desativação do CPF ventro-medial, envolvido na regulação emocional, em sujeitos com altos níveis de AM relatada nos estudos com crianças, foi estendida a adultos jovens, porém, não observadas entre sujeitos com ansiedade generalizada (Artemenko; Daroczy; Nuerk, 2015; Pizzie; Kraemer, 2017; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Young; Wu; Menon, 2012), sugerindo que estas manifestações são inerentes da AM. Conclui-se que, o aumento

da ativação da Amg e as conexões funcionais estabelecidas com estruturas do CPF sugerem o sentimento de medo durante a realização de atividades matemáticas em indivíduos com alta AM, além de baixa ativação de estruturas implicadas na cognição matemática (Pizzie; Kraemer, 2017; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Young; Wu; Menon, 2012).

Considerando o retardo na desativação da Rede de Modo Padrão para sujeitos com alta AM, em comparação com seus pares menos ansiosos durante tarefas matemáticas, 36 adultos entre 19 e 40 anos, classificados em grupos de alta e baixa AM, foram monitorados enquanto realizavam testes de rotação mental, raciocínio verbal e duas tarefas matemáticas distintas. Não foram observadas diferenças na ativação de áreas envolvidas no processamento matemático, entretanto, observou-se desativação na RMP moderadamente mais forte em sujeitos com baixa AM quando comparados ao grupo com alta AM, não observado durante as tarefas de rotação mental e raciocínio verbal (Pletzer et al., 2015). A interpretação dos autores é de que o retardo na redução da atividade da RMP indica deficiência de processamento para indivíduos com alta AM, exigindo destes, maiores esforços de controle emocional para que possa atingir desempenho cognitivo semelhante ao de sujeitos com baixa AM.

O arranjo experimental do estudo de Pletzer et al., (2015) possibilitou o desenvolvimento de análises considerando a dificuldade dos itens, onde são apresentadas atividades que demandam recrutamento de áreas envolvidas na inibição de estímulos relevantes a tarefa, que não foi evidenciada, entretanto, áreas implicadas em processos inibitórios irrelevantes à tarefa foram ativadas. Os autores argumentam que estas áreas estão envolvidas na inibição de manifestações da AM em participantes com níveis elevados de AM, que culmina em processamento global menos eficiente, sendo que seus efeitos, tornam-se cada vez mais proeminentes à medida que a atividade requer maiores demandas de recursos de CI (Pletzer et al., 2015). Os prejuízos ao desempenho do Controle Inibitório em sujeitos com alta AM se estendem à Memória de Trabalho, de modo que, a baixa capacidade de inibição de estímulos irrelevantes à tarefa interrompe recursos cognitivos, ocasionando sobrecarga na MT no decorrer processo de atualização de informações (Ashcraft, 2002; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020).

Para além, das áreas enunciadas como responsáveis pela atividade neural que caracteriza o componente afetivo da AM, observa-se baixa ativação e demora no recrutamento de áreas envolvidas em atividades aritméticas, cito Sulco Intra Parietal e CPF dorsolateral, entre sujeitos com alta AM, frente a seus pares menos ansiosos, que recrutam

tais áreas mais rapidamente (Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Young; Wu; Menon, 2012), de modo que, tal mecanismo pode estar relacionado ao retardo na desativação da RMP de pessoas com alta AM (Pletzer et al., 2015).

Em síntese, observa-se que o sujeito acometido por elevados níveis de AM manifesta maior atividade neural na rede de dor, em estágio de antecipação à tarefa matemática, com ativação mais proeminente da Ínsula e Córtex Cingulado Médio. Durante a realização das atividades matemáticas a ativação da Amígdala direita, associada à sua redução volumétrica, e a redução da conectividade com estruturas do CPF envolvidas na regulação emocional, sugerem baixa capacidade de controle emocional pronunciando o sentimento de medo de sujeitos com alta AM. Por fim, o atraso na desativação da RMP e ativação de áreas implicadas na inibição de estímulos irrelevantes a tarefa sugerem eficiência de processamento reduzida, além do empreendimento de energia em áreas ligadas à regulação emocional, em detrimento de recursos para áreas de processamento matemático.

2.4 Modelo de Integração Neurovisceral: a Variabilidade da Frequência Cardíaca como indexador de estado emocional

A homeostase fisiológica, diz respeito à capacidade do organismo manter-se em equilíbrio diante de variados estímulos, sensitivos e/ou perceptivos, exigindo, portanto, controle de diferentes sistemas que regulam aspectos térmicos, imunológicos e cardiovasculares, dentre outros (Buitrago-Ricaurte; Cintra; Silva, 2020), que são executadas pelo Sistema Nervoso Autônomo. As demandas homeostáticas envolvem a Rede Autonômica Central, que delimita estruturas interconectadas caracterizando um centro integrado de regulação dos sistemas respiratório, cardíaco, vascular, digestivo e endócrino, que atuam sinergicamente para manutenção do equilíbrio (Benarroch, 1993; Buitrago-Ricaurte; Cintra; Silva, 2020).

Em uma organização anatômica descendente, pode-se observar a RAC compreendendo principalmente o Córtex Pré-frontal, Córtex Cingulado, Ínsula, Amígdala, Hipotálamo (Hy) e Tronco Cerebral (TC), sendo as estruturas do TC responsáveis pela modulação de sinais aferentes e eferentes dos sistemas regulados. Em outros termos, a Substância Cinzenta Periaquedutal e Núcleo do Trato Solitário (NTS), gerenciam respostas autonômicas, endócrinas e comportamentais de maneira integrada que devem alcançar os órgãos ou sistemas (Aleksandrov et al., 2022; Benarroch, 1993; Buitrago-Ricaurte; Cintra;

Silva, 2020), sendo notáveis, as diferenças funcionais e anatômicas (figura 1) do Sistema Nervoso Simpático (SNS) e Sistema Nervoso Parassimpático (SNP).

Enquanto o SNS, envolvido em respostas à ameaça, perigo e estresse, possui neurônios curtos, originários na coluna vertebral, o SNP caracteriza-se por longos neurônios localizados nos núcleos do tronco encefálico (nervo vago) (Buitrago-Ricaurte; Cintra; Silva, 2020; Shaffer; McCraty; Zerr, 2014). Entretanto, vale ressaltar que as estruturas apontadas como integrantes da RAC dificilmente estão envolvidas exclusivamente na regulação das funções simpáticas ou parassimpáticas, mas mantém um nível de interação distinto que visa atender às demandas do sistema, podendo ainda envolver outras estruturas ocasionalmente (Ruffle et al., 2021).

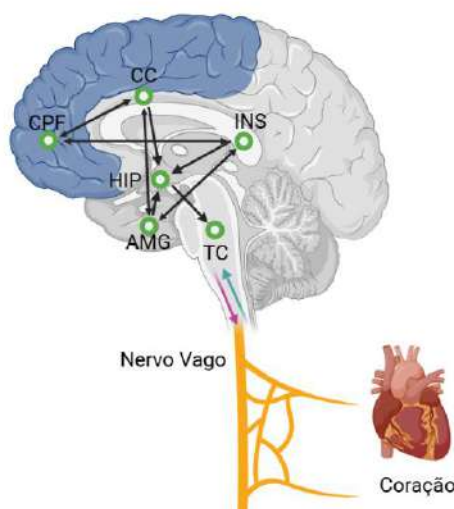


Figura 1: Organização esquemática do Modelo de Integração Neurovisceral apresentando sua extensão até o coração. Os nós indicam as principais estruturas componentes da Rede Autônoma Central, com as setas indicando suas conexões funcionais até o Tronco cerebral que modula os sinais aferentes e eferentes, indicados pelas setas lilás e azul. Adaptado de (Nikolin et al., 2017).

A atuação do SNA ocorre de forma hierárquica, sendo executada em percurso eferente, quando o sinal primário é oriundo de sistemas e funções de nível superior, que em resposta envia o sinal ao SNS ou SNP, alcançando os sistemas e órgãos alvos, a depender processamento da informação na RAC (Buitrago-Ricaurte; Cintra; Silva, 2020; Smith et al., 2017). Por outro lado, os estímulos aferentes respondem às demandas viscerais, reconhecidas frente a predição ou erros de estimativas, inatos ou aprendidos, a partir de uma arquitetura multinível, de tal modo que as necessidades não atendidas em níveis inferiores, portanto, que requerem um controle mais especializado, são enviadas a níveis superiores até que, em última instância sejam processadas por redes corticais e subcorticais específicas para a demanda (Smith et al., 2017; Thayer et al., 2009). O controle da Pressão Arterial (PA),

exemplifica a organização multinível de atuação do SNA, quando as demandas homeostáticas não podem ser atendidas no circuito intra cardíaco e são passadas ao nível superior, que envolve vasos, característicos do sistema cardiovascular (Smith et al., 2017).

Nesta perspectiva, destacamos, dentre os alvos modulados pela RAC, o sistema cardiovascular no qual a dinâmica de funcionamento do ciclo cardíaco, em um coração saudável, segue fluxo pré determinado, contração (sístole) e relaxamento (diástole) atrial e ventricular, iniciadas pelo Nodo Sinoatrial (NSA), localizado à esquerda do átrio direito, que conduz despolarização elétrica para o Nodo Atrioventricular (NAV), à direita do mesmo átrio, que atua como sistema de retardo do sinal elétrico emitido pelo NSA, conduzindo o sinal ao feixe atrioventricular, fazendo este chegar aos ventrículos (Shaffer; McCraty; Zerr, 2014). A atuação destas estruturas (figura 2) é registrada pelo traçado do Eletrocardiograma (ECG), sendo que a onda P caracteriza o início do ciclo, com a sístole dos átrios, seguida pelo complexo QRS e segmento ST, que demarcam a contração ventricular, enquanto a onda T indica a repolarização dos ventrículos. A repolarização dos átrios é obscurecida pela grande atividade elétrica registrada no complexo QRS (Ashley EA; Niebauer J., 2004; Shaffer; McCraty; Zerr, 2014).

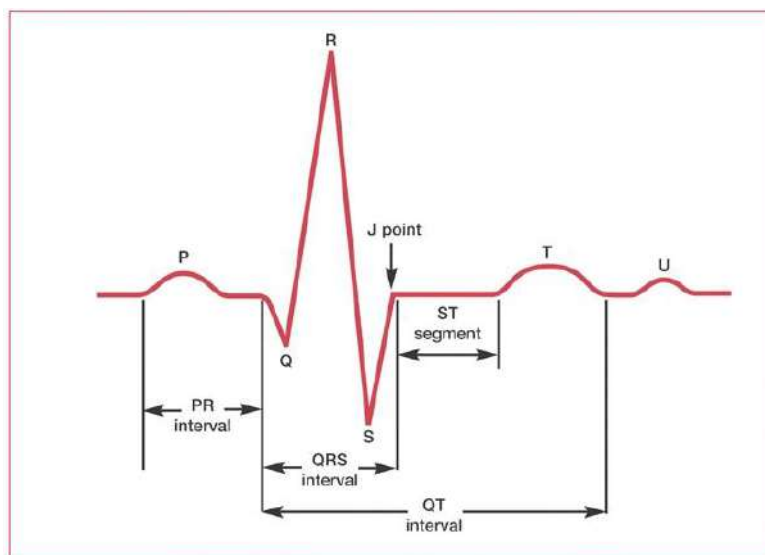


Figura 2: Registro básico da atividade elétrica do coração por ECG. Onda P: caracteriza o início do ciclo, com sístole atrial; Complexo QRS: representa a atividade elétrica que induz a contração ventricular, sendo que a onda R reflete a despolarização da massa principal dos ventrículos. Segmento ST: registra o final do ciclo de contração ventricular. Onda T: registra a repolarização ventricular (Ashley EA; Niebauer J., 2004)

O sistema cardiovascular responde às entradas sensoriais, bem como, sinais oriundos do Sistema Nervoso Central (SNC), ajustando a frequência cardíaca por meio do nervo Vago que inerva o NSA, com o aumento da atividade vagal (Tônus Vagal), refletindo em diminuição da frequência cardíaca. Entretanto, o curto tempo de resposta do NSA, sugere

que o efeito de um único impulso vagal depende da fase do ciclo cardíaco que é recebido, influenciando um ou dois batimentos após seu envio. Logo, compreende-se que mudanças repentinas entre os batimentos cardíacos sofrem mediação parassimpática (Shaffer; McCraty; Zerr, 2014), impondo irregularidade à dinâmica de tempo do ciclo cardíaco (figura 3), caracterizando um comportamento variável entre batimentos, ao qual entende-se como Variabilidade da Frequência Cardíaca (Buitrago-Ricaurte; Cintra; Silva, 2020).

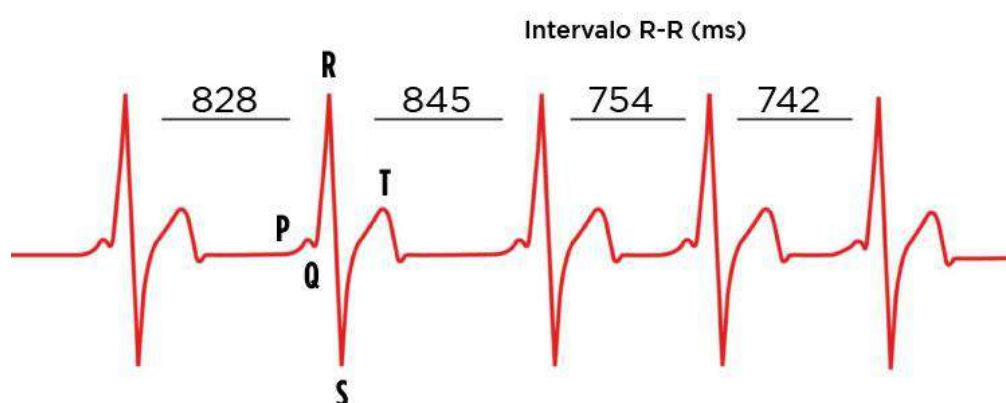


Figura 3: Registro do traçado de ECG indicando o tempo transcorrido entre picos de as ondas R, caracterizando a variação de extensão dos intervalos R-R expressos em milissegundos.

Em vista disso, a Variabilidade da Frequência Cardíaca, é comumente utilizada na determinação de parâmetros de atuação do SNA com delimitações de alta precisão sobre a atividade parassimpática e simpática, em menor especificidade, também reconhecidos como biomarcadores de condições fisiológicas e psicofisiológicas, explicadas pelo Modelo de Integração Neurovisceral (Ellis; Thayer, 2010; Gilgen-Ammann; Schweizer; Wyss, 2019; Smith et al., 2017).

À primeira vista, a presença de alta VFC pode ser mal interpretada, pois, intuitivamente atribui-se valor negativo a esta característica fisiológica, entretanto, a baixa VFC indica predomínio do SNS sobre o SNP, indicando alguma forma de desequilíbrio entre as ramificações do SNA (Ellis; Thayer, 2010; Smith et al., 2017). Dentre os indivíduos com baixa VFC no estado de repouso estão aqueles com maiores dificuldades de regulação emocional e desempenho de funções executivas, dentre estas, Memória de Trabalho e Controle Inibitório (Ellis; Thayer, 2010; Smith et al., 2017). Deste modo, assumimos a VFC como biomarcador do estado emocional e desempenho de funções executivas (Smith et al., 2017; Thayer et al., 2009), logo, pode ser modulada pelas manifestações da AM (Daker et

al., 2023; Moura-Silva, 2019), bem como, da escuta musical (Mojtabavi et al., 2020; Silva et al., 2024; Wang et al., 2020).

2.5 Bases neurais da audição musical sobre a ansiedade e desempenho matemático

Dedicamos esta seção à apresentação de evidências que subsidiam a proposição do modelo teórico explicativo da influência da música sobre a AM iniciando com a dinâmica de transdução do sinal sonoro (mecânico) em sinal neural (elétrico), descrevendo o fluxo percorrido, que caracteriza a rede neural envolvida no processamento auditivo até as regiões implicadas no processamento emocional. Destacamos as estruturas do Sistema Límbico (SL), envolvido na regulação emocional, apontando como estas se conectam em resposta ao estímulo auditivo determinando a dinâmica fisiológica e comportamental do ouvinte. Concomitantemente, buscamos relacionar os registros de atividade e conectividade funcional, com aspectos neuroquímicos que contribuem com a regulação emocional induzida pela audição musical que, por sua vez, pode modular os efeitos neurais da AM, desencadeando respostas fisiológicas, passíveis de registro na VFC, e comportamentais que tendem a mitigar os efeitos da AM, induzindo melhores *scores* de desempenho de funções executivas e, por consequência desempenho matemático.

O sistema auditivo, compreendido do Pavilhão Auditivo ao Córtex Auditivo (CA) (Figura 4), estendendo-se até o Córtex Temporal Superior (CTS), processa as ondas sonoras em uma dinâmica que possibilita a percepção e interpretação de nuances, extrapolando funções básicas de comunicação e sobrevivência, alcançando também, sensações e emoções provocadas pelo som (Bear; Connors; Paradiso, 2017; Schaefer, 2017). As vibrações decorrentes da propagação das ondas sonoras produzem movimentos dinâmicos na Membrana Timpânica que transfere mecanicamente a energia recebida aos ossículos do ouvido médio que, através da Janela Oval da Cóclea, induzem o movimento do fluído coclear. O conjunto de Células Ciliadas, receptores auditivos localizados no interior da Cóclea, captam o movimento do fluído, sendo capaz de diferir a frequência do movimento, caracterizando, por exemplo, sons graves e agudos, bem como sons, musicais ou de fala, convertendo a energia primária no sinal neural que percorre os nervos auditivos, passando por alguns nós de processamento, até os córtices auditivos bilaterais, a partir de processamento químico iniciado com a inclinação dos estereocílios (Bear; Connors; Paradiso, 2017; Fröhholz; Trost; Grandjean, 2014; Schaefer, 2017).

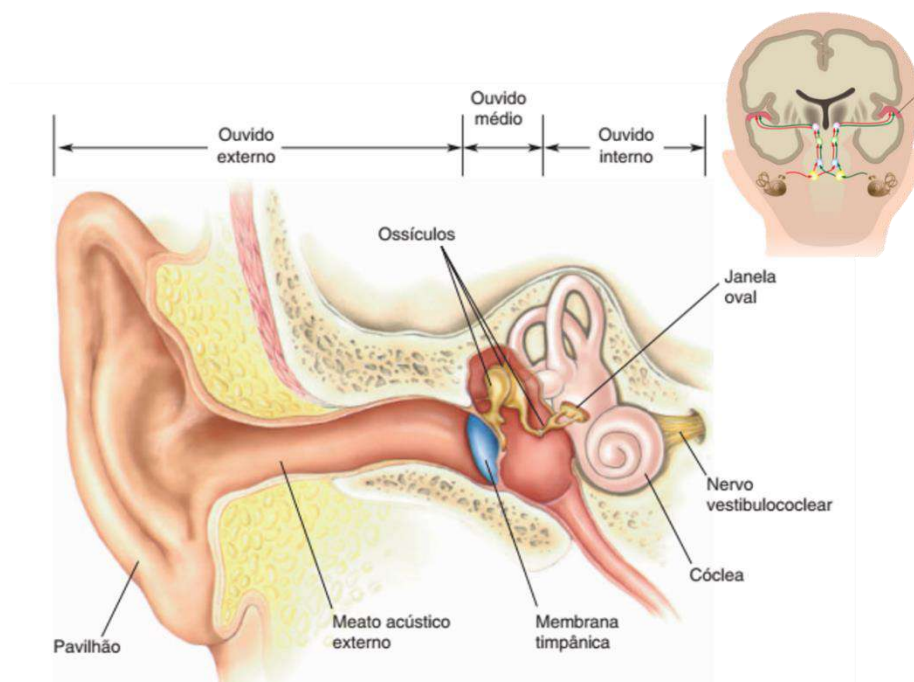


Figura 4: Sistema Auditivo (SA). Da esquerda para a direita observamos ouvido externo, composto pelo pavilhão auditivo e meato acústico externo; no ouvido médio nota-se, na transição entre as regiões externa e média, a Membrana Timpânica (azul), seguida dos ossículos do ouvido médio. Do ouvido interno são apresentadas a Cóclea, Janela oval e projeções do nervo vestibulococlear (Bear; Connors; Paradiso, 2017). No canto superior direito apresenta-se visão panorâmica do nervo auditivo deste a Cóclea, passando pelos nós de processamento até o Córtex Auditivo (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014).

O Sistema Auditivo (SA) conecta-se ao SL, região fundamental no processamento emocional, bidimensionalmente, a partir de regiões corticais e subcorticais, e bidireccionalmente, por vias aferentes e eferentes (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014; Koelsch, 2014). Considerando o fluxo de entrada do sinal sonoro/neural (figura 5) nota-se dentre os nós de processamento pertencente a via Cóclea – Córtex Auditivo, em dimensão subcortical, o Corpo Geniculado Medial do Tálamo, com projeções neurais eferentes diretas à Amígdala, que por sua vez projeta-se em curso aferente ao Colículo Inferior, outro nó de processamento no caminho do nervo auditivo até o CA. A dimensão cortical das conexões estabelecidas entre SA e SL é observada nas projeções neurais eferentes do CA e do CTS à Amígdala, além de conexões diretas e indiretas entre o Hipocampo, CTS (Bear; Connors; Paradiso, 2017; Frühholz; Trost; Grandjean, 2014) e o CPF (Arjmand et al., 2017; Bigliassi et al., 2015).

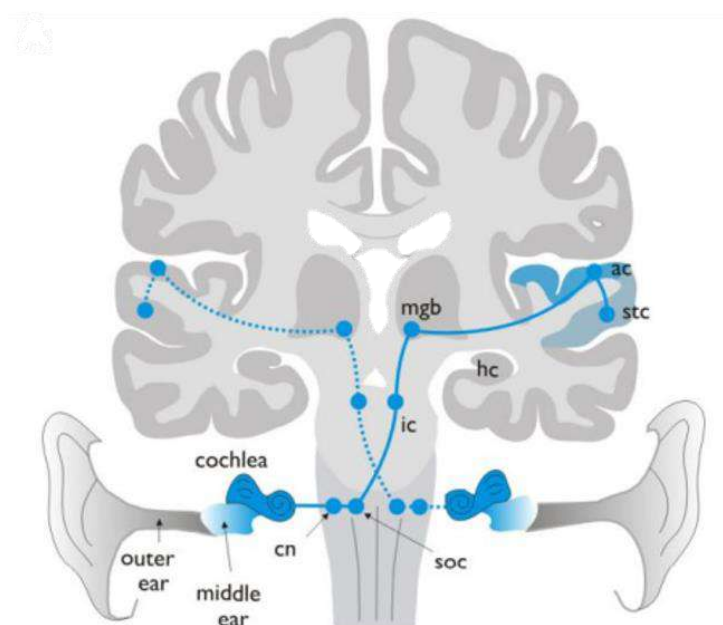


Figura 5: Curso do sinal neural da Cóclea ao Córtex Auditivo. Na extensão do nervo auditivo observam-se os nós de processamento: Núcleo Coclear (CN); Complexo Olivar Superior (SOC); Cíngulo Inferior (IC); Corpo Geniculado Medial do Tálamo (MGB); Córtex Auditivo (AC); Córtex Temporal Superior (STC) e o Hipocampo (HC) (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014).

Evidências oriundas de estudos de neuroimagem indicam que o SL está conectado funcionalmente à Ínsula a partir de projeções neurais deste à Amígdala e Hipocampo, fundamentando assim seu envolvimento no processamento emocional, tanto para emoções positivas como negativas (Gogolla, 2017; Uddin et al., 2017). Por outro lado, observa-se que a Ínsula está envolvida no processamento de emoções a partir de entradas multissensoriais, sendo que o Córtex Auditivo projeta-se em curso eferente ao Córtex Insular, com linhas de projeção de associação auditiva e pós-auditiva (entende-se pós processamento primário), sugerindo que este sinal modula a atividade insular, influenciando o comportamento a partir do sinal recebido direto do CA, enquanto o sinal de associação auditiva modula reações internas, a partir da ativação de outras redes, dentre as quais estão a rede de dor e do medo, para os casos de estímulos aversivos (Gogolla, 2017; Uddin et al., 2017).

Os estímulos gerenciados pela Ínsula podem ser inatos ou aprendidos e possibilitam a avaliação de valência do estímulo, que determina o comportamento de atração ou aversão, com favorecimento da atração diante do reconhecimento de estímulos recompensadores ou indução do medo para estímulos ameaçadores, logo, circuitos promotores e inibidores de medo podem coexistir na Ins, possibilitando a interação entre as emoções de medo e prazer (Gogolla, 2017).

O reconhecimento de valências emocionais do sinal auditivo acontece para a fala, através de propriedades acústicas específicas que determinam modulações de tom e

intensidade (prosódia), bem como para sons musicais, com diferenças perceptivas significativas entre estes estímulos, com a música evocando ativações mais fortes em regiões subcorticais envolvidas no processamento emocional (Schaefer, 2017). Em geral, os estudos que abordam música e emoções têm classificado a música como estímulos agradáveis ou desagradáveis (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014), no entanto, além destas dimensões, encontram-se na literatura estudos que abordam propriedades de excitação (relaxante e estimulante) e de qualidade emocional (Schaefer, 2017), abrangendo emoções como felicidade ou alegria (Koelsch et al., 2013; Lynar et al., 2017; Zatorre; Salimpoor, 2013) e medo (Chanda; Levitin, 2013; Koelsch et al., 2013).

Características internas da música mostram-se determinantes na modulação de estados emocionais (Chanda; Levitin, 2013; Elliott; Polman; McGregor, 2011; Ellis; Thayer, 2010; Menon; Levitin, 2005; Schaefer, 2017), com nuances de tensão musical sendo pronunciados por violações de expectativa temporal e dissonância harmônica (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014; Menon; Levitin, 2005; Schaefer, 2017). Por outro lado, atributos musicais reconhecidos como estruturalmente estáveis, percebidos em música tonal, tem potencial de indução do estado emocional, de tal modo que, o afastamento do centro tonal aumenta o nível de tensão, enquanto o retorno a ele induz relaxamento (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Koelsch, 2014; Schaefer, 2017), assim como o ritmo rápido é reconhecido como estimulante, enquanto ritmo lento é percebido como relaxante (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Feng; Suri; Bell, 2014; Menon; Levitin, 2005; Wang et al., 2020), com ritmos de maneira geral podendo induzir reflexos do tronco cerebral (Arjmand et al., 2017).

O monitoramento de estruturas neurais por fMRI durante a audição musical mostrou que a Amígdala e o Hipocampo são diretamente sensíveis a estes estímulos (Chanda; Levitin, 2013), com músicas desagradáveis induzindo aumento no sinal BOLD (dependente do nível de oxigênio no sangue), contrastando com a diminuição do sinal nas mesmas estruturas quando se ouviu música relaxante (Menon; Levitin, 2005; Schaefer, 2017), sugerindo que elas podem diminuir a atividade em resposta à música relaxante, especialmente para expressões de medo (Chanda; Levitin, 2013; Frühholz; Trost; Grandjean, 2014; Schaefer, 2017). Adicionalmente, observou-se que a Amígdala decodifica a valência emocional (positiva ou negativa) do estímulo (Koelsch, 2014), regulando a entrada neural para formação hipocampal, pela via aferente projetada no Cíngulo Inferior (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014), que pode estar associado à regulação do comportamento de atração ou aversão.

No mesmo sentido, o estudo da atividade do CPF por EEG, frente a estímulos musicais em quatro condições distintas (música positiva, negativa, neutra e controle) revelou *scores* mais altos no índice de Assimetria Frontal, assumido como marcador central de estados emocionais, frente a música agradável, quando comparada às outras condições de audição musical (Arjmand et al., 2017). Considerando a conectividade funcional entre CPF e a Amígdala, compreende-se que o CPF também está envolvido na determinação de respostas emocionais induzidas pela audição musical, com as porções dorsolaterais direita e esquerda sendo mais ativadas, em relação ao CPF medial frente a estímulo musical agradável. Tais manifestações foram associadas à dinâmica do SNA, com índices de VFC apontando maior retirada vagal para músicas de ritmo rápido (Bigliassi et al., 2015).

Em outra perspectiva, nota-se a evocação de estado emocional prazeroso diante de audição musical considerando aspectos da neurobiologia da recompensa associadas às previsões temporais e harmônicas da música (Koelsch, 2014; Zatorre; Salimpoor, 2013). Foi registrado maior liberação de dopamina em regiões mesocorticolímbicas, envolvendo o Núcleo Accumbens e Área Tegmental Ventral (Chanda; Levitin, 2013; Menon; Levitin, 2005; Schaefer, 2017), em resposta a música prazerosa, confirmando a previsão de percepção emocional da música relaxante como estímulo recompensador (Chanda; Levitin, 2013; Zatorre; Salimpoor, 2013), com manifestações da atividade dopaminérgica estendendo-se até a Ínsula, Córtex Cingulado e Hipocampo (Chanda; Levitin, 2013).

Assumindo uma perspectiva psicofisiológica, Lin et al., (2024) abordou aspectos da audição musical, porém, não foram notadas diferenças significativas na Frequência Cardíaca, entretanto, registrou-se a influência da música sobre índices de VFC frente a diferentes estímulos musicais (Bigliassi et al., 2015). A audição de música relaxante envolve estruturas neurais integrantes da Rede Autonômica Central, com destaque para estrutura como Córtex Pré-frontal, Ínsula, Amígdala e Tronco Cerebral (Arjmand et al., 2017; Bigliassi et al., 2015; Koelsch, 2014; Koelsch et al., 2013; Schaefer, 2017), hipoteticamente em percurso descendente, portanto, compreende-se que o processamento do sinal pode influenciar a dinâmica do SNA (Bigliassi et al., 2015; Mojtabavi et al., 2020; Silva et al., 2024), determinando respostas psicofisiológicas a serem registradas por índices de Variabilidade da Frequência Cardíaca, defendido pelo MINV como indexador de estados emocionais e de desempenho de funções executivas (Smith et al., 2017).

As respostas à audição de música estimulante e relaxante sobre índices da VFC foram estudadas extensivamente e os resultados sugerem a modulação de índices como RMSSD

(Root mean square of successive differences), pNN50 (Percentage of successive normal sinus RR intervals more than 50 ms), SDNN (Standard deviation of all R–R intervals) e SD1(Standard deviation – Poincaré plot Crosswise) (Silva et al., 2024), além de LF (Low frequencies) e LF/HF (Low frequencies/high-frequencies ratio) (Lynar et al., 2017; Sokhadze, 2007; Valenti et al., 2012), que refletem atividade do SNA. Alguns destes mesmos índices de VFC foram apontados como indexadores no nível de AM com diferenças significativas entre grupos de alta e baixa AM, durante testes de desempenho matemático para os índices HF (High frequencies) (Daker et al., 2023), LF, AnEn (Approximate Entropy) e SampEn (Sample Entropy) (Moura-Silva, 2019), e testes de funções executivas HF, RMSSD, NN50 (Number of successive NN intervals differing by more than 50 ms), pNN50 e DFA α 1 (alpha 1 of detrended Fluctuation Analysis) (Moura-Silva, 2019). Diante destes resultados nota-se a viabilidade de se registrar a influência da música sobre a AM a partir de índices de VFC.

2.6 Discussão

Para proposição do modelo teórico-explicativo da influência da música sobre a AM, revisamos a literatura em busca de evidências que relacionem as áreas e estruturas neurais envolvidas nas manifestações da AM e na promoção de estados emocionais agradáveis frente a audição musical. As estruturas envolvidas na regulação emocional induzida pela música (principalmente Ínsula, Córtex Cingulado, Amígdala, Córtex Pré-frontal e Tronco Cerebral) estão implicadas na ativação da rede de dor e de medo, além do comprometimento de desempenho de funções executivas em sujeitos com alta AM, quando comparados a seus pares menos ansiosos, com evidências de registro de suas manifestações na VFC para ambos estímulos. Para estes indivíduos, nota-se aumento da atividade na Ínsula, em antecipação, e na Amígdala, durante situações numéricas (Artemenko; Daroczy; Nuerk, 2015; Pizzie; Kraemer, 2017; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Young; Wu; Menon, 2012).

Todavia, os resultados discutidos apontam a influência da música relaxante sobre estas estruturas neurais em sentido contrário àquele induzido pela AM, ou seja, enquanto as manifestações da AM ativam as redes de dor e de medo (Lyons; Beilock, 2012b; Young; Wu; Menon, 2012), envolvendo mais ativamente a Ínsula e a Amígdala, a audição de música relaxante provoca diminuição da atividade amigdalár (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014; Menon; Levitin, 2005; Schaefer, 2017), induzindo sensação prazerosa e reconhecimento do

sinal auditivo pré processado como recompensador, ocasionando estado de segurança e recompensa, também, modulados pela atividade do córtex insular (Chanda; Levitin, 2013).

Em vista disto, compreende-se que ouvir música, prática eficaz na redução de preocupações e ansiedade (Koelsch; Stegemann, 2012) e no alívio da dor (Koelsch, 2014), gera sensação de segurança e prazer, inibindo a promoção de medo e sentimento de dor, logo, sendo prazer e dor sentimentos ancorados em extremidades opostas de um mesmo *continuum* (Menon; Levitin, 2005), compreende-se que a redução da atividade na Amígdala, Hipocampo, além de regiões específicas do CPF, e aumento de ativação na Ínsula, ambas estruturas do sistema límbico, induzida pela audição musical pode mitigar os efeitos da AM, visto que, os sujeitos experimentam antecipadamente estado de prazer e relaxamento. Outra manifestação subjacente à AM discutida refere-se ao retardo na desativação da RMP em sujeitos com alta AM implicando em processamento geral deficiente (Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Pletzer et al., 2015), entretanto, o arrefecimento da atividade neural de regiões envolvidas nas manifestações da AM *per se*, hipoteticamente pode reverberar em melhores condições de processamento e desempenho de funções executivas.

Outro apontamento considerável, com implicações no desempenho matemático para a comunidade com níveis elevados de AM frente a seus homólogos menos ansiosos, é o empreendimento de energia em regiões envolvidas no processamento de funções executivas, melhorados diante de audição de músicas agradáveis, que se empenham na inibição de estímulos distratores e na manutenção de informações irrelevantes, em detrimento da ativação de áreas de processamento numérico (Pizzie; Kraemer, 2017; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020). Compreende-se que isto pode ser explicado pelo retardo na desativação da Rede de Modo Padrão registrada para estes sujeitos (Pletzer et al., 2015).

Neste sentido, nota-se adicionalmente que, o envolvimento com atividades musicais, testado em duas perspectivas, com música de banda larga³ e música audível (Lin et al., 2024), mostrou forte indução ao relaxamento pela música de banda larga, com prejuízo ao desempenho de funções executivas, possivelmente justificado pelo fator sonolência, sugerindo que os participantes deste grupo estavam mais relaxados, portanto, com baixos níveis de foco atencional e excitação (Chanda; Levitin, 2013; Scheufele, 2000). Por outro lado, a audição de música audível, resultou em melhorias significativas no desempenho de

³ Música processadas em frequências que estão além da capacidade de audição humana gerados por tecnologias digitais.

funções executivas, confirmadas também em estudos posteriores (Chanda; Levitin, 2013; Colombo; Habibi; Alain, 2020; Kirk et al., 2022).

Portanto, a partir destas evidências, compreendemos que a audição de música relaxante, induz ao estado emocional de relaxamento e prazer (Koelsch, 2014; Schaefer, 2017; Scheufele, 2000), contrapondo-se à percepção de ameaça, promotora de preocupação e medo, e sentimento de dor. Observamos que algumas estruturas neurais envolvidas na regulação emocional induzida pela audição musical e ocorrências advindas da AM são comuns, porém, com funcionalidades e/ou *status* de ativação inversos (Figura 6). O estímulo sonoro musical, torna-se sinal neural e percorre o nervo auditivo passando por alguns nós de processamento, que tem conexões subcorticiais, diretas e indiretas, com o SL, até chegar ao Córtex Auditivo que também se conecta ao mesmo sistema, em dimensão cortical (Arjmand et al., 2017; Bigliassi et al., 2015; Fröhholz; Trost; Grandjean, 2014; Schaefer, 2017).

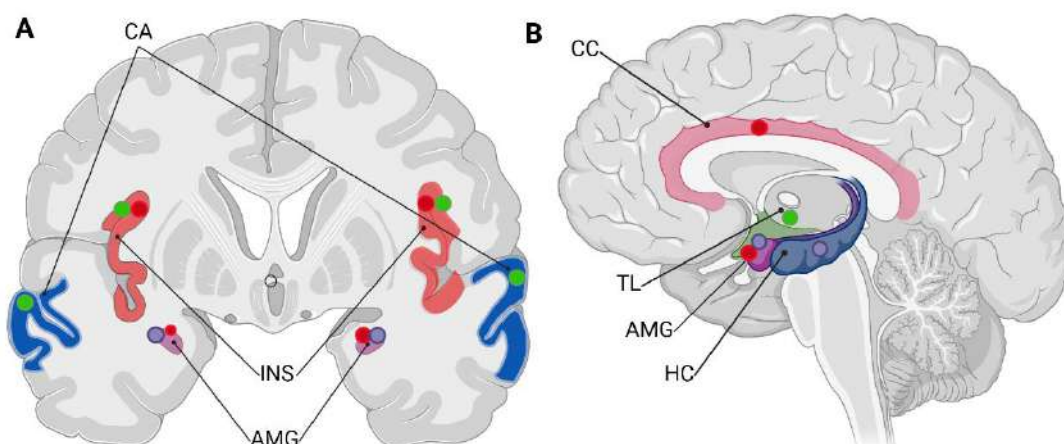


Figura 6: Representação ilustrativa da influência da Música sobre a Ansiedade Matemática A) Vista em projeção coronal, sem visualização do Hi e CC; B) Vista em projeção sagital, sem visualização do CA e INS. Em destaque no encéfalo estão as estruturas envolvidas nas manifestações da AM (Ins, Amg e CCm) e na regulação emocional induzida pela música (Ins, Amg, TL, Hi e CC). Sobre estas os pontos vermelhos indicam ativação em resposta à AM, os pontos verdes ilustram atividade aumentada, enquanto os de cor lilás indicam redução da atividade em resposta à audição musical. Amg – Amígdala; CA – Córtex Auditivo; CC – Córtex Cingulado; CCm – Córtex Cingulado Médio; Hi – Hipocampo; Ins – Ínsula; Th – Tálamo.

A percepção do sinal musical como sendo de valência positiva, inicialmente a partir do Tálamo (Fröhholz; Trost; Grandjean, 2014), desencadeia uma sequência de conexões (figura 7) entre estruturas do sistema límbico provocando redução da atividade na Amígdala (Fröhholz; Trost; Grandjean, 2014; Koelsch et al., 2013), que na AM registra hiperatividade (Kucian et al., 2018; Lyons; Beilock, 2012a; Young; Wu; Menon, 2012), e no Hipocampo (Fröhholz; Trost; Grandjean, 2014; Koelsch et al., 2013). A Ínsula, por sua vez, com suas atribuições de promoção e inibição de respostas medrosas (Gogolla, 2017), passa a responder

ao estímulo, sendo alcançada pela liberação de dopamina iniciada no Núcleo Accumbens (Chanda; Levitin, 2013; Schaefer, 2017), com respostas condizentes ao reconhecimento de recompensa e prazer induzido pela música relaxante (Chanda; Levitin, 2013; Zatorre; Salimpoor, 2013). O Córtex Cingulado responde à AM em sua porção medial (Lyons; Beilock, 2012a; Young; Wu; Menon, 2012), enquanto a porção envolvida em respostas à música é indiscriminada (Schaefer, 2017), logo, hipotetizamos que as conexões intra estruturais do Córtex Cingulado determinam as respostas considerando os estímulos modulados nesta região do encéfalo, corroborando com o reconhecimento de estímulo recompensador e relaxante da música.

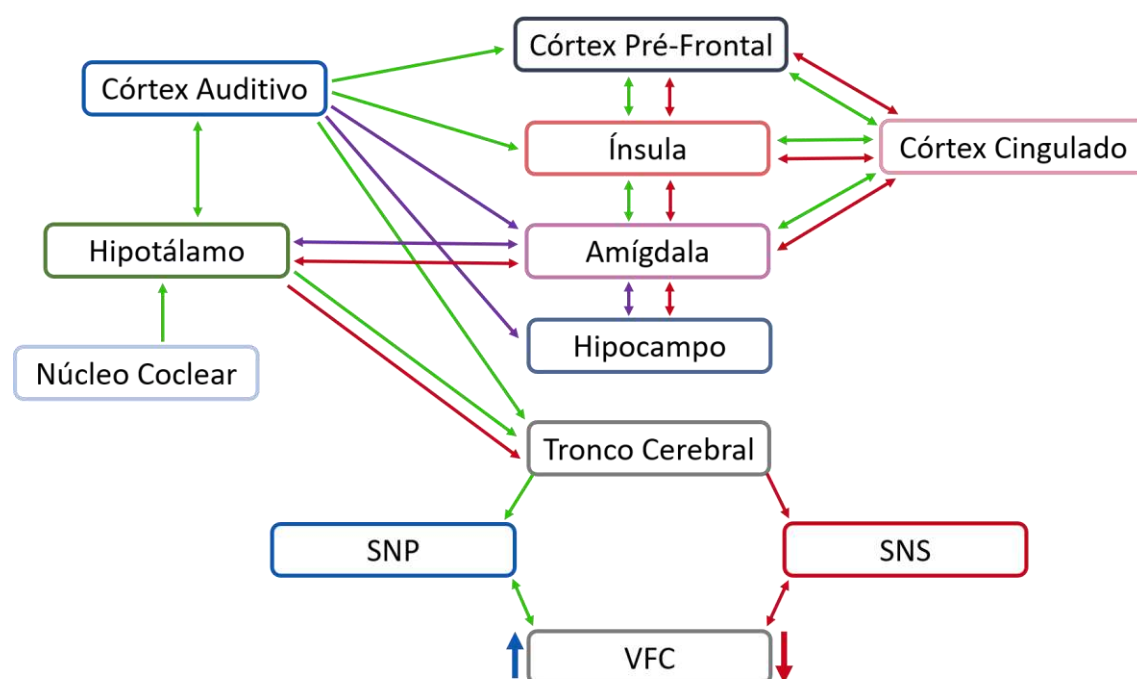


Figura 7: Esquema da influência da música sobre a AM. As setas indicam projeções aferente e eferentes com aquelas de cor vermelha indicando aumento da atividade provocada pela AM, as de cor verde referindo-se a aumento, enquanto as de cor lilás indicam redução da atividade nas estruturas alvo frente à audição de música relaxante. A percepção de ameaça frente a situação numérica, processada pela Amg, Ins, CCM e CPF, alcançam o Hipotálamo, que está conectado ao Tronco Cerebral, determinando a ativação simpática (ou retirada vagal) que induz aumento da frequência cardíaca, por consequência redução da VFC. O processamento do sinal sonoro iniciado em estruturas do Hipotálamo se projeta à Amg, que por sua vez, retorna o sinal após processamento conjunto com as demais estruturas do Sistema Límbico, estabelecendo um *loop* de processamento por vias aferente e eferentes até que o reconhecimento do estímulo esteja completo, considerando a percepção de características internas da música que ativam sistemas de recompensa e prazer, induzindo aumento do tônus vagal, portanto, aumento da VFC.

Argumentamos anteriormente que músicas de ritmo rápido são reconhecidas pelo ouvinte como desagradáveis (Koelsch, 2014; Schaefer, 2017), portanto, não favorecem a modulação do nível de AM, por outro lado, música de banda larga (Lin et al., 2024) ou

músicas muito lentas (Elliott; Polman; McGregor, 2011), induzem ao estado de relaxamento profundo, ocasionando prejuízos ao desempenho de FE, consequentemente impactando negativamente a performance em tarefas matemáticas. Deste modo, assumimos como música relaxante potencialmente eficaz na redução do nível de AM aquelas que estão estruturalmente organizadas na faixa de 60 a 80 Hz, obedecendo uma estrutura tonal com predominância de acordes consonantes, instrumentais e executadas prioritariamente com instrumentos de cordas e teclas (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Ellis; Thayer, 2010).

Por fim, salientamos que dentre os mecanismos de atuação da música sobre estados emocionais estão aqueles que recrutam sistemas de memória (Ferrerri et al., 2013), no entanto, para este estudo não consideramos esta perspectiva, pois, este modelo atende às demandas em que os estímulos musicais são selecionados pelo experimentador, considerando as características estruturais da música que tem potencial de modulação de estados emocionais, enquanto as abordagens que focam no recrutamento de circuitos de memória devem considerar músicas auto selecionadas. Deste modo, infere-se que os processos descritos respondem em que termos a audição musical exerce influência sobre a AM, entretanto, vale ressaltar que as evidências apresentadas não possibilitam inferências sobre a permanência de tais efeitos, logo, compreende-se que a audição de música relaxante antecipadamente a tarefas matemáticas pode reduzir os efeitos da AM, entretanto, é necessário testar a permanência do efeito a partir de estudos experimentais.

2.7 Considerações

A Ansiedade Matemática, tema comum entre as áreas de Neurociência, Psicologia e Educação Matemática, vem sendo estudada há pelo menos 60 anos, com ampla divulgação de suas manifestações sobre o desempenho acadêmico e aspectos sociais, compreendidas a partir de estudos que elucidam suas bases neurais, que evidenciam o comprometimento de funções essenciais à manipulação e aprendizagem matemática, bem como estado de excitação emocional desproporcionalmente altos. Estratégias de abordagem com foco na redução de seus efeitos vêm sendo desenvolvidas, dentre as quais observamos o uso de técnicas e práticas diversas que vão desde uso de escrita expressiva (Ramirez; Shaw; Maloney, 2018), exercício físico (Domingues et al., 2022; Moura-Silva, 2019) e intervenções musicais (Feng; Suri; Bell, 2014; Gan; Lim; Haw, 2016), com investigações incipientes que tem se somado no enfrentamento das manifestações da AM, com registros

de efeitos de dimensão moderada para as intervenções sobre população a partir dos 12 anos de idade (Sammallahti et al., 2023).

Todavia, as abordagens que propõem a audição de música relaxante com efeitos positivos sobre a AM fundamentam suas inferências a partir escalas autorrelatadas, sem abordagem que contemple aspectos neuropsicológicos e suas bases neurais subjacentes.

Neste sentido, apresentamos pela primeira vez, até onde conhecemos, modelo teórico explicativo da influência da música relaxante sobre a AM com ênfase nos substratos neurais envolvidos neste processo, no qual apontamos possibilidades de registro desta influência na Variabilidade da Frequência Cardíaca, marcador psicofisiológico sustentado pelo Modelo de Integração Neurovisceral. Entretanto, reconhecemos as limitações metodológicas empregadas, no que se refere, principalmente, à mensuração de permanência no efeito da audição musical sobre a AM, porém, lançamos luz sobre tema, estimulando discussões a partir deste modelo e indicamos como possibilidade de estudos futuros: a) ensaio empírico com uso de audição musical relaxante imediatamente antes de tarefas matemáticas associado a registros da VFC; b) estudo experimental com audição de música relaxante concomitante ao desenvolvimento de tarefas matemáticas associado a registros da VFC; c) estudo a validação e/ou ampliação deste modelo com monitoramento da atividade e conectividade neural por técnicas de neuroimagem para sujeitos com alta AM.

2.8 Referências

ALEKSANDROV, V. G. *et al.* Central Autonomic Network. **Human Physiology**, v. 48, n. 6, p. 759–765, 12 dez. 2022.

ALEXANDER, L.; COBB, R. Identification of the Dimensions and Predictors of Math Anxiety among College Students. **Reports - Research**, 1984.

ARIAS RODRIGUEZ, I. *et al.* Numeracy musical training for school children with low achievement in mathematics. **Anales de Psicología**, v. 35, n. 3, p. 405–416, 2 ago. 2019.

ARJMAND, H.-A. *et al.* Emotional Responses to Music: Shifts in Frontal Brain Asymmetry Mark Periods of Musical Change. **Frontiers in Psychology**, v. 8, 4 dez. 2017.

ARTEMENKO, C.; DAROCZY, G.; NUERK, H.-C. Neural correlates of math anxiety – an overview and implications. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 1 set. 2015.

ASHCRAFT, M. H. Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, n. 5, p. 181–185, 23 out. 2002.

ASHLEY EA; NIEBAUER J. Conquering the ECG. Em: **Cardiology Explained**. London: NIH, 2004.

BALOĞLU, M. An investigation of the validity and reliability of the adapted mathematics anxiety rating scale-short version (MARS-SV) among Turkish students. **European Journal of Psychology of Education**, v. 25, n. 4, p. 507–518, 21 dez. 2010.

BALT, M.; BÖRNERT-RINGLEB, M.; ORBACH, L. Reducing Math Anxiety in School Children: A Systematic Review of Intervention Research. **Frontiers in Education**, v. 7, 3 fev. 2022.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

BEILOCK, S. L. *et al.* Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 5, p. 1860–1863, 2 fev. 2010.

BENARROCH, E. E. The Central Autonomic Network: Functional Organization, Dysfunction, and Perspective. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 68, n. 10, p. 988–1001, out. 1993.

BIGLIASSI, M. *et al.* How Motivational and Calm Music May Affect the Prefrontal Cortex Area and Emotional Responses: A Functional Near-Infrared Spectroscopy (fNIRS) Study. **Perceptual and Motor Skills**, v. 120, n. 1, p. 202–218, 1 fev. 2015.

BUITRAGO-RICAURTE, N.; CINTRA, F.; SILVA, G. S. Heart rate variability as an autonomic biomarker in ischemic stroke. **Arquivos de Neuro-Psiquiatria**, v. 78, n. 11, p. 724–732, nov. 2020.

CAREY, E. *et al.* The Chicken or the Egg? The Direction of the Relationship Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 7 jan. 2016.

CHANDA, M. L.; LEVITIN, D. J. The neurochemistry of music. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 17, n. 4, p. 179–193, abr. 2013.

COLOMBO, P. J.; HABIBI, A.; ALAIN, C. Editorial: Music Training, Neural Plasticity, and Executive Function. **Frontiers in Integrative Neuroscience**, v. 14, 7 ago. 2020.

COWAN, N. The Magical Mystery Four. **Current Directions in Psychological Science**, v. 19, n. 1, p. 51–57, 2 fev. 2010.

DAKER, R. J. *et al.* Does anxiety explain why math-anxious people underperform in math? **npj Science of Learning**, v. 8, n. 1, p. 6, 21 mar. 2023.

DIAMOND, A. Executive Functions. **Annual Review of Psychology**, v. 64, n. 1, p. 135–168, 3 jan. 2013.

- DOMINGUES, M. R. DE S. *et al.* Exercício físico e ansiedade matemática: perspectivas para educação matemática a partir das neurociências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, p. 81, 6 abr. 2022.
- DOWKER, A.; SARKAR, A.; LOOI, C. Y. **Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?** *Frontiers in Psychology* Frontiers Media S.A., , 2016.
- ELLIOTT, D.; POLMAN, R.; MCGREGOR, R. Relaxing Music for Anxiety Control. **Journal of Music Therapy**, v. 48, n. 3, p. 264–288, 1 set. 2011.
- ELLIS, R. J.; THAYER, J. F. Music and Autonomic Nervous System (Dys)Function. **Music Perception**, v. 27, n. 4, p. 317–326, 1 abr. 2010.
- FENG, S.; SURI, R.; BELL, M. Does Classical Music Relieve Math Anxiety? Role of Tempo on Price Computation Avoidance. **Psychology & Marketing**, v. 31, n. 7, p. 489–499, jul. 2014.
- FERRERI, L. *et al.* Music improves verbal memory encoding while decreasing prefrontal cortex activity: an fNIRS study. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 2013.
- FIGUEIRA, P. V. S. T.; FREITAS, P. M. DE. Relação entre Ansiedade Matemática, Memória de Trabalho e Controle Inibitório: uma meta-análise. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 34, n. 67, p. 678–696, maio 2020.
- FRÜHHOLZ, S.; TROST, W.; GRANDJEAN, D. The role of the medial temporal limbic system in processing emotions in voice and music. **Progress in Neurobiology**, v. 123, p. 1–17, dez. 2014.
- GAN, S. K.-E.; LIM, K. M.-J.; HAW, Y.-X. The relaxation effects of stimulative and sedative music on mathematics anxiety: A perception to physiology model. **Psychology of Music**, v. 44, n. 4, p. 730–741, 19 jul. 2016.
- GILGEN-AMMANN, R.; SCHWEIZER, T.; WYSS, T. RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 7, p. 1525–1532, 19 jul. 2019.
- GOGOLLA, N. The insular cortex. **Current Biology**, v. 27, n. 12, p. R580–R586, jun. 2017.
- HARNEY, C. *et al.* Is music listening an effective intervention for reducing anxiety? A systematic review and meta-analysis of controlled studies. **Musicae Scientiae**, v. 27, n. 2, p. 278–298, 10 jun. 2023.
- HEMBREE, R. The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 21, n. 1, p. 33, jan. 1990.
- JONIN, P.-Y. *et al.* Refining understanding of working memory buffers through the construct of binding: Evidence from a single case informs theory and clinical practise. **Cortex**, v. 112, p. 37–57, mar. 2019.

KIRK, U. *et al.* Effects of Three Genres of Focus Music on Heart Rate Variability and Sustained Attention. **Journal of Cognitive Enhancement**, v. 6, n. 2, p. 143–158, 28 jun. 2022.

KLADOS, M. A. *et al.* Math anxiety: Brain cortical network changes in anticipation of doing mathematics. **International Journal of Psychophysiology**, v. 122, p. 24–31, dez. 2017.

KOELSCH, S. A Neuroscientific Perspective on Music Therapy. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1169, n. 1, p. 374–384, 24 jul. 2009.

KOELSCH, S. *et al.* The roles of superficial amygdala and auditory cortex in music-evoked fear and joy. **NeuroImage**, v. 81, p. 49–60, nov. 2013.

KOELSCH, S. Brain correlates of music-evoked emotions. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 15, n. 3, p. 170–180, 20 mar. 2014.

KOELSCH, S.; STEGEMANN, T. The Brain and Positive Biological Effects in Healthy and Clinical Populations. Em: **Music, Health, and Wellbeing**. [s.l.] Oxford University Press, 2012. p. 437–456.

KREUTZ, G.; QUIROGA MURCIA, C.; BONGARD, S. Psychoneuroendocrine Research on Music and Health: An Overview. Em: **Music, Health, and Wellbeing**. [s.l.] Oxford University Press, 2012. p. 458–476.

KUCIAN, K. *et al.* Neurostructural correlate of math anxiety in the brain of children. **Translational Psychiatry**, v. 8, n. 1, p. 273, 10 dez. 2018.

KUME, S. *et al.* Music Improves Subjective Feelings Leading to Cardiac Autonomic Nervous Modulation: A Pilot Study. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, 10 mar. 2017.

LAI, H.-L. *et al.* Randomized crossover trial studying the effect of music on examination anxiety. **Nurse Education Today**, v. 28, n. 8, p. 909–916, nov. 2008.

LIN, L. *et al.* Effects of broadband music and audible band music on relaxation states and cognitive function in young adults: a randomized controlled trial. **European Journal of Medical Research**, v. 29, n. 1, p. 376, 19 jul. 2024.

LYNAR, E. *et al.* The joy of heartfelt music: An examination of emotional and physiological responses. **International Journal of Psychophysiology**, v. 120, p. 118–125, out. 2017.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. **Cerebral Cortex**, v. 22, n. 9, p. 2102–2110, set. 2012a.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. When Math Hurts: Math Anxiety Predicts Pain Network Activation in Anticipation of Doing Math. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. e48076, 31 out. 2012b.

MALONEY, E. A.; BEILOCK, S. L. Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guard against it. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 16, n. 8, p. 404–406, ago. 2012.

MENON, V.; LEVITIN, D. J. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. **NeuroImage**, v. 28, n. 1, p. 175–184, out. 2005.

MOJTABAVI, H. *et al.* Can music influence cardiac autonomic system? A systematic review and narrative synthesis to evaluate its impact on heart rate variability. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, v. 39, p. 101162, maio 2020.

MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca, Desempenho Matemático e Função Executiva em Crianças Escolares**. Doutorado—Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 11 mar. 2019.

MOURA-SILVA, M. G.; TORRES NETO, J. B.; GONÇALVES, T. O. Bases Neurais da Ansiedade Matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 34, n. 66, p. 246–267, abr. 2020.

NIKOLIN, S. *et al.* Combined effect of prefrontal transcranial direct current stimulation and a working memory task on heart rate variability. **PLOS ONE**, v. 12, n. 8, p. e0181833, 3 ago. 2017.

NÚÑEZ-PEÑA, M. I.; SUÁREZ-PELLICIONI, M. Processing of multi-digit additions in high math-anxious individuals: psychophysiological evidence. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 21 ago. 2015.

OLIVEIRA, L. F. DE; SILVA, J. O. ANSIEDADE MATEMÁTICA EM PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA. **BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)**, v. 17, n. 49, 2024.

OLIVEIRA, S. S. DE; LAUTERT, S. L.; SILVA JUNIOR, G. L. L. DA. **Ansiedade Matemática no Ensino Médio: uma revisão de escopo**. 6º INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RESEARCH IN MATHEMATICAL EDUCATION. **Anais...**2024.

PANTELEEVA, Y. *et al.* Music for anxiety? Meta-analysis of anxiety reduction in non-clinical samples. **Psychology of Music**, v. 46, n. 4, p. 473–487, 4 jul. 2018.

PIZZIE, R. G.; KRAEMER, D. J. M. Avoiding math on a rapid timescale: Emotional responsivity and anxious attention in math anxiety. **Brain and Cognition**, v. 118, p. 100–107, nov. 2017.

PIZZIE, R. G.; RAMAN, N.; KRAEMER, D. J. M. Math anxiety and executive function: Neural influences of task switching on arithmetic processing. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, v. 20, n. 2, p. 309–325, 28 abr. 2020.

PLETZER, B. *et al.* Mathematics anxiety reduces default mode network deactivation in response to numerical tasks. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 9, 21 abr. 2015.

PLETZER, B. *et al.* Components of Mathematics Anxiety: Factor Modeling of the MARS30-Brief. **Frontiers in Psychology**, v. 7, 17 fev. 2016.

RAMIREZ, G.; SHAW, S. T.; MALONEY, E. A. Math Anxiety: Past Research, Promising Interventions, and a New Interpretation Framework. **Educational Psychologist**, v. 53, n. 3, p. 145–164, 3 jul. 2018.

RUFFLE, J. K. *et al.* The autonomic brain: Multi-dimensional generative hierarchical modelling of the autonomic connectome. **Cortex**, v. 143, p. 164–179, out. 2021.

SAMMALLAHTI, E. *et al.* A meta-analysis of math anxiety interventions. **Journal of Numerical Cognition**, v. 9, n. 2, p. 346–362, 31 jul. 2023.

SANTANA, M. D. R. *et al.* Non-linear indices of heart rate variability during endodontic treatment. **Brazilian Oral Research**, v. 30, n. 1, 2016.

SCHAEFER, H.-E. Music-Evoked Emotions—Current Studies. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, 24 nov. 2017.

SCHEUFELE, P. M. Effects of Progressive Relaxation and Classical Music on Measurements of Attention, Relaxation, and Stress Responses. **Journal of Behavioral Medicine**, v. 23, n. 2, p. 207–228, 2000.

SHAFFER, F.; MCCRATY, R.; ZERR, C. L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology**, v. 5, 30 set. 2014.

SILVA, B. C. S. *et al.* The effects of auditory stimulation on heart rate variability in healthy individuals with normal hearing and with hearing loss: a systematic review and meta-analysis. **CoDAS**, v. 36, n. 4, 2024.

SIMPSON, A.; RIGGS, K. J. Under what conditions do young children have difficulty inhibiting manual actions? **Developmental Psychology**, v. 43, n. 2, p. 417–428, 2007.

SMITH, R. *et al.* The hierarchical basis of neurovisceral integration. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 75, p. 274–296, abr. 2017.

SOKHADZE, E. M. Effects of Music on the Recovery of Autonomic and Electrocardiac Activity After Stress Induced by Aversive Visual Stimuli. **Applied Psychophysiology and Biofeedback**, v. 32, n. 1, p. 31–50, 26 mar. 2007.

SUINN, R. M.; WINSTON, E. H. The Mathematics Anxiety Rating Scale, a Brief Version: Psychometric Data. **Psychological Reports**, v. 92, n. 1, p. 167–173, 1 fev. 2003.

THAYER, J. F. *et al.* Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 37, n. 2, p. 141–153, 8 abr. 2009.

TIEGO, J. *et al.* A Hierarchical Model of Inhibitory Control. **Frontiers in Psychology**, v. 9, 2 ago. 2018.

UDDIN, L. Q. *et al.* Structure and Function of the Human Insula. **Journal of Clinical Neurophysiology**, v. 34, n. 4, p. 300–306, jul. 2017.

UGWUANYI, C. S. *et al.* Effect of cognitive-behavioral therapy with music therapy in reducing physics test anxiety among students as measured by generalized test anxiety scale. **Medicine**, v. 99, n. 17, p. e16406, abr. 2020.

VALENTI, V. E. *et al.* Auditory stimulation and cardiac autonomic regulation. **Clinics**, v. 67, n. 8, p. 955–958, 2012.

WANG, H.-T. *et al.* Acute Effects of Self-Selected Music Intervention on Golf Performance and Anxiety Level in Collegiate Golfers: A Crossover Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, p. 7478, 14 out. 2020.

WILSON, S. **Investigating Pre-Service Teachers' Mathematics Anxiety Using the Revised Mathematics Anxiety Scale (RMARS)**. Annual Meeting of the Mathematics Education Research Group of Australasia. **Anais...Singapore: Reports - Research; Speeches/Meeting Papers**, jul. 2012.

YOUNG, C. B.; WU, S. S.; MENON, V. The Neurodevelopmental Basis of Math Anxiety. **Psychological Science**, v. 23, n. 5, p. 492–501, 20 maio 2012.

ZATORRE, R. J.; SALIMPOOR, V. N. From perception to pleasure: Music and its neural substrates. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. supplement_2, p. 10430–10437, 18 jun. 2013.

ARTIGO II

3 Escala de Avaliação de Ansiedade Matemática - versão curta (MARS-SV):

tradução, adaptação transcultural e validação para o Português brasileiro

Resumo

Dentre os fatores de aspectos neurológicos que influenciam o envolvimento com a matemática encontra-se a Ansiedade Matemática (AM), estado emocional que se manifesta frente a situações numéricas provocando sensação de tensão e medo, fazendo com que pessoas com níveis elevados de AM assumam comportamento de fuga, o que afeta o desempenho acadêmico e consequentemente, a aprendizagem matemática. Investigações relacionadas ao tema são conduzidas a partir de escalas de autorrelato comumente constituídas de subescalas que contemplam aspectos cognitivos e de desempenho. Para o contexto brasileiro, até onde se conhece, não há escala específica para determinação do nível de Ansiedade Matemática para adultos jovens com tradução e validação transcultural, portanto, temos como objetivo propor tradução validada da *Mathematics Anxiety Rating Scale: short version* (MARS-SV). Assumindo as diretrizes de tradução e validação utilizadas internacionalmente, percorreu-se os seguintes estágios para desenvolvimento deste trabalho: Tradução; Síntese das Traduções; Comitê dos Experts; Pré-teste, e; Teste de Validade. A análise de validação ocorreu a partir de dimensões qualitativa, para os primeiros estágios e quantitativa, com desenvolvimento de Análise Fatorial Confirmatória para o último estágio, onde investigamos índices de confiabilidade, consistência interna e parâmetros de respostas aos itens. Os resultados evidenciam que a versão produzida a partir deste processo tem índices de validade e consistência interna satisfatórios (α de Cronbach = 0,91 e ω de McDonald = 0,90) e convergentes aos dados psicométricos da escala original, atestando a plausibilidade da versão brasileira do MARS-SV.

Palavras-chaves: Ansiedade Matemática. Escala de Ansiedade Matemática. Tradução. Validação. MARS-SV.

3.1 Introdução

A Ansiedade Matemática (AM) é comumente definida como a sensação de tensão e estresse desproporcional, tanto em crianças, adolescente e adultos frente a situações numéricas comprometendo o desempenho acadêmico (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016), a opção por carreiras em que se pode exigir algum tratamento matemático (Maloney; Beilock, 2012; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020) e a gestão financeira individual (Richardson; Suinn, 1972; Xin; Xiao; Lin, 2023).

Pesquisas que têm como foco a AM baseiam-se em dados autorrelatados a partir de escalas específicas para este constructo. Ainda na década de 70, Richardson; Suinn, (1972) propuseram instrumento de classificação da AM com validade e confiabilidade atestadas pela via estatística e confirmadas empiricamente, entretanto, apesar de sua importância em

pesquisas e estudos clínicos o tempo de administração da *Mathematics Anxiety Rating Scale* – MARS (Escala de Avaliação de Ansiedade Matemática), originalmente composta de 98 itens, impôs resistência ao seu uso, induzindo investigadores ao desenvolvimento de versões mais curtas que obtivessem os mesmos parâmetros psicométricos alcançados pelo MARS (Baloğlu, 2010; Suinn; Winston, 2003).

Neste sentido, versões de escalas autorrelatadas mais curtas, com objetivo de avaliar ou classificar a AM tem surgido, algumas destas derivadas do MARS (Baloğlu, 2010), por exemplo *Mathematics Anxiety Rating Scale: short version* - MARS-SV (Suinn; Winston, 2003), *Mathematics Anxiety Rating Scale: revised* MARS-R (Plake; Parker, 1982), *Short Mathematics Anxiety Rating Scale* (sMARS) (Núñez-Peña et al., 2013) e/ou voltadas a públicos específicos, *Abbreviated Math Anxiety Scale* (AMAS) (Hopko et al., 2003), *Mathematics Anxiety Rating Scale for Adolescents* (MARS-A) (Suinn; Edwards, 1982) e *Mathematics Anxiety Rating Scale for Elementary School Students* (MARS-E) (Suinn, 1988), todas desenvolvidas originalmente em inglês. Destacamos dentre estas o MARS-SV, desenvolvido em parceria com próprio autor do MARS (apresentada em detalhes mais adiante) e com forte correlação psicométrica com a escala original.

Voltando-nos ao contexto brasileiro pode-se observar dentre as publicações relacionadas à AM um pequeno número de trabalhos empíricos que utilizam de escalas autorrelatadas de classificação da AM, na maioria dos casos, teses de doutorado com publicação restrita às bibliotecas da Capes ou das instituições a que estão vinculadas (Domingues et al., 2022; Moura-Silva, 2019), não sendo alcançadas pelas buscas realizadas em plataformas de publicação científica. As demais publicações assumem abordagens teóricas, portanto não necessitando do uso de tais escalas. Dentre as referidas publicações desconhecemos trabalhos de tradução e validação do MARS-SV, portanto, delineamos como objetivo deste trabalho a proposição de versão traduzida, adaptada e validada deste importante instrumento de classificação da AM para a língua e contexto brasileiro.

Para tanto, observamos as diretrizes estabelecidas por Beaton et al., (2000) obedecendo as etapas de: Tradução; Síntese das Traduções; Comitê dos Experts, e; Pré-teste. A análise de validação seguiu com o desenvolvimento de análise qualitativa, para os quatro primeiros estágios e análise quantitativa, com desenvolvimento de Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para o último estágio, onde foram investigados índices de confiabilidade, consistência interna e parâmetros de respostas aos itens a partir de aplicação

(n=151) da versão traduzida do MARS-SV nas regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sudeste do Brasil.

3.2 Escala de Classificação da Ansiedade Matemática: versão curta (MARS-SV)

O estudo da AM tem como uma das dificuldades centrais a classificação quanto ao seu nível de manifestação. Várias tentativas foram feitas desde as primeiras menções referidas ao constructo da AM e a primeira escala de detecção da “Ansiedade Numérica” surgiu por Dreger; Aiken, (1957) ao adaptarem a escala de manifestação da ansiedade geral de Taylor, (1953). A necessidade de evidências de validade empírica e confiabilidade da escala pioneira induziu à construção de instrumentos mais completos e abrangentes que foram desenvolvidos por diversos pesquisadores, entretanto, o instrumento utilizado com maior frequência, tanto na abordagem clínica como na pesquisa, é o *Mathematics Anxiety Rating Scale - MARS* (Baloğlu, 2010; Suinn; Winston, 2003).

O MARS consiste em inventário de 98 itens do tipo Likert de 5 alternativas, em que, após receber instrução descrita no próprio instrumento, o sujeito deve indicar com quanto medo ou apreensivo fica frente a situação exposta em cada item, que contemplam situações tanto de aprendizagem, quanto aspectos relacionados ao estudo da matemática, bem como, de aplicação da matemática no cotidiano, quando trata da ansiedade manifesta em revisar a conta a ser paga em um restaurante, por exemplo. A validade e fiabilidade deste instrumento foi estudada extensivamente a partir de dados psicométricos e suas pontuações apresentaram correlações altas quando foram investigadas intensidade, persistência e situações objetivas de manifestação da AM (Baloğlu, 2010), entretanto, a extensão e o tempo de administração impuseram restrições ao seu uso, que resultou na busca por instrumento com os mesmos parâmetros psicométricos, porém mais curto (Baloğlu, 2010; Suinn; Winston, 2003).

Reconhecendo a dificuldade de administração e as limitações de propostas de redução do MARS original, Suinn; Winston, (2003) reestruturaram o instrumento propondo o MARS-SV, que derivou da escala original, assumido implicitamente como referência de classificação da AM na comunidade científica, na qual foram calculadas correlações e comparações entre as versões (Suinn; Winston, 2003). Como resultado chegou-se à escala de 30 itens derivados de outros três estudos de análise fatorial do MARS (Alexander; Cobb, 1984; Alexander; Martray, 1989; Rounds; Hendel, 1980), que tem como achado comum dois fatores: a ansiedade em testes de matemática e a ansiedade numérica; em representação ao

núcleo de dimensões contempladas pelo MARS de 98 itens (Suinn; Winston, 2003). As configurações de apresentação e orientações ao usuário foram mantidas (figura 8).

MATHEMATICS ANXIETY RATING SCALE: SHORT VERSION (MARS-SV)

The items in the questionnaire refer to things that may cause fear or apprehension. For each item decide which of the ratings best describes how much you are frightened by it nowadays - "Not at all" "A little" "A fair amount" "Much" or "Very much". Mark your answers on the answer sheet only. On the answer sheet, fill in "1" for Not at all, "2" for A little, "3" for A fair amount, "4" for Much or "5" for Very much. Do not mark this question sheet. Work quickly but be sure to consider each item individually.

	Not at all	A little	A fair amount	Much	Very much
1. Taking an examination (final) in a math course.	-	-	-	-	-
2. Thinking about an upcoming math test one week before.	-	-	-	-	-

Figura 8: Recorte da escala MARS-SV de 30 itens em linguagem original, com as orientações de utilização ao usuário, onde se apresenta as alternativas que compõem a escala *Likert* (Suinn; Winston, 2003).

A comparação indicou forte correlação das escalas. No quesito confiabilidade, observada por análise de consistência interna o MARS-SV apresentou alfa de Cronbach de 0.96, o MARS de 98 itens, por sua vez, havia apresentado 0.97 para o mesmo parâmetro em estudos anteriores (Richardson; Suinn, 1972). Em relação à validade concorrente do MARS-SV calcularam-se correlações de Pearson com MARS original, onde encontraram-se correlações significativas para as duas semanas de aplicação sendo $r = 0.92$ para a semana 1 e $r = 0.94$ para a semana 2 (Suinn; Winston, 2003).

Por fim, a análise fatorial confirmatória do MARS-SV evidenciou as previsões de Rounds; Hendel, (1980) e Alexander; Martray, (1989), quanto aos fatores contemplados, ansiedade nos testes de matemática e ansiedade numérica encontrados na escala original, MARS de 98 itens. Deste modo, compreende-se que o MARS-SV figura como substituto natural do MARS original, assumido como referência de classificação da AM na prática clínica e/ou acadêmica, logo, insinua-se a relevância em se traduzir e validar tal escala para o contexto brasileiro.

3.3 Método

O processo de tradução e validação de instrumentos psicométricos autorrelatados exige a adoção de critérios e parâmetros que apoiem a equivalência entre a versão original e a versão traduzida, levando-se em consideração fatores semânticos, idiomáticos, experienciais e

conceituais entre as versões, caracterizando de maneira geral um processo de adaptação transcultural (Beaton et al., 2000). Ou seja, os elementos específicos a serem observados devem garantir que ao ser aplicada em diferentes regiões de um mesmo país a escala que passou por processo de adaptação transcultural contempla, em nível aceitável, os fatores alcançados pelo instrumento original.

Com o objetivo de sistematizar e estabelecer critérios ao processo de tradução e adaptação transcultural Beaton et al., (2000), propuseram diretrizes que envolvem a adaptação de itens, instruções e opções de resposta para escalas psicométricas autorrelatadas, supondo que “este processo deve garantir a retenção de propriedades psicométricas, tais como validade e confiabilidade” (Beaton et al., 2000, p. 3186).

Logo, o processo proposto pelos autores constitui-se de cinco estágios: Traduções; Síntese das Traduções; Retrotraduções (*Back Translation*); Comitê de experts, e; Pré-teste. A proposta pode ser visualizada de maneira esquematizada em formato de fluxograma na figura 9.

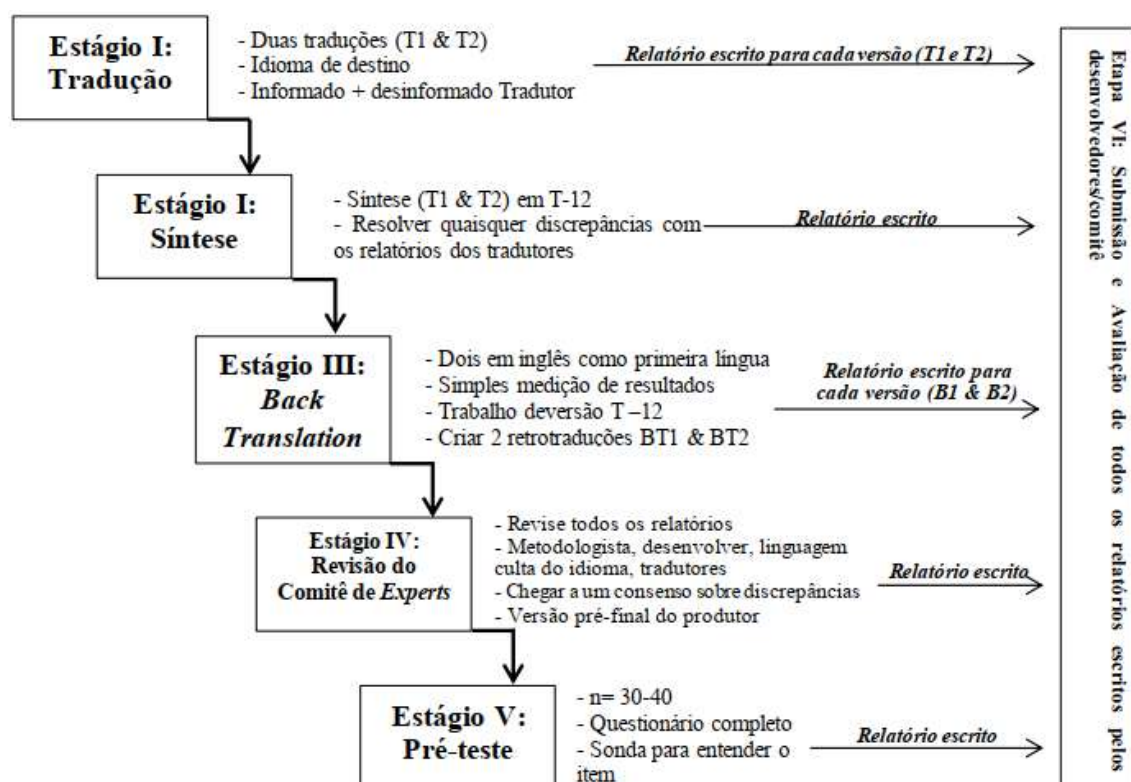


Figura 9: Esquema do processo de tradução e adaptação transcultural de escalas autorrelatadas proposto por Beaton et al., (2000). Tradução (Braun, 2023)..

Para o desenvolvimento deste trabalho assumiu-se os seguintes estágios:

- **Traduções:** assumimos o termo no plural em obediência à recomendação de que a tradução do idioma de origem (inglês) para o idioma de destino (português brasileiro), seja realizada independentemente, por pelo menos dois tradutores, dos quais um (T1) deve ter ciência do constructo a ser investigado pelo instrumento em processo de tradução (Ansiedade Matemática), exercendo a funcionalidade de representante acadêmico/clínico da equipe tradutora. Ao segundo tradutor (T2) esta exigência é dispensada, pois, menos influenciado pelo objetivo acadêmico da escala, deve oferecer uma tradução que reflete a linguagem popular. Ambos devem relatar frases desafiadoras ou incertezas enfrentadas durante a realização da tradução inicial, pois esta descrição corrobora com o estágio II (Beaton et al., 2000).
- **Síntese das traduções:** o segundo estágio deve resolver as discrepâncias entre as traduções de T1 e T2. De posse da escala original, traduções e descrições de dificuldades relatadas pelos tradutores a equipe se reúne, sintetiza as traduções e indica a versão T-12, apresentada ao comitê experts (Beaton et al., 2000).
- **Comitê de experts:** o comitê de experts envolve toda a equipe de tradução que deve consolidar a versão apresentada após o estágio de síntese, avaliando a equivalência semântica (significados de palavras, dificuldades gramaticais), equivalência idiomática (superar coloquialismos), equivalência experiencial (experiências vividas em uma cultura podem não ser em outras), equivalência conceitual (os conceitos tem variação cultural e devem ser considerados). Cabe ao comitê entregar versão “pré-final” que deve ser submetida ao crivo do teste de campo, ou pré-teste. Para nosso estudo adaptou-se o comitê de experts, sendo substituídos os profissionais de saúde recomendados, por profissionais da educação (Beaton et al., 2000).
- **Pré-teste:** : esta é a etapa final do processo de adaptação transcultural e deve ser realizada diante do público-alvo com cerca de 30 a 40 pessoas, que devem julgar se a tradução está compreensível e indicar possíveis incompatibilidades nos itens da escala. A análise de dados desta etapa deve buscar por itens faltantes e correção de itens com possibilidade de respostas dúbias. Mesmo oferecendo uma visão útil da interpretabilidade do instrumento por parte do público alvo o estágio de pré-teste não contempla as verificações de validade e confiabilidade para o constructo, itens indispensáveis ao processo de tradução e validação transcultural, que deve ser desenvolvido em etapa adicional (Beaton et al., 2000).

- **Teste de Validade e Confiabilidade:** os testes de retenção das propriedades psicométricas foram conduzidos por Análise Fatorial Confirmatória sobre os dados de aplicação da versão final da escala traduzida mediante o público-alvo em quatro das cinco regiões do Brasil⁴ (n = 151), para então serem comparadas aos parâmetros descritos em análise semelhante da escala no idioma original (Suinn; Winston, 2003).

O estágio de *Back Translation*, terceiro no fluxograma apresentado acima, foi omitido deste processo de tradução por motivo de força maior. Sua realização depende da reavaliação, por parte de Suinn; Winston, (2003), do retorno da versão advinda da síntese de traduções à língua original do instrumento, porém, os autores encontram-se aposentados e sua contribuição à comunidade científica se restringe à sua obra disponível nos mais diversos canais de publicação acadêmica. Todavia, entendemos que a omissão ou não realização desta etapa não prejudica o processo de adaptação transcultural ora realizado, pois este estágio exerce papel de “confirmação adicional” à qualidade da tradução desenvolvida (Beaton et al., 2000; Sireci et al., 2006).

3.4 Resultados e Discussão

Nesta seção optamos por apresentar os resultados em dois tópicos: Análise Qualitativa e Análise Quantitativa, nos quais discutimos os resultados encontrado neste processo de tradução e adaptação. A dimensão qualitativa busca descrever os procedimentos específicos de tradução e adaptação desenvolvidos segundo as diretrizes de Beaton et al., (2000) com análise de revisão item a item dos relatórios de T1 e T2, para formulação da síntese apresentada ao comitê de *experts*, que propõe a versão a ser aplicada na fase de Pré-teste, na qual são gerados resultados a partir da avaliação desenvolvida pelo público alvo da escala. A análise quantitativa foi desenvolvida com o objetivo de determinar os índices de ajuste do modelo de mensuração, avaliação de consistência interna, parâmetros de discriminação, Curvas Características dos Itens (CCI) e Curvas de Informação do Teste (CIT), bem como, na geração dos gráficos de confirmação do modelo de equações estruturais do instrumento, dentre outros.

⁴ A região sul do Brasil não pode ser alcançada, pois, durante o período de coleta de dados compreendido entre 04/06/2024 e 13/08/2024 não obtivemos respostas ao formulário da escala.

3.4.1 Análise Qualitativa

Os relatórios de tradução T1 e T2 foram apresentados sem grandes discrepâncias, entretanto, alguns termos utilizados pelos tradutores apresentaram diferenças, porém, sem comprometer o sentido da proposição. Por exemplo, o item 1 foi apresentado no relatório T1 considerando a expressão “*examination (final)*” como “*teste final*” enquanto T2 considerou a mesma expressão como “*exame (final)*”. Nota-se que ambas as traduções mantêm o sentido propositivo da asserção que busca mensurar quão ansioso o indivíduo se encontra ao realizar/fazer um teste/exame final de matemática. Todavia, a revisão item a item das versões de tradução e dos relatórios de T1 e T2 teve ênfase nos itens Q7 e Q11 do MARS-SV. O item Q7 “*Receiving your final math grade in the mail*” apresentou divergência nas traduções, apresentando dificuldades sobre os termos e estruturação da frase traduzida. Enquanto T1 propõe “*Receber a nota de uma prova pelos correios*”, T2 sugere “*Receber sua nota final de matemática pelo correio*”.

Nota-se na tradução de T1 que o recebimento da nota foi generalizado omitindo-se o termo matemática, enquanto T2 sugere a recepção da nota de matemática pelo correio. A intervenção de membros da equipe trouxe questionamentos acerca do termo “*mail*”. Considerando o processo de adaptação transcultural questionou-se o emprego da recepção da nota pelo correio físico ao invés de correio eletrônico, que culturalmente é mais aceitável nos dias atuais. Portanto, acerca do item Q7, conclui-se que o termo matemática não poderia ser omitido, fazendo-se prevalecer a sugestão de T2. Por outro lado, a mudança do termo *correio* para *e-mail*, ficaria a cargo do comitê de experts.

O item Q11, “*Taking the math section of a college*” faz referência ao processo de ingresso a cursos universitários. T1 apresentou tradução contemplando a prática de ingresso às universidades brasileiras, “*Fazer a prova do Enem⁵ seção de matemática e suas tecnologias*”, para T2 o item cumpri o mesmo objetivo, porém foi expresso referindo-se à realização de vestibular “*Fazer a seção de matemática do vestibular*”, nota-se aqui a previsão de Beaton et al., (2000), referente à influência do viés acadêmico de T1, enquanto T2 traduz de maneira livre obedecendo a linguagem popular. Optou-se neste item pela proposta de T1, assumindo margem para atuação do comitê de experts, quanto aos termos *Enem* e *Vestibular*, no estágio seguinte.

⁵ O Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM é realizado anualmente pelo governo brasileiro e as pontuações obtidas pelos participantes podem ser utilizadas nos processos seletivos de ingresso a cursos universitários.

Por fim, a síntese de traduções encerrou-se com avaliação do item Q19, “*Figuring the sales tax on a purchase that costs more than \$1.00*”. O referido item faz menção ao tratamento financeiro, sendo necessário a consideração da moeda local no processo de adaptação transcultural. T2 traduziu o item sem considerar a conversão da moeda mantendo a nomenclatura financeira referente à língua de origem, 1 dólar. O T1 apresentou versão considerando a conversão de moeda atribuindo valor aleatório de conversão, no entanto, considerando a moeda local, esta foi a sugestão acatada pela equipe: *Calcular o imposto sobre a venda de uma compra que custou mais de três reais*.

Seguindo com o fluxograma indicado por Beaton et al., (2000) constituiu-se o comitê de experts para avaliação da versão oriunda da etapa de síntese das traduções. Cada avaliador fez análise da versão em particular e apresentou relatório de sugestões, indicando ajustes com base nos fatores de equivalência semântica, idiomática, experiencial e conceitual. Em observação holística sobre versão apresentada após a síntese das traduções um dos avaliadores sugere a padronização dos termos que exercem funções sinônimas, por exemplo, teste e prova, porém, obedecendo a disposição destes termos na escala em língua original.

O tratamento item a item desenvolvido pelo comitê de experts concentrou-se nas três assertivas exploradas com mais ênfase durante a síntese de resultados. Iniciando pelo item Q7 o posicionamento do comitê é de que o termo *correio* deve ser substituído por *e-mail*. Considerando o período em que se desenvolveu escala por Suinn; Winston, (2003), e o advento da internet, as atualizações dos meios de comunicação e a faixa etária do público alvo (18 a 35 anos), pode não parecer aceitável o recebimento de notas pela via expressa na escala original. Portanto o item Q7 assume a seguinte configuração: “*Receber sua nota final de matemática por e-mail*”.

Na análise do item Q11 “*Taking the math section of a college*”, onde notou-se discrepância nas versões de tradução T1 e T2 entre os termos *Enem* e *Vestibular* levou-se em consideração as modalidades de ingresso a cursos universitários vigente no Brasil, que acontecem por meio do *Enem* e/ou *Vestibular*, além do objetivo inicial deste processo de tradução que se propõe em desenvolver tradução com abrangência nacional e não poderia deixar considerar fatores que têm potencial de implicar na resposta do público-alvo. Logo, assumiu-se as duas perspectivas e a reformulação executada resultou no item Q11 nestes termos: “*Fazer a seção de matemática e suas tecnologias da prova do Enem ou Vestibular*”.

Finalizando, o comitê de experts posicionou-se acerca do item Q19 “*Figuring the sales tax on a purchase that costs more than \$1.00*”, atestando a decisão na etapa de síntese

das traduções ao optar pela consideração da moeda local, como exigência da equivalência experiencial prevista por Beaton et al., (2000). O estágio IV do processo de adaptação transcultural buscou solucionar discordâncias na versão apresentada após a síntese de T1 e T2 culminando na entrega da versão pré-final a ser submetida ao crivo do público alvo no estágio de Pré-teste. Finalizada a revisão do comitê de *experts* a versão pré-final foi submetida à avaliação que caracterizou o estágio V deste processo.

A amostra da fase de Pré-teste (Estágio V) foi constituída de acadêmicos dos cursos de bacharelado em Zootecnia e Administração de Empresas (n = 37), com idade entre 18 e 28 anos (M = 19), sendo 60,5% do sexo feminino. Foram considerados passíveis de reestruturação, após a avaliação do pré-teste, os itens que obtiveram *scores* inferiores a 70% de aprovação em pelo menos dois, dentre os três aspectos avaliados (Compreensão, Clareza e Adequação), sendo que na escala *Likert* de 1 a 5 que constitui o formulário as notas 4 e 5 atribuídas pelos participantes foram consideradas aceitáveis.

De modo geral a versão entregue pelo comitê de *experts* apresentou aceitação considerável sendo que, obedecidos os critérios previamente estabelecidos, apenas quatro itens (13,3%) foram retidos e receberam sugestões de reformulação. Outros três itens receberam notas inferiores a 70% em apenas um dos aspectos avaliados pelo formulário, os demais (23 itens) mantiveram *scores* acima do ponto de corte estabelecido, registrando que 76,6% dos itens foram traduzidos e adaptados adequadamente pelos estágios que antecederam a fase de Pré-teste. Os itens a serem reformulados são: Q16, Q22, Q24 e Q26.

As reformulações indicadas nos itens **Q16**: “*Fazer uma divisão com números de cinco dígitos por números de dois dígitos em privado com lápis e papel*” e **Q26**: “*Somar as quotizações recebidas e despesas de um clube ao qual você pertence*”, foram classificadas como sendo de ordem conceitual, referidas aos termos “*privado*” e “*quotizações*”. Os participantes tiveram dúvidas quanto aos significados dos termos e indicaram a utilização de sinônimos como forma de adequação à linguagem comum e acessível ao público alvo. A alteração no item Q16 substituiu a expressão “*em privado*” por “*usando somente*” que após a reestruturação assumiu o seguinte formato: “*Fazer uma divisão com números de cinco dígitos por números de dois dígitos usando somente lápis e papel*”. Para o item Q26 o termo “*quotizações*” foi substituído por “*divisões de cotas*” mantendo-se o sentido de empregabilidade e significado do item, que assumiu a seguinte estrutura: “*Somar as divisões de cotas recebidas e as despesas de um clube ao qual você pertence*”.

Os itens **Q22**: “*Ser observado enquanto faz um gráfico de barras*” e **Q24**: “*Ser responsável pela cobrança de uma organização e ter que acompanhar o montante*”, segundo avaliação das respostas, apresentaram problemas de ordem estrutural comprometendo especialmente o aspecto de compreensão em ambos os casos, sendo que apenas 60,6% e 55,2%, dos participantes atribuíram notas 4 e 5 para estes itens respectivamente. A reformulação do item Q22 considerou a execução da tarefa referida no item. Para “fazer” um gráfico de barras utilizando um *software*, por exemplo, basta executar um comando específico, o que não garante a demanda de conhecimento matemático, entretanto, desenhar ou esboçar o mesmo gráfico requer conhecimento mínimo sobre os eixos de alocação das variáveis, assim como, a utilização de unidades de medidas e escalas, portanto, julga-se que, na avaliação dos participantes a execução de um simples comando não ocasionaria ansiedade, enquanto o ato de desenhar o mesmo gráfico sim. Deste modo, reformulou-se o item que assumiu a seguinte redação: “*Ser observado enquanto desenha um gráfico de barras*”.

Por fim, a avaliação do item Q24 considerou que a organização estrutural da frase compromete a compreensão ao não fazer referência ao “*montante*” em questão. A reformulação proposta reorganiza o final da frase adicionando a expressão “*final de dinheiro*”, deste modo especificando a que montante o item faz referência. A versão final da escala traduzida e adaptada apresenta o item Q24 com a seguinte reformulação: “*Ser responsável pela cobrança de uma organização e ter que acompanhar o montante final de dinheiro*”.

A íntegra das traduções não pode ser apresentada neste trabalho por se tratar de instrumento de domínio privado e sua publicação ser restrita aos detentores de seus direitos autorais. O desenvolvimento desta etapa nos conduziu à versão final do formulário que foi submetido à amostra por meio de formulário eletrônico em quatro regiões do país para análise de validade e confiabilidade, em que seus resultados são descritos a seguir.

3.4.2 Análise Quantitativa

Para a fase de Teste de Validade e Confiabilidade optou-se pela utilização de versão eletrônica do MARS-SV, afim de otimizar a dinâmica de coleta de dados, observando-se integralmente as características psicométricas do instrumento, prática utilizada em outros estudos que visam aumentar o alcance amostral (Nunes et al., 2019), haja vista a proposta

ora desenvolvida para este instrumento. A distribuição geográfica da amostra contemplou quatro regiões do Brasil, nas quais participaram acadêmicos ($n = 151$), 59,6% mulheres, de cursos de graduação nas áreas de Biologia, Ciências da Natureza, Licenciatura Integrada em Ciências Matemáticas e Linguagens, Matemática, Pedagogia e Zootecnia de universidades públicas federais e estaduais.

As análises foram conduzidas em linguagem de programação R, com emprego dos pacotes lavaan (Rosseel, 2017) para o cálculo dos índices de ajuste do modelo de mensuração, semTools (Jorgensen, 2016) na avaliação de consistência interna e o semPlot (Epskamp; Epskamp; Mplusautomation, 2017) na geração da visualização gráfica do modelo de equações estruturais. A validade interna do instrumento foi avaliada por Análise Fatorial Confirmatória considerando a estrutura fatorial do instrumento original em língua inglesa (Suinn; Winston, 2003), em que foram testados dois fatores latentes: Ansiedade aos Testes de Matemática (Q1-Q15) e Ansiedade Numérica (Q16-Q30), na qual objetivamos verificar o ajuste de um modelo teórico aos dados empíricos, utilizando indicadores de qualidade de ajuste (Hair et al., 2009).

Os indicadores de ajuste utilizados para avaliar a qualidade do modelo foram: a) χ^2 , com a expectativa de valores não significativos ($p > 0,05$); b) a razão χ^2/df , considerada adequada quando ≤ 5 ; c) Comparative Fit Index (CFI) e d) Tucker-Lewis Index (TLI), com pontos de corte aceitáveis quando $\geq 0,90$; e) Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA), com valores $\leq 0,08$, e o limite superior do intervalo de confiança $\leq 0,10$; e f) Standardized Root Mean Square Residual (SRMR), que apresenta resultados satisfatórios quando $\leq 0,08$ (Brown, 2016; Byrne, 2013; Tabachnick; Fidell, 2007). A consistência interna do instrumento foi mensurada por meio dos coeficientes α de Cronbach e ω de McDonald, que avaliam o grau de correlação entre os itens de um fator latente. Os pontos de corte adotados para esses coeficientes foram valores $\geq 0,70$ (Bland; Altman, 1997; Hayes; Coutts, 2020).

Adicionalmente, aplicou-se a Teoria de Resposta ao Item para examinar os parâmetros individuais dos itens, como discriminação e dificuldade. Para isso, foi utilizado o pacote mirt (Chalmers, 2012), com base no Modelo de Resposta Gradual (Samejima, 1969). O parâmetro de discriminação indica a capacidade de um item diferenciar sujeitos com diferentes níveis de traço latente (Hutz; Bandeira; Clarissa M, 2015), enquanto o parâmetro de dificuldade representa o nível de traço latente necessário para o sujeito ter 50% de chance de selecionar uma determinada categoria de resposta em relação a outra (Pasquali;

Primi, 2003). Para interpretar esses parâmetros, foram considerados os pontos de corte estabelecidos por Pasquali, (2020), onde: discriminação entre 0,01 e 0,34 é considerada muito baixa; entre 0,35 e 0,64 é baixa; entre 0,65 e 1,34 é moderada; entre 1,35 e 1,69 é alta; e acima de 1,70 é muito alta. A dificuldade dos itens varia geralmente de -3 a +3, com valores próximos de -3 indicando itens fáceis e valores próximos de +3 indicando itens difíceis (Pasquali; Primi, 2003).

Por fim, foram analisadas as Curvas Características dos Itens e as Curvas de Informação do Teste. As CCIIs demonstram a quantidade de informação mensurada em função do nível de traço latente do respondente, com curvas mais acentuadas indicando itens que fornecem mais informação e curvas mais achatadas representando maior amplitude de traço latente mensurado. As CITs, por sua vez, indicam a quantidade de informação proporcionada pelo conjunto de itens do teste. A interpretação das CITs segue a lógica das CCIIs, sendo que o ponto de intersecção entre as linhas azul (informação) e vermelha (resíduo) delimita a amplitude do nível de traço latente captada pelo teste.

Inicialmente, testou-se o pressuposto de normalidade multivariada dos dados, através do teste de Mardia. Os resultados apontaram Assimetria ($Mardia_{Assimetria} = 309,22, p < 0,001$) e Curtose ($Mardia_{Curtose} = 1083,32, p < 0,001$) multivariada, indicando a necessidade da avaliação dos modelos confirmatórios a partir do indicador *Weighted Least Squares Mean and Variance Adjusted* - WLSMV. A Figura 10 apresenta a distribuição em *qq-plot* para os dados analisados.

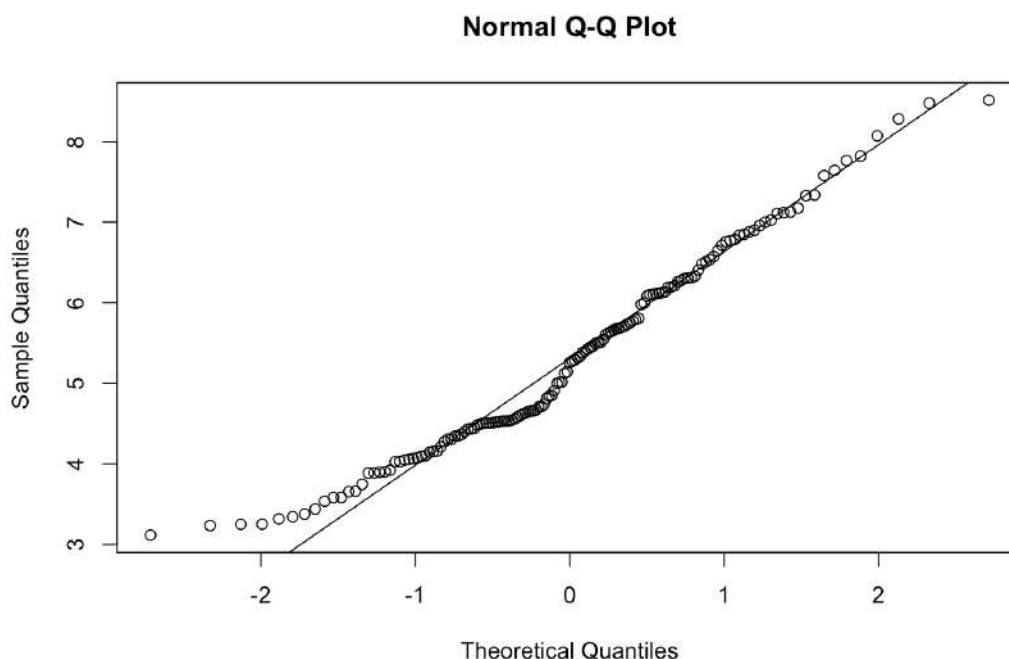


Figura 10: Teste de Mardia para distribuição multivariada de normalidade indicando assimetria na distribuição dos dados.

A partir disso, testou-se o modelo bifatorial referenciado, através da AFC (Tabela 1). Os resultados apontaram ajuste satisfatório do modelo, com a exceção do estimador SRMR, que apresentou resultados ligeiramente superiores ao ponto de corte (Brown, 2016). Além disso, todas as cargas fatoriais apresentaram resultados significativos ($p < 0,05$). Contudo, os itens Q18 ($\lambda = 0,282$) e Q27 ($\lambda = 0,280$) apresentaram carga fatorial abaixo do ponto de corte da magnitude necessária, proposta por (Hair et al., 2009), que sugerem valores acima de $|0,30|$, ainda que com resultados significativos e próximos do ponto de corte necessário.

	χ^2 (df)	χ^2/gl	CFI	TLI	SRMR	RMSEA (IC90%)	α	ω
MARS-SV	654,187 (404)*	1,619	0,942	0,937	0,095	0,076 (0,065 a 0,086)	0,911	0,900
MARS-SV _R	615,503 (349)*	1,763	0,980	0,978	0,094	0,077 (0,067 a 0,087)	0,911	0,907

Tabela 1: Indicadores de ajuste do modelo MARS-SV e MARS-SV_R, Português brasileiro. Sendo o MARS-SV_R a versão em processo de tradução excluindo-se os itens Q18 e Q27.

Propôs-se ainda, análise confirmatória a partir do modelo reduzido (MARS-SV_R), configurado com a retenção dos dois itens com carga fatorial inferior ao ponto de corte (Q18 e Q27), que não apresentou melhoria significativa nos indicadores de ajuste, com exceção dos índices CFI e TLI, que apresentaram melhores resultados para este modelo. Além disso,

a retirada dos itens também não impactou significativamente na consistência interna da medida, com indicadores Alfa de Cronbach mantidos (0,911) para ambos modelos e Ômega de McDonald para MARS-SV (0,900) e ligeiramente superior (0,907) para MARS-SV_R, evidenciando resultados satisfatórios nos dois casos. As estruturas fatoriais encontradas através das análises podem ser visualizadas na figura 11.

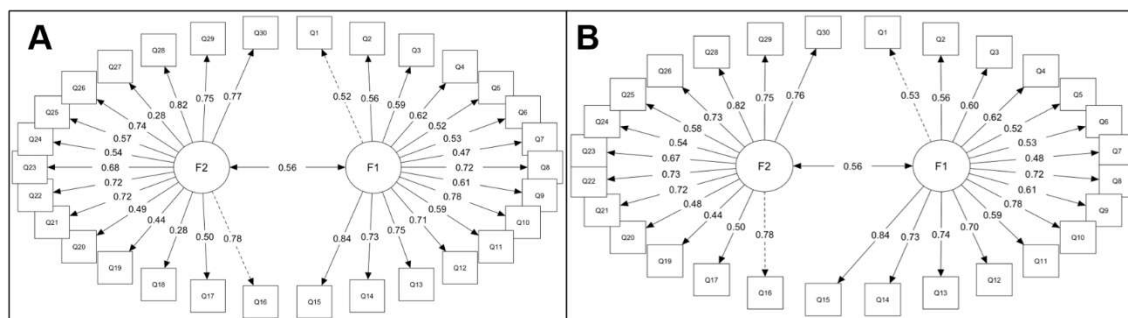


Figura 11: A) Modelo de equações estruturais do MARS-SV Português brasileiro encontrado a partir dos dados analisados. B) Modelo de equações estruturais do MARS-SV_R versão Português brasileiro com a retenção dos itens Q18 e Q27.

Quanto às análises dos parâmetros individuais dos itens, os resultados apontaram indicadores satisfatórios para todos os itens dos dois fatores (Tabela 2). Para o fator 1, a discriminação média apresentou indicadores altos ($M = 1,738$, $DP = 0,492$), com itens variando em discriminação de 1,112 (Q6; moderada) até 3,006 (Q15; muito alta), enquanto para o fator 2, a discriminação média foi muito alta ($M = 2,183$, $DP = 1,405$), com discriminação dos itens variando entre 0,853 (Q27; moderada) e 5,175 (Q30; muito alta).

Itens	a	b1	b2	b3	b4	bx	λ
Ansiedade aos testes de matemática							
Q1	1,554	-2,153	-0,984	0,215	1,306	-0,0124	0,520
Q2	1,551	-1,868	-0,311	0,641	1,797	0,362	0,559
Q3	1,695	-2,763	-0,973	-0,115	1,328	-0,1656	0,593
Q4	1,969	-2,35	-1,313	-0,437	0,674	-0,2914	0,618
Q5	1,421	-1,852	-1,084	-0,362	0,68	-0,2394	0,520
Q6	1,112	-2,145	-0,767	0,067	1,388	-0,069	0,532
Q7	1,242	-1,734	-0,555	0,41	1,547	0,182	0,474
Q8	1,811	-1,135	-0,182	0,82	1,743	0,6114	0,722
Q9	1,684	-2,022	-1,237	-0,769	0,301	-0,4086	0,607
Q10	2,557	-1,174	-0,127	0,847	1,834	0,7874	0,776

Q11	1,306	-1,661	-0,245	1,204	2,178	0,5564	0,585
Q12	1,524	-0,522	0,572	1,511	2,572	1,1314	0,705
Q13	1,825	-0,408	0,538	1,68	3,08	1,343	0,749
Q14	1,808	-1,665	-0,665	0,398	1,259	0,227	0,731
Q15	3,006	-1,118	-0,341	0,576	1,564	0,7374	0,836
Ansiedade numérica							
Q16	2,514	-0,021	0,803	1,694	1,861	1,3702	0,784
Q17	2,241	1,26	1,975	2,893	NA	2,09225	0,503
Q18	1,008	1,527	2,841	3,803	4,743	2,7844	0,282
Q19	1,061	0,582	2,134	3,002	5,219	2,3996	0,438
Q20	1,055	-0,188	1,363	2,58	3,74	1,71	0,488
Q21	2,307	0,663	1,638	2,9	NA	1,877	0,725
Q22	1,718	-0,73	0,601	1,574	2,455	1,1236	0,723
Q23	1,688	-0,185	1,303	2,794	3,399	1,7998	0,680
Q24	1,169	-1,378	0,462	2,031	3,861	1,229	0,541
Q25	1,057	-1,732	0,438	1,776	3,249	0,9576	0,567
Q26	2,093	-0,067	0,936	2,183	3,037	1,6364	0,739
Q27	0,853	1,407	2,422	4,423	5,513	2,9236	0,280
Q28	4,039	0,118	0,857	1,71	2,081	1,761	0,821
Q29	4,763	0,516	1,212	2,173	2,691	2,271	0,749
Q30	5,175	0,383	1,158	1,69	2,084	2,098	0,767

Tabela 2: Parâmetros individuais e cargas fatoriais dos itens do MARS-SV Português brasileiro. Em destaque os itens Q18 e Q27 que apresentaram cargas fatoriais abaixo do ponto de corte.

Quando investigados os parâmetros de dificuldade, o fator 1 apresentou dificuldade média próxima do ponto médio da escala de mensuração ($M = 0,317$, $DP = 0,533$), com itens variando entre -0,409 (Q9) e 1,343 (Q13), esses resultados apontam que os itens do fator 1 apresentam dificuldade equilibrada. O fator 2 apresentou dificuldade média superior ($M = 1,869$, $DP = 0,575$), com itens variando entre 0,958 e 2,924, indicando que os itens do fator 2 apresentam dificuldade alta. Posteriormente, analisaram-se as CCIs e CIT dos dois fatores do instrumento (Figura 12).

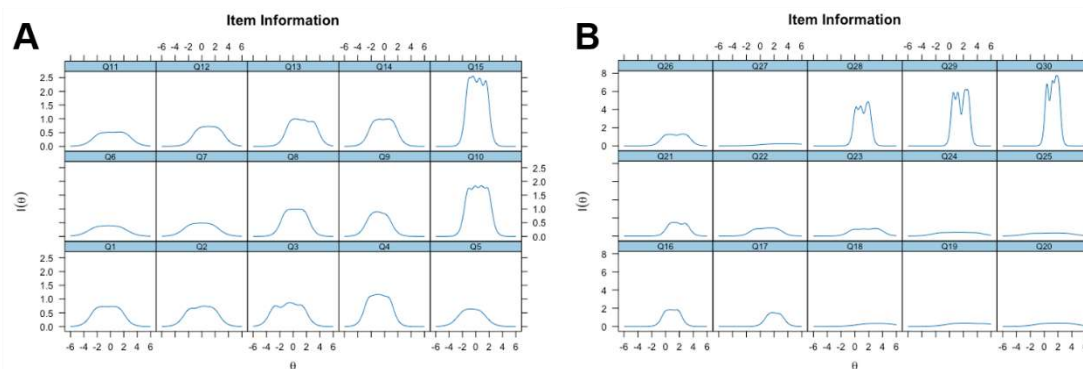


Figura 12: Curvas de informação dos itens do MARS-SV Português brasileiro agrupados por fator de pertencimento. A) Fator 1: Ansiedade aos testes de Matemática; B) Fator 2: Ansiedade Numérica.

Para o fator 1, as CCIs evidenciam que os itens apresentaram boa quantidade de informação mensurada, indicando serem itens que conseguem mensurar com precisão o continuum do traço latente mensurado pelo instrumento. Por outro lado, quando considerados os itens do fator 2, a CCI indicou que os itens Q18, Q19, Q20, Q24, Q25 e Q27 apresentaram quantidade de informação mensurada abaixo dos demais itens do fator latente, ainda que com parâmetros adequados. Esse resultado se dá pela alta discriminação dos itens Q28, Q29 e Q30, que apresentaram valores de discriminação acima de +3,0. Além disso, a CIT apresentou que o fator 1 consegue mensurar com precisão o intervalo aproximado de -3,8 até 3,8, com pico de precisão aproximadamente em 0,5 níveis de θ . Na avaliação CIT do fator 2, por sua vez, observou-se que o fator latente mensura com precisão o intervalo aproximado de θ de -1,7 até 4,5, com pico de precisão em +2,2, aproximadamente (Figura 13).

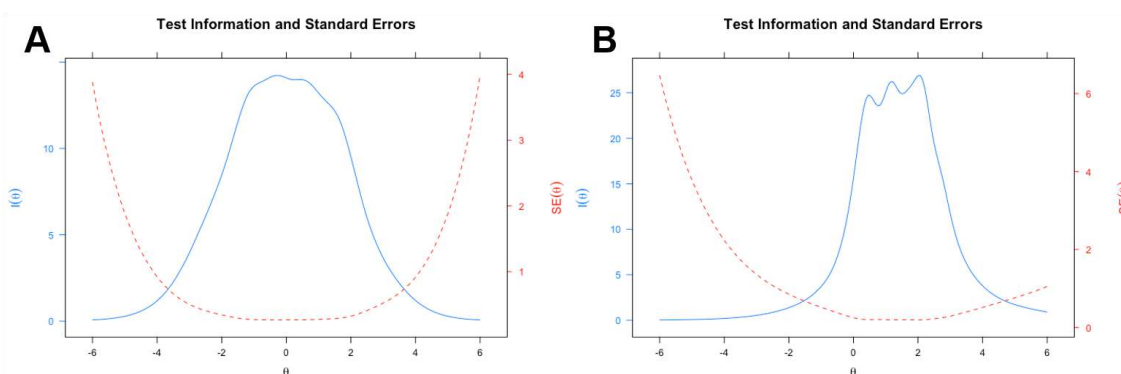


Figura 13: Curvas de Informações do Teste para os fatores latentes do MARS-SV Português brasileiro. A) Fator 1: Ansiedade aos testes de Matemática; B) Fator 2: Ansiedade Numérica.

A partir dos resultados encontrados, pode-se inferir que a medida apresentou evidências de qualidade psicométrica. Ressalta-se ainda que, por mais que os itens Q18 e

Q27 tenham apresentado cargas fatoriais baixas, estes apresentaram parâmetros individuais satisfatórios, que justificam sua presença dentre os itens do instrumento, além de sugerir novas análises com amostras maiores, para garantir a acurácia da mensuração da plausibilidade da estrutura fatorial encontrada, entretanto, sugere-se que a retenção dos itens mencionados não inviabiliza o modelo estrutural da versão em português do MARS-SV, uma vez que a redução do instrumento não apresentou impacto significativo nos parâmetros psicométricos da medida.

3.5 Considerações

O procedimento de tradução desenvolvido neste artigo seguiu os preceitos indicados por Beaton et al., (2000) e tomou como referência a análise de dados psicométricos do MARS-SV (Suinn; Winston, 2003). O percurso transcorrido pelos estágios previstos viabilizou a construção da versão final da escala em língua portuguesa, sendo que esta, foi testada em amostra com disposição geográfica em praticamente todo o território nacional. As evidências indicam convergência de confiabilidade e validade quando considerada a mesma estrutura fatorial do instrumento original, sendo capaz de discriminar níveis de AM a partir de dois fatores: Ansiedade aos Testes de Matemática e Ansiedade Numérica.

Foram testados dois modelos, o primeiro composto por 30 e o segundo por 28 itens, traduzidos e adaptados da língua inglesa, sendo que para este último, foram excluídos dois itens que apresentaram carga fatorial abaixo do ponto de corte referência na primeira versão, porém, sem alteração significativa nos parâmetros investigados, denotando que ambos os modelos podem ser utilizados no diagnóstico de AM para adultos jovens entre 18 e 30 anos, em pelo menos quatro das cinco regiões brasileiras.

Ressaltamos que o mesmo instrumento, porém, assumindo outro arranjo fatorial, foi estudado em países como Turquia (Baloğlu, 2010) e Áustria (Pletzer et al., 2016), sugerindo a possibilidade de análise de tais modelos para a versão brasileira, assim como se tem praticado em outras culturas, haja vista, os resultados confirmatórios de validade e confiabilidade encontrados, podendo-se ampliar a amostra, uma vez que a versão produzida apresenta parâmetros satisfatórios, quando comparados à escala original, viabilizando um estudo mais extenso com o objetivo de investigar estes outros modelos fatoriais, podendo-se incluir em tais análises a investigação de diferenças de gênero.

Por fim, compreendermos que os resultados ora apresentados oferecem à comunidade uma versão do MARS-SV em Português brasileiro, possibilitando sua utilização no diagnóstico de Ansiedade Matemática para o público adulto jovem, que, por sua vez, pode viabilizar pesquisas de cunho empírico com foco de investigação deste fenômeno que induz consequências deletérias, tanto à aprendizagem como a aplicação da matemática cotidiana.

3.6 Referências

- ALEXANDER, L.; COBB, R. Identification of the Dimensions and Predictors of Math Anxiety among College Students. **Reports - Research**, 1984.
- ALEXANDER, L.; MARTRAY, C. R. The development of an abbreviated version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. **Measurement and Evaluation in Counseling and Development**, v. 22, p. 143–150, 1989.
- ASHCRAFT, M. H. Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, n. 5, p. 181–185, 23 out. 2002.
- BALOĞLU, M. An investigation of the validity and reliability of the adapted mathematics anxiety rating scale-short version (MARS-SV) among Turkish students. **European Journal of Psychology of Education**, v. 25, n. 4, p. 507–518, 21 dez. 2010.
- BEATON, D. E. *et al.* Guidelines for the Process of Cross-Cultural Adaptation of Self-Report Measures. **Spine**, v. 25, n. 24, p. 3186–3191, dez. 2000.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistics notes: Cronbach's alpha. **BMJ**, v. 314, n. 7080, p. 572–572, 22 fev. 1997.
- BRAUN, L. C. S. L. **ADAPTAÇÃO TRANSCULTURAL DO METACOGNITIVE KNOWLEDGE IN MATHEMATICS QUESTIONNAIRE (MKMQ) PARA O CONTEXTO BRASILEIRO**. Dissertação (Mestrado)—Belém: Universidade Federal do Pará, 2023.
- BROWN, T. A. **Confirmatory factor analysis for applied research**. 2. ed. New York: Guilford publications, 2016.
- BYRNE, B. M. **Structural Equation Modeling with Mplus**. [s.l.] Routledge, 2013.
- CHALMERS, R. P. mirt: A Multidimensional Item Response Theory Package for the R Environment. **Journal of Statistical Software**, v. 48, n. 6, 2012.
- DOMINGUES, M. R. DE S. *et al.* Exercício físico e ansiedade matemática: perspectivas para educação matemática a partir das neurociências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, p. 81, 6 abr. 2022.

DOWKER, A.; SARKAR, A.; LOOI, C. Y. **Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?** *Frontiers in Psychology* Frontiers Media S.A., , 2016.

DREGER, R. M.; AIKEN, L. R. The identification of number anxiety in a college population. *Journal of Educational Psychology*, v. 48, n. 6, p. 344–351, out. 1957.

EPSKAMP, S.; EPSKAMP, M. S.; MPLUSAUTOMATION, S. **Package ‘semplot’**.

HAIR, J. F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. [s.l.] Bookmam, 2009.

HAYES, A. F.; COUTTS, J. J. Use Omega Rather than Cronbach’s Alpha for Estimating Reliability. But.... *Communication Methods and Measures*, v. 14, n. 1, p. 1–24, 2 jan. 2020.

HOPKO, D. R. *et al.* The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS). *Assessment*, v. 10, n. 2, p. 178–182, 26 jun. 2003.

HUTZ, C. S.; BANDEIRA, D. R.; CLARISSA M. **Psicometria**. [s.l.] Artmed, 2015.

JORGENSEN, T. D. **Package ‘semtools’**.

MALONEY, E. A.; BEILLOCK, S. L. Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guard against it. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 16, n. 8, p. 404–406, ago. 2012.

MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca, Desempenho Matemático e Função Executiva em Crianças Escolares**. Doutorado—Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 11 mar. 2019.

MOURA-SILVA, M. G.; TORRES NETO, J. B.; GONÇALVES, T. O. Bases Neurais da Ansiedade Matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, v. 34, n. 66, p. 246–267, abr. 2020.

NUNES, L. Y. O. *et al.* Análisis psicométrico de la PANAS en Brasil. *Ciencias Psicológicas*, p. 45–55, 2 maio 2019.

NÚÑEZ-PEÑA, M. I. *et al.* A Spanish version of the short Mathematics Anxiety Rating Scale (sMARS). *Learning and Individual Differences*, v. 24, p. 204–210, abr. 2013.

PASQUALI, L. **TRI—Teoria de resposta ao item: Teoria, procedimentos e aplicações**. [s.l.] Appris, 2020.

PASQUALI, L.; PRIMI, R. Basic theory of Item Response Theory: IRT. *Avaliação Psicológica*, v. 2, n. 2, p. 99–110, 2003.

PLAKE, B. S.; PARKER, C. S. The Development and Validation of a Revised Version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. **Educational and Psychological Measurement**, v. 42, n. 2, p. 551–557, 7 jun. 1982.

PLETZER, B. *et al.* Components of Mathematics Anxiety: Factor Modeling of the MARS30-Brief. **Frontiers in Psychology**, v. 7, 17 fev. 2016.

RICHARDSON, F. C.; SUINN, R. M. The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data. **Journal of Counseling Psychology**, v. 19, n. 6, p. 551–554, nov. 1972.

ROSSEEL, Y. Package ‘lavaan’. **Retrieved June**, v. 17, n. 1, 2017.

ROUNDS, J. B.; HENDEL, D. D. Measurement and dimensionality of mathematics anxiety. **Journal of Counseling Psychology**, v. 27, n. 2, p. 138–149, mar. 1980.

SAMEJIMA, F. Estimation of latent ability using a response pattern of graded scores. **Psychometrika monograph supplement**, 1969.

SIRECI, S. G. *et al.* Evaluating Guidelines For Test Adaptations. **Journal of Cross-Cultural Psychology**, v. 37, n. 5, p. 557–567, 26 set. 2006.

SUINN, R. M. Mathematics anxiety rating scale-E (MARS-E). **Fort Collins**, 1988.

SUINN, R. M.; EDWARDS, R. The measurement of mathematics anxiety: The mathematics anxiety rating scale for adolescents—MARS-A. **Journal of Clinical Psychology**, v. 38, p. 576–577, 1982.

SUINN, R. M.; WINSTON, E. H. The Mathematics Anxiety Rating Scale, a Brief Version: Psychometric Data. **Psychological Reports**, v. 92, n. 1, p. 167–173, 1 fev. 2003.

TABACHNICK, BARBARA. G.; FIDELL, LINDA. S. **Using Multivariate Statistics**. Boston: Pearson, 2007. v. 5

TAYLOR, J. A. A personality scale of manifest anxiety. **The Journal of Abnormal and Social Psychology**, v. 48, n. 2, p. 285–290, abr. 1953.

XIN, Z.; XIAO, H.; LIN, G. Math Anxiety and Financial Anxiety Predicting Individuals' Financial Management Behavior. **Depression and Anxiety**, v. 2023, p. 1–10, 2 jun. 2023.

ARTIGO III

4 Efeito agudo da música sobre a regulação emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática e seus impactos no desempenho aritmético:

considerações sobre Funções Executivas, Ansiedade Matemática e Variabilidade da Frequência Cardíaca

Resumo

Práticas com foco na regulação emocional podem mitigar os efeitos de estados ansiosos prejudiciais à aprendizagem e desempenho matemático. A Ansiedade Matemática (AM), por exemplo, é um fenômeno de prevalência global que se manifesta no âmbito social, interferindo no desempenho acadêmico de escolares, direta e indiretamente, com altos níveis de AM de professores se correlacionando negativamente com o desempenho de seus alunos. Neste estudo propomos intervenção com audição de música relaxante como dispositivo de modulação do estado emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática. A análise do estado emocional considerou registros da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) associados a escalas autorrelatadas de ansiedade e de afetos positivos e negativos. A hipótese de que a regulação emocional evocada pela música relaxante modula o estado emocional, influenciando o tônus vagal cardíaco estabelecendo possíveis interações com a AM e o desempenho aritmético foi investigada a partir de Modelo Linear Misto em que foram comparadas medidas repetidas em condições experimentais de intervenção e controle ($n = 26$), nas quais os participantes foram submetidos às duas condições experimentais. Os participantes responderam escalas de estado de ansiedade e de afetos, além de realizarem testes computadorizados de matemática e psicométricos, pré e pós cada uma das condições experimentais, enquanto se registrou a frequência cardíaca. Os resultados sugerem melhora significativa de desempenho matemático após a intervenção musical e diminuição no tempo de resposta na tarefa n-back, associados a redução dos scores afetos negativos e aumento da complexidade da VFC. Em conjunto, os resultados sugerem maior controle emocional após a audição de música relaxante proporcionando modulação do estado emocional e melhora de desempenho em tarefa aritmética difícil.

Palavras-chaves: Ansiedade Matemática. Desempenho Matemático. Música. Regulação Emocional. Variabilidade da Frequência Cardíaca.

4.1 Introdução

Naturalmente, compreende-se que professores de matemática são capazes de lidar com qualquer problema ou situação numérica sem maiores dificuldades, entretanto, estudos que levam em consideração a atuação de professores recém formados apontam que estes são acometidos por estados emocionais prejudiciais ao desempenho acadêmico, dentre os quais encontra-se a Ansiedade Matemática (AM) (Oliveira; Silva, 2024). Em outra perspectiva, levando-se em conta considerações sobre o sexo, discute-se a influência do nível de AM de

professoras de matemática sobre o desempenho dos estudantes (Beilock et al., 2010; Figueira; Gusmão; Freitas, 2023). Instigados por discussões desta natureza abordamos o tema propondo um modelo de intervenção que, possivelmente, altere o estado emocional, beneficiando aspectos cognitivos e de desempenho acadêmico.

Da perspectiva neurocientífica, a cognição humana é um constructo complexo influenciado por variáveis diversas, tais como, saúde social, emocional e física (Diamond, 2013), que à primeira vista, podem ou não ser controladas pelos agentes envolvidos no processo de aprendizagem, especialmente no âmbito da educação formal. Dentre estas variáveis, voltamo-nos para aquelas de aspectos fisiológicos, inerentes à saúde emocional, estudados pela Neurociência e aplicadas ao campo educacional. Sabe-se que o desenvolvimento do aprendiz requer bom desempenho de funções cerebrais envolvidas na cognição quando é necessário concentrar-se ou prestar atenção na tarefa, tais funções são definidas por Funções Executivas (FE) (Diamond, 2013; Teffer; Semendeferi, 2012).

Neste sentido, abordamos neste artigo aspectos emocionais, dentre os quais destacamos aquele com preditor específico, que influencia o desempenho matemático, provocando déficits em FE diretamente envolvidas no processamento cognitivo. Referimo-nos ao fenômeno denominado Ansiedade Matemática, que diz respeito à sensação de tensão, medo e dor frente a situações numéricas (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020; Richardson; Suinn, 1972), tanto em âmbito acadêmico, provocando mau desempenho, como social, induzindo ao comportamento de evitação de atividades que possam requerer conhecimento matemático (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Hembree, 1990; Sammallahti et al., 2023), acometendo inclusive professores (as) de matemática (Beilock et al., 2010; Figueira; Gusmão; Freitas, 2023; Oliveira; Silva, 2024).

De origem incerta, a AM vem sendo abordada em diversos estudos que buscam compreender sua origem e consequências psicofisiológicas, para que então possam ser concebidas estratégias de intervenção, com o objetivo de mitigar seus efeitos. Abordagens baseadas em teorias que sugerem o surgimento da AM a partir de nuances de mau desempenho, adotam intervenções focadas na melhoria de habilidades matemáticas. Por outro lado, teorias que apontam altos níveis de AM como preditores de mau desempenho tem focado na Regulação Emocional (RE), que deve refletir em melhorias de desempenho acadêmico e cotidiano relacionado à matemática (Carey et al., 2016; Sammallahti et al., 2023).

A Regulação Emocional diz respeito à capacidade de monitorar, avaliar e modificar as próprias reações emocionais internas e externas, possibilitando supressão do comportamento aversivo induzido pelo estado emocional hostil, deste modo, favorecendo o poder adaptativo do sujeito. A RE envolve processos diversos, para além de estados de sentimentos, logo, notam-se manifestações internas como: repostas cognitivas, que podem estar relacionadas a pensamentos; respostas autonômicas, manifestadas na reatividade cardíaca; e externas como: comportamentais, incluindo expressões faciais e comportamento de fuga (Hou et al., 2017).

Nesta perspectiva, avanços na área das Neurociências e Educação Matemática (EM) tem apontado manifestações da AM no âmbito fisiológico com comprometimento de funcionalidades de FE (Domingues et al., 2022; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020), com isso, evidenciado possibilidades de desenvolvimento de pesquisas que investiguem variáveis psicofisiológicas, como a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), amplamente difundida como indexador de estado emocional e desempenho de Funções Executivas (Ellis; Thayer, 2010; Lehrer, 2013; McCraty; Childre, 2010; Porges, 2022; Smith et al., 2017; Thayer et al., 2009), perspectiva a ser compreendida à luz do Modelo de Integração Neurovisceral (MINV) (Laborde; Mosley; Thayer, 2017; Smith et al., 2017).

A busca pela modulação do estado emocional, por conseguinte, dos efeitos da AM vem sendo desenvolvida em frentes que adotam alternativas oriundas dos variados espectros, podendo ser observadas abordagens com exercícios físicos (Domingues et al., 2022; Moura-Silva, 2019), escrita expressiva (Ramirez; Shaw; Maloney, 2018), Terapia Cognitiva Baseada na Atenção Plena (*Mindfulness-Based Cognitive Therapy- MBCT*) (LaGue; Eakin; Dykeman, 2019), dentre outras. Amplamente utilizada na área clínica, em práticas de musicoterapia, a música tem efeitos claros na experiência emocional (Hou et al., 2017; Koelsch, 2014), modulação da emoção (Koelsch, 2009) e sua influência sobre a VFC foi investigada com evidências que sugerem arrefecimento do nível de ansiedade de golfistas (Wang et al., 2020).

De modo geral, as intervenções sobre os estados emocionais, com foco na modulação do nível de AM e melhoria de desempenho acadêmico, por exemplo, enquadram-se em três grupos distintos: motivação, emoção e apoio cognitivo (Sammallahti et al., 2023). As categorias de apoio cognitivo e emoção, assemelham-se às relatadas como grupos de Desenvolvimento de Habilidades Matemáticas e Habilidades Terapêuticas (Namkung; Peng;

Lin, 2019) e podem ser facilmente relacionadas às teorias do Déficit e da Ansiedade Debilitante (Carey et al., 2016), respectivamente, de tal modo que, para Ansiedade Debilitante comportam-se intervenções focadas na regulação das emoções (Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Ramirez; Shaw; Maloney, 2018). Tais intervenções de modulação da AM tem apontado resultados positivos para ambas as estratégias, com redução da AM e melhoria do desempenho matemático, sendo que o tamanho de efeito médio foi moderado ($g = -0,467$ para AM e $g = 0,502$ para DM), com maiores níveis de modulação emocional e redução da AM para estudantes com mais de 12 anos (Sammallahti et al., 2023).

Observando a direção da relação Ansiedade matemática-Desempenho, de tal forma que altos níveis de AM implicam no mau desempenho em tarefas que envolvem matemática, Modelo de Ansiedade Debilitante (Carey et al., 2016), assumimos ser relevante voltar-nos para o grupo das intervenções com foco na RE, no qual destacamos intervenções que envolvem música. Nesta perspectiva, aplicada a universitários, a literatura apresenta apenas dois trabalhos que relacionam música, AM e DM, entretanto, nenhum destes trata da formação de professores de matemática, ademais, ambos utilizam de medidas de AM autorrelatadas, por meio de escalas (Feng; Suri; Bell, 2014), sendo que um destes (Gan; Lim; Haw, 2016), ainda busca estabelecer correlações com medidas fisiológicas.

O primeiro estudo encontra-se no âmbito comercial, mais especificamente na área de Psicologia e Marketing (Feng; Suri; Bell, 2014), conduzido com estudantes de graduação, a partir de três experimentos distintos, nos quais os participantes, classificados quanto ao nível de AM, deveriam calcular o preço líquido, com descontos em dólares, percentuais ou de pacotes de produtos a serem adquiridos. Primeiro, estudantes ($n = 175$) realizaram atividades de reserva de hotel ou equipamentos de camping e os participantes com AM optaram pela alternativa mais cara com desconto em dólares. No segundo experimento, foi solicitado aos participantes ($n = 93$) a aquisição de produtos a partir de listas de compras, sendo que uma das listas apresentava valor superior às demais, porém, sem a exigência de cálculos de desconto e os resultados mostraram que o gasto aumentou com a AM. Inferiu-se destes dois estudos que participantes ansiosos em relação à matemática evitam o cálculo de preços (Feng; Suri; Bell, 2014).

Por fim, utilizando do mesmo arranjo do primeiro ensaio, estudantes de administração ($n = 147$) responderam escalas de AM e, após a audição de música, escala estado emocional transitório, que indicou o efeito da intervenção musical. A análise de regressão revelou efeito significativo do ritmo musical sobre ansiedade matemática no

comportamento de evitação observado anteriormente. A evitação do cálculo de preços aumentou quando o ritmo da música era rápido, mas não quando se ouviu música lenta, resultados também encontrados quando se analisou o gasto em dólares. Concluiu-se que a música de ritmo lento aliviou os efeitos da AM diminuindo o comportamento de evitação do cálculo de preços, consequentemente o gasto financeiro (Feng; Suri; Bell, 2014).

O outro estudo (Gan; Lim; Haw, 2016) selecionou estudantes do curso de Psicologia ($n = 105$) que foram submetidos a tarefas matemáticas simultaneamente à audição de música sedativa (de ritmo lento) ou estimulante (de ritmo rápido) e uma terceira situação que ocorreu em silêncio. Inventário de Ansiedade-Traço (IDATE) e Escala de Ansiedade Matemática (MARS) foram respondidas pelos participantes antes e após o teste matemático e medidas fisiológicas (Pressão Arterial – PA e Frequência Cardíaca – FC) foram auferidas no instante intermediário do teste. Os resultados mostram correlação entre as medidas autorrelatas pré e pós-teste, no entanto não houve significância estatística na interação entre tempo e condições musicais sobre a PA e a FC. Os autores concluem sugerindo que o tempo de exposição musical (cerca de 20 minutos), não foi suficiente para que houvesse manifestação fisiológica.

Todavia, foram registradas manifestações sobre índices da VFC após audição de músicas auto selecionadas, com efeitos positivos para modulação dos níveis de ansiedade de universitários que praticam golfe (Wang et al., 2020). Houve redução significativa dos níveis de ansiedade enquanto os índices foram elevados. A referência de tempo de audição dos golfistas é de 15 minutos (Wang et al., 2020), porém, há evidências de que apenas 2,5 minutos de audição já acarretam em manifestações na VFC, em que à medida que o ritmo musical aumenta a VFC diminui (Ellis; Thayer, 2010).

A partir destes apontamentos conjecturamos que a música também influencia positivamente o estado emocional antecipadamente à tarefa matemática, com alcance à AM e podemos registrar a assinatura desta influência na VFC. Até onde sabemos, não há registros na literatura, de investigações assumindo a música como ferramenta de RE e a VFC como indexador de estado emocional, considerando o nível de AM, portanto, este é o primeiro trabalho com este arranjo experimental, o que justifica a relevância dos achados descritos neste manuscrito.

Portanto, com o objetivo de analisar o efeito agudo da música sobre a regulação emocional de acadêmicos de licenciatura em matemática, seus impactos no desempenho aritmético, associações com Funções Executivas, Ansiedade Matemática e Variabilidade da Frequência Cardíaca desenvolvemos esta investigação assumindo o desenho experimental

crossover, no qual, foram realizadas medidas repetidas, em condições experimentais de controle e intervenção, em que investigamos os seguintes arranjos: a) há efeitos da música sobre o desempenho matemático e de funções executivas considerando a AM? b) há efeito da música sobre o estado emocional em antecipação à tarefa matemática?

Para tanto, iniciamos esta discussão definindo: Ansiedade Matemática; discutindo possíveis efeitos da música sobre a RE e a AM e; VFC como indexador do estado emocional em relação à matemática. Seguimos apresentando os materiais, métodos e procedimentos específicos empregados na pesquisa, por fim, os resultados encontrados, seguido da discussão.

4.2 Ansiedade Matemática

O conceito de Ansiedade Matemática pouco difundido no contexto acadêmico nacional, porém com consequências deletérias à aprendizagem e aplicação da matemática desde a idade escolar, diz respeito ao estado emocional do sujeito frente a situações numéricas, manifestadas, na esfera neuro psicofisiológica, com comprometimento de funções executivas essenciais à aprendizagem, bem como, na esfera social, induzindo pessoas com altos níveis AM ao comportamento de fuga em situações que envolvem manipulação matemática imediato ou escolha de profissões que se possam exigir tais conhecimentos (Ashcraft, 2002; Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Hembree, 1990; Maloney; Beilock, 2012; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020).

Da perspectiva neurofisiológica, compreende-se que a sobrecarga das funções executivas, essenciais à cognição matemática (Pizzie; Raman; Kraemer, 2020), induz o comportamento de fuga, manifestado na opção por respostas imediatas que deveriam ser inibidas e/ou em dificuldades de recuperação de informações nos circuitos de memórias envolvidos na compreensão do conteúdo estudado, a ser aplicado ou ensinado (Domingues et al., 2022; Figueira; Gusmão; Freitas, 2023; Moura-Silva, 2019; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020). O Controle Inibitório, FE responsável pela inibição de estímulos distratores, sofre influência da AM (Moura-Silva, 2019; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Pletzer et al., 2015), tornando-o deficitário, ficando o sujeito mais vulnerável ao sinal irrelevante à tarefa em execução. A manutenção de informações em mente, desenvolvida pela Memória de Trabalho (Diamond, 2013), sofre sobrecarga, por pensamentos intrusivos nos sujeitos altamente ansiosos, causando competição por recursos de MT, com as informações relevantes ao

desenvolvimento da tarefa (Domingues et al., 2022; Moura-Silva; Torres Neto; Gonçalves, 2020; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020).

Desde modo, reconhecida como um preditor do baixo desempenho em matemática, de tal forma que podemos classificá-la como um obstáculo de aprendizagem de caráter fisiológico, a AM passou a ser investigada e após a compreensão de alguns de seus mecanismos, estratégias de intervenção passaram a ser constituídas visando mitigar seus efeitos, sejam por meio de estratégias de regulação emocional e apoio cognitivo, dentre outras.

4.3 Efeitos da música sobre a Regulação Emocional e a Ansiedade Matemática

A partir de técnicas de neuroimagem, estudos que investigaram aspectos de Regulação Emocional frente a audição musical evidenciam o potencial de evocação de emoções positivas de músicas relaxantes, explicadas pelas conexões entre o Sistema Auditivo e o Sistema Límbico (Frühholz; Trost; Grandjean, 2014; Koelsch, 2014), além de aspectos relacionados à neurobiologia (Koelsch, 2014; Zatorre; Salimpoor, 2013) e neuroquímica da audição musical (Chanda; Levitin, 2013; Menon; Levitin, 2005).

Nesta perspectiva, pode-se reconhecer a música relaxante a partir de suas características internas, sendo que, de modo geral, músicas de ritmo rápido, com acordes dissonantes e com pouca previsibilidade temporal são reconhecidas como estimulantes (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Schaefer, 2017), enquanto músicas de ritmo lento, de estrutura tonal, melodias simples e executadas em instrumentos de cordas ou teclas são reconhecidas como relaxantes (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Ellis; Thayer, 2010; Frühholz; Trost; Grandjean, 2014).

Por outro lado, as discussões sobre os substratos neurais da AM apresentam evidências a partir de estudo de neuroimagem que indicam ativação das redes de dor em antecipação a atividades matemáticas, envolvendo a Ínsula (Lyons; Beilock, 2012b), associado à modulações na ativação de bandas Beta e Gama, também envolvidas na mesma rede, registradas por Eletroencefalograma (Klados et al., 2017). Durante a realização de tarefas numéricas notou-se, entre sujeitos com alta AM, ativação da rede de medo, envolvendo estruturas do Córtex Pré-frontal e dos sistemas límbico e paralímbico, com destaque para ativação da Amígdala (Young; Wu; Menon, 2012), que além da hiperatividade registrada, também apresentou mudanças estruturais com redução volumétrica da Amígdala direita (Kucian et al., 2018; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020).

Os estudos que discutem processos de regulação emocional induzidos pela música indicam o envolvimento do Córtex Insular no processamento auditivo a partir de interações com a Amígdala e o Hipocampo, (Gogolla, 2017; Uddin et al., 2017), possibilitando a avaliação de valências emocionais, determinantes em reações internas, como ativação de redes neurais, dentre as quais estão as redes de dor e do medo, portanto, influenciando o comportamento de atração e/ou aversão, para estímulos recompensadores ou ameaçadores, respectivamente, sugerindo a coexistência de circuitos de promoção ou inibição do medo na Ínsula, que induz reações de temor e/ou prazer (Gogolla, 2017). A Amígdala, assim como a Ínsula, processa o sinal auditivo respondendo com maior ativação diante de músicas desagradáveis e desativação, estimulando diminuição da expressão medrosa, ao se ouvir música agradável (Chanda; Levitin, 2013; Fröhholz; Trost; Grandjean, 2014; Schaefer, 2017).

Nota-se que as mesmas estruturas envolvidas na regulação emocional frente a audição de música relaxante estão apontadas dentre os substratos neurais da AM, porém, enquanto a AM provoca ativação do Córtex Insular e da Amígdala promovendo sensação de dor e medo em antecipação e durante tarefa matemáticas (Klados et al., 2017; Lyons; Beilock, 2012b; Young; Wu; Menon, 2012) a audição de música relaxante modula a atividade insular e diminui a atividade amigdalár, reduzindo sentimentos de preocupação e ansiedade (Koelsch; Stegemann, 2012), aliviando a dor (Koelsch, 2014) e evocando sentimento de bem estar e prazer. Neste sentido, compreendendo que prazer e dor se contrapõem (Menon; Levitin, 2005), infere-se que a evocação de estado de segurança e prazer a partir da audição de música relaxante, com evidências de modulação da atividade das mesmas estruturas neurais envolvidas em ambos os processos pode favorecer processos de RE e, por consequência mitigar os efeitos neurais da AM, visto que o sujeito experimenta estado emocional de relaxamento.

4.4 Modelo de Integração Neurovisceral: a VFC como indexador do estado emocional

O Sistema Nervoso Autônomo (SNA), caracterizado pelas ramificações simpática (SNS) e parassimpática (SNP), estabelece conexão entre o Sistema Nervoso Central (SNC), órgãos periféricos e sistemas de órgãos, dentre os quais destacamos o sistema circulatório, que envolve o coração. O SNS é associado ao empreendimento de energia em resposta a estímulos ameaçadores, enquanto o SNP atua em funções vegetativas e restauradoras, sendo

que o equilíbrio dinâmico entre o SNS e SNP retrata um organismo saudável (Ellis; Thayer, 2010; Shaffer; McCraty; Zerr, 2014).

A compreensão das atividades integradas entre encéfalo e coração são discutidas na literatura por pelo menos cinco modelos teóricos: Integração Neurovisceral (Smith et al., 2017); Polivagal (Porges, 2022); Comportamental Biológico (Grossman; Taylor, 2007); Respiração de Frequência de Ressonância (Lehrer, 2013), e; Coerência Psicofisiológica (McCraty; Childre, 2010). Para este estudo, assumimos o Modelo de Integração Neurovisceral como fundamento teórico explicativo das manifestações de estado emocional e controle cognitivo na VFC, uma vez que este modelo propõe a via de conexão entre Córtex Pré-frontal (CPF) e coração através da Rede Autonômica Central (RAC) e o nervo vago, partindo do pressuposto de que o aumento do tônus vagal sugere melhor desempenho cognitivo e controle emocional (Laborde; Mosley; Thayer, 2017).

Segundo o MINV as demandas psicofisiológicas são reguladas obedecendo uma ordem hierárquica sendo que o fluxo de regulação de controle vagal pode ocorrer por vias ascendentes ou descendentes (Smith et al., 2017), logo, considerando o constructo investigado assumimos que o processo regulatório em questão acontece de cima para baixo, de tal modo que o estado emocional induzido pelo estímulo estressor (situações numéricas) desencadeia manifestações neurais que impactam a VFC, através de mecanismos de avaliação situacional que induz a reação emocional apropriada como resposta a avaliação. Do mesmo modo, a intervenção proposta interfere inicialmente no córtex auditivo, que se conecta ao Sistema Límbico com estruturas integrantes da RAC, como Amígdala, Ínsula e CPF (Koelsch, 2014), induzindo reações responsivas autorreguladas, influenciando a frequência cardíaca (Ellis; Thayer, 2010; Thayer et al., 2009).

As manifestações de regulação emocional explicadas pelo MINV consideram parâmetros de VFC que refletem o atuação das ramificações simpática e parassimpática do SNA, sendo que, a literatura apresenta evidências mais proeminentes quando se discute a atuação parassimpática refletida em índices lineares, de domínio do tempo e da frequência, como RMSSD (Raiz Quadrada Média de Diferenças Sucessivas), pNN50 (Porcentagem de Intervalos RR sinusais normais sucessivos com mais de 50 ms), HF (Alta Frequência) (Laborde; Mosley; Thayer, 2017). Interpreta-se também índice de mesmo domínio e outros não lineares que sugerem interação de atividade simpática e vagal, e a complexidade da VFC, como LF/HF (Relação entre alta e baixa frequência – domínio da frequência), SD1 (Desvio padrão – Plot de Poincaré Crosswise), ApEn (Entropia Aproximada), SampEn

(Entropia da Amostra), DFA α 1 (Expoente de escala Fractal de curto prazo – Análise de Flutuação retificada) (Laborde; Mosley; Thayer, 2017; Moura-Silva, 2019; Young; Benton, 2015), como indexadores de regulação emocional, refletidos na complexidade da VFC, em que valores mais altos de alguns destes parâmetros indicam maior variabilidade, portanto, maior controle cognitivo e emocional.

4.5 Materiais e Métodos

A análise do estado emocional considerou registros da Variabilidade da Frequência Cardíaca à luz do Modelo de Integração Neurovisceral (conforme exposto até aqui), que defende a VFC como indexador da capacidade funcional de estruturas do Sistema Nervoso Autônomo com suporte de regulação emocional, desempenho de tarefas cognitivas e funções executivas, incluindo MT e CI (Thayer et al., 2009). Adicionalmente, fizemos uso de escalas autorrelatadas de traço e estado de ansiedade, além de escala de afetos positivos e negativos (apresentadas em detalhes mais adiante), em que se buscou associação de seus scores com os registros da VFC.

Os participantes foram submetidos a condição experimental de intervenção com audição de música relaxante (Elliott; Polman; McGregor, 2011; Feng; Suri; Bell, 2014; Gan; Lim; Haw, 2016) e controle (silêncio/ruído branco). Em ambas as condições os participantes responderam escalas de estado de ansiedade, Inventário de Ansiedade Traço-Estado - IDATE (Fioravanti et al., 2006; Spielberger; Gorsuch; Lushene, 1970), e de afetos positivos e negativos (Nunes et al., 2019; Zanon et al., 2013), além de realizarem testes matemáticos e psicométricos computadorizados no *The Psychology Experiment Building Language - PEBL* (Mueller; Piper, 2014), antes e após a condição experimental e condição controle, enquanto se registrou a VFC dos participantes.

As delimitações inerentes ao desenvolvimento da pesquisa, são descritas nesta seção, na qual apresentamos a abordagem metodológica, descrevendo os critérios de inclusão e exclusão de participantes, os instrumentos de coleta de dados e desenho experimental. São descritos também as técnicas de tratamento dos dados brutos da VFC, bem como os arranjos de análise estatística desenvolvidos.

4.5.1 Seleção de Participantes: critérios de inclusão e exclusão

Para determinação dos critérios de inclusão e exclusão de participação neste estudo consideramos apontamentos da neurociência que dizem respeito ao desenvolvimento do Córtex Pré-Frontal, pois, sabe-se que esta área do encéfalo está envolvida em processos cognitivos de nível superior, que agrupados caracterizam as funções executivas (Diamond, 2013; Teffer; Semendeferi, 2012). O curso de maturação do CPF se constitui de mudanças macro e microestruturais nas matérias cinzenta e branca, sendo que, o aumento constante da substância branca, observado durante o início da idade adulta, ligado a mudanças na cognição e no comportamento, tem demonstrado influência em habilidades cognitivas como: Memória de Trabalho, Controle Inibitório e Linguagem; reguladas pelo CPF. O ápice volumétrico da substância branca no CPF como um todo, é alcançado aproximadamente aos 30 anos de idade, diminuindo ligeiramente a partir desta idade, porém de forma constante, durante o curso de envelhecimento normal (Teffer; Semendeferi, 2012).

Deste modo, considerando o aumento significativo da substância branca entre os 7 e 16 anos (Teffer; Semendeferi, 2012), reconhecendo como início da idade adulta a faixa de 17 a 18 anos e o início de perda de substância branca a partir dos 30 anos de idade, assumimos a faixa etária de 18 a 30 anos como primeiro critério de inclusão para esta investigação. Adotamos como critério de participação vínculo universitário em nível de graduação, com habilitação para exercício da docência em matemática. Dentre os critérios de exclusão estão fatores que inviabilizam o desenvolvimento da pesquisa e/ou das análises dos dados de VFC, tais como: deficiência auditiva, uso de medicamentos ansiolíticos, consumo de cafeína, consumo de chocolates e prática de atividade física de alta intensidade até 24 horas antes da coleta de dados. Outro fator com implicações consideráveis é a saúde cardíaca do participante, portanto, foram excluídos participantes que relataram problemas cardíacos crônicos.

Considerando os critérios de inclusão foram convidados acadêmicos do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Norte de Tocantins – UFNT, campus de Araguaína, com idade entre 18 e 30 anos, matriculados do 1º ao 8º semestre do referido curso. Apresentaram-se 39 voluntários com idade entre 17 e 29 anos, que realizaram as atividades da pesquisa nas dependências da UFNT no turno vespertino. Após a coleta de dados foram aplicados os critérios definidos a priori, que excluíram 3 participantes que consumiram cafeína (dentre estes estava uma participante com menos de 18 anos), outros 3

que consumiram chocolate, no dia da coleta, e 4 que praticaram atividade física de alta intensidade menos de 24 horas antes da coleta. Três participantes sentiram mal estar no segundo dia agendado para a coleta, logo, não tivemos dados suficientes para que fossem inseridos nas análises e também foram excluídos.

A amostra analisada constitui-se de 26 participantes, metade do sexo feminino com idade entre 18 e 29 anos ($M = 21,30$; $DP = 2,85$). O tamanho da amostra atende a estimativa calculada previamente com o aplicativo *G-Power 3.1*, levando-se em consideração: ANOVA Mista (de medidas repetidas com interação intra e entre sujeitos), como teste principal; tamanho do efeito moderado $f = 0,30$ (Sammallahti et al., 2023); nível de significância $\alpha = 0,05$; poder estimado 0,80, e; correlação entre as medidas repetidas de 0,2. O projeto de desenvolvimento desta pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos – CEP/UFNT sob o parecer nº 6.888.727 e todos os participantes declararam consentimento por escrito.

4.5.2 Medidas Psicométricas: escalas autorrelatadas e testes computadorizados

Conforme enunciado anteriormente, a AM interfere prejudicialmente no sistema cognitivo ocasionando déficits de funções executivas envolvidas no processo de aprendizagem como MT (Diamond, 2013; Pelegrina et al., 2020; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020) e CI (Diamond, 2013; Pizzie; Raman; Kraemer, 2020; Pletzer et al., 2015; Van den Bussche et al., 2020). Para este protocolo experimental adotou-se instrumentos que contemplam fatores psicométricos do estado emocional a partir de escalas autorrelatadas, bem como, o desempenho de FE que sofrem interferência da AM, mensurados em testes computadorizados específicos.

Para classificação quanto ao nível de AM utilizamos a versão curta do *Mathematics Anxiety Rating Scale – MARS* traduzida e validada para o português, em processo que confirmou sua validade e confiabilidade, além da correlação com o instrumento original, concebido em língua inglesa. Outra escala autorrelatadas, também traduzida do inglês para o português (Pires et al., 2013), utilizadas neste estudo foi a *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS) que possibilitou registro dos afetos positivos e negativos dos participantes no momento imediatamente antes da execução das tarefas de pesquisa. Por fim, aplicamos o Inventário de Ansiedade Traço – Estado versão em português (Biaggio; Natalício, 1979; Spielberger; Gorsuch; Lushene, 1970), sendo que a subescala da dimensão

traço foi aplicada na primeira semana do estudo e os registros de estado de ansiedade foram feitos antes e depois da intervenção proposta.

No que se refere à medição de controle inibitório adotamos o *Number-stroop*, utilizado no exame da capacidade de inibição de respostas irrelevantes ou incorretas. Constante na bateria de teste do *PEBL* o *Number-stroop* expõe estímulos em três condições distintas a serem julgadas pelo participante. Em relação à MT, como teste padrão de manutenção de informações que devem estar disponíveis até a finalização do processamento cognitivo (Diamond, 2013; Pelegrina et al., 2020), adotou-se o *N-back test*, também disponível no *PEBL*, este teste mensura a capacidade de memória de trabalho em três condições. Os testes de funções executivas têm o objetivo de fornecer uma explicação fundamentada às possíveis melhoras no desempenho matemático dos participantes após a intervenção musical que se propõe. A seguir detalhamos cada instrumento e seu respectivo momento de aplicação.

4.5.2.1 Escalas Autorrelatadas: MARS-SV, IDATE e PANAS

4.5.2.1.1 MARS-SV: Escala de Classificação da Ansiedade Matemática – versão curta

A classificação quanto ao nível de Ansiedade Matemática ocorreu com aplicação do *Mathematics Anxiety Rating Scale – short version* (MARS-SV), versão traduzida, adaptada e validada para o português brasileiro, como primeira atividade da sessão experimental. Este instrumento foi eleito para este fim levando-se em conta sua relevância nas práticas clínicas e investigativas em âmbito internacional (Baloğlu, 2010; Suinn; Winston, 2003). A referida escala é composta de duas subescalas, que contemplam ansiedade em testes de matemática e ansiedade numérica, que condiz com ansiedade em situações matemáticas diversas, podendo alcançar situações de aplicação, bem como, de aprendizagem matemática (Alexander; Cobb, 1984; Alexander; Martray, 1989; Rounds; Hendel, 1980).

Os itens do MARS-SV estão organizados em uma escala do tipo *Likert* de 5 pontos, (figura 14), na qual a variação de “nada” a “extremamente” indica o quão ansioso o participante se autorrelata frente à situação proposta em cada item..

	Nada	Um pouco	Moderadamente	Muito	Extremamente
1. Fazer um teste final de matemática.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Ficar pensando sobre um teste de matemática uma semana antes.	☐	☐	☐	☐	☐

Figura 14: Escala MARS-SV, aplicada aos participantes com as alternativas dispostas na escala Likert de 5 pontos.

A determinação da pontuação individual da escala é estabelecida com a atribuição de pesos variando de 1 a 5 para as colunas de respostas, sendo: 1 – Nada; 2 – Um pouco; 3 – Moderadamente; 4 – Muito; 5 – Extremamente. Atribuídos os valores à cada coluna o examinador multiplica o número de respostas pelo peso (1 a 5) relacionado à referida coluna, para então somar estes valores e encontrar a pontuação total do teste. A classificação hierárquica do nível de Ansiedade Matemática obedece às pontuações totais do teste. Para este estudo observamos a orientação dos autores da escala quando sugerem que sujeitos acima do nível de 75% (figura 15) são elegíveis à programas de intervenção de dessensibilização da Ansiedade Matemática (Suinn; Winston, 2003).

Dados do MARS-SV	Percentil	Pontuação
	5%	34
	10%	37
	20%	43
	25%	46
	35%	51
	40%	55
	50%	59
	60%	65
	70%	74
	75%	78

Figura 15: Orientação de análise do MARS-SV, indicando o percentil referente às pontuações atribuídas às respostas da escala (Suinn; Winston, 2003).

As somas dos resultados obtidos a partir das respostas indicam o nível de ansiedade do participante, que serão alocados em dois grupos para fins de análise estatística: alta Ansiedade Matemática e baixa Ansiedade Matemática. O MARS-SV foi aplicado como atividade inicial do dia 1 de realização dos testes matemáticos e os registros psicométricos.

4.5.2.1.2 Inventário de Ansiedade Traço Estado - IDATE

O protocolo de pesquisa previu a aplicação de escala autorrelatada para determinação do traço e estado de ansiedade geral dos participantes. Para esta medida utilizamos o Inventário de Ansiedade Traço – Estado de Spielberger; Gorsuch; Lushene, (1970), traduzido e adaptado para o português brasileiro por Biaggio; Natalício, (1979).

O IDATE, um dos instrumentos mais utilizados na quantificação de componentes subjetivos relacionados à ansiedade (Fioravanti et al., 2006), consiste em duas subescalas de 20 itens, sendo que uma avalia a ansiedade em seu aspecto mais estável, capturando a propensão do indivíduo em lidar com a ansiedade ao longo da vida, dimensão traço (IDATE-T), e outra na dimensão de estado (IDATE-E), que diz respeito a uma reação transitória diretamente ligada a situação estressora em dado momento (Fioravanti et al., 2006).

A aplicação ocorreu em dois instantes distintos. A subescala IDATE-T ocorreu imediatamente após aplicação do MARS-SV, considerando a dimensão do traço de ansiedade dos participantes, enquanto a subescala IDATE-E buscou registrar o estado emocional do participante frente à situação estressora, mais especificamente como este se encontrava, antes e depois da intervenção e do teste matemático executado nos dois dias do protocolo experimental.

Assim como a escala de classificação da AM, os itens do IDATE estão organizados em uma escala do tipo *Likert* de 4 pontos (figura 16). Para a dimensão traço o participante é orientado a responder como “geralmente se sente” apontando na escala a resposta que melhor expressa o sentimento relacionado ao item em avaliação, sendo oferecidas as alternativas: 1 – quase nunca; 2 – às vezes; 3 – frequentemente; 4 – quase sempre. Para a dimensão estado, uma nova escala *Likert* é apresentada, com as seguintes opções de respostas: 1 - absolutamente não; 2 – um pouco; 3 – bastante; 4 – muitíssimo.

Quase nunca - 1	Às vezes - 2	Frequentemente - 3	Quase sempre - 4	
1. Sinto-me bem.....	1	2	3	4
2. Canso-me com facilidade.....	1	2	3	4

Figura 16: Inventário de Ansiedade Traço Estado (IDATE), subescala da dimensão estado, aplicada aos participantes com as alternativas dispostas na escala Likert de 5 pontos (Biaggio; Natalício, 1979).

Para avaliação da pontuação atribui-se pesos em ordem decrescente de 4 a 1 para os itens de caráter positivo, ficando estabelecido que a amplitude dos scores possíveis para cada subescala fica entre 20 e 80 pontos. Sugere-se como interpretação que nas faixas de 20 a 40 pontos estão os sujeitos com baixo nível de ansiedade; de 41 a 60 pontos estão aqueles com

ansiedade moderada; de 61 a 80 pontos caracteriza-se indivíduos com alto nível de ansiedade (Ferreira et al., 2009). O IDATE-T (subescala que mensura o traço de ansiedade) foi aplicada apenas no dia 1 do experimento anteriormente aos testes matemáticos e os registros psicométricos. O IDATE-E (subescala que mensura o estado de ansiedade) foi aplicada antes e após a intervenção musical e a condição controle.

4.5.2.1.3 Positive and Negative Affect Schedule – PANAS

Outro aspecto do estado emocional considerado no protocolo de pesquisa desenvolvido refere-se aos afetos positivos e afetos negativos que caracterizam a intensidade e frequência com que as pessoas experimentam as emoções (Zanon et al., 2013). Esta medida foi mensurada com aplicação da escala *Positive and Negative Affect Schedule* (PANAS), instrumento utilizado em larga escala pela comunidade científica que investiga estados afetivos (Nunes et al., 2019; Pires et al., 2013; Zanon et al., 2013).

As flutuações de humor podem estar relacionadas a traços de personalidade, podendo ocorrer em curtos espaços de tempo, sendo sensíveis aos sentimentos agradáveis e desprazerosos, como alegria, prazer, ansiedade e raiva, em que, altos escores de afetos negativos, capturados pelo PANAS, estão relacionados a ansiedade, dentre outros estados emocionais (Zanon et al., 2013).

O PANAS consiste em instrumento autorrelatado de 20 itens organizados em escala *Likert* de cinco pontos, sendo que cada fator é composto por 10 termos que fazem referência a experiências afetivas positivas e outros 10 que descrevem experiências afetivas negativas, das quais 5 se referiam a estados emocionais (Nunes et al., 2019). Dentre as opções de respostas estão cobertos cinco níveis crescentes de sentimento em relação ao item avaliado (figura 17). Assumimos a versão traduzida e adaptada para o Brasil por Pires et al., (2013) com orientação para que o participante indicasse como se sentia no momento em que está respondendo a escala.

Escala de Afetos Positivo e Negativo (PANAS)

Este questionário consiste num conjunto de sentimentos e emoções. Leia cada item e marque a resposta correta no espaço à frente de cada palavra, para como se sente neste momento, de acordo com as seguintes opções de resposta: 1 “Nada ou muito pouco”; 2 “Um pouco”; 3 “Médio”; 4 “Muito”; 5 “Bastante/Sempre”.

Ativo(a)	☐ Nada ou muito pouco	☐ Um pouco	☐ Médio	☐ Muito	☐ Bastante/Sempre
Envergonhado(a)	☐ Nada ou muito pouco	☐ Um pouco	☐ Médio	☐ Muito	☐ Bastante/Sempre

Figura 17: Escala de Afetos Positivos e Negativos (PANAS), aplicada aos participantes com as alternativas dispostas na escala Likert de 5 pontos (Pires et al., 2013).

O referido instrumento apresenta forte correlação com o IDATE (Nunes et al., 2019), também em uso neste estudo, tendo sua bidimensionalidade para afetos positivos e negativos atestada a partir de análise com amostra considerável ($n = 3.728$), tendo como limitação a difusão de sua aplicação em território nacional, considerando que a amostra deste estudo se restringiu às cidades do Rio de Janeiro e São Paulo (Carvalho et al., 2013). Entretanto, a Nunes et al., (2019) estenderam a validação conduzindo estudo que contemplou 15 cidades nas 5 regiões do país. O PANAS foi aplicado antes e após a intervenção musical e/ou a condição experimental de controle.

4.5.2.2 Testes computadorizados: *Mathproc*, *Number-stroop* e *N-back*

4.5.2.2.1 The Psychology Experiment Building Language - PEBL

Os testes de Desempenho Matemático, Controle Inibitório e Memória de Trabalho foram conduzidos a partir de plataforma digital própria para este fim. Eleveu-se a *The Psychology Experiment Building Language* – PEBL, que consiste em sistema de software gratuito de código aberto que possibilita aos próprios pesquisadores projetar, executar e compartilhar testes comportamentais (Mueller; Piper, 2014).

O PEBL, comumente utilizado em trabalhos das áreas de Psicologia Cognitiva (Worthy; Hawthorne; Otto, 2013), Neurociência Cognitiva (Danckert et al., 2012), Neurociência do Desenvolvimento (Piper, 2011), dentre outras, é composto por uma bateria de testes cognitivos computadorizados com funcionalidades para randomização, amostragem e tratamento estatístico dos dados, que neste estudo, interagem com os dados das escalas de estados emocionais baseadas em questionários.

Os registros são feitos a partir das respostas aos estímulos pelos participantes, que devem utilizar dentre outras entradas o teclado que tem precisão de registro de aproximadamente 5 ms, com tempo dos eventos internos do teste podendo ser executados na escala de 1 ms (Mueller; Piper, 2014). Os *outputs* da plataforma geram arquivos individualizados que recebem o registro do participante previamente preenchido no campo próprio da tela inicial do software, sendo que cada linha do arquivo corresponde a uma variável independente (por exemplo: número de tentativas, códigos da condição) e suas respectivas variáveis dependentes (por exemplo: resposta, tempo de resposta, precisão),

constituindo assim, uma tabela de dados para análise em software estatístico (Mueller; Piper, 2014). Relatamos adiante os testes selecionados no PBLE para compor a bateria experimental deste estudo.

4.5.2.2.2 Teste de Desempenho Matemático: Mathproc

A aplicação de Testes de Desempenho Matemático (TDM), comum em investigações que abordam o tema da AM, refere-se à realização de testes aritméticos mentais, com questões modeladas de acordo com o nível cognitivo do público alvo da pesquisa (Moura-Silva, 2019). Para esta investigação consideramos o *Math Processing task* da plataforma PEBL. O *Mathproc*, descrição do teste na listagem disponível na plataforma, consiste numa sequência de situações matemáticas onde o participante deve julgar se o resultado da expressão visualizada é maior ou menor que 5. A resposta é manifestada com o acionamento da tecla *SHIFT*, esquerda em caso de respostas menores que 5 e direita para os valores maiores que 5.

A bateria é organizada em três blocos de 3 minutos cada. A cada bloco o nível de dificuldade aumenta (figura 18), porém, sempre considerando expressões que possibilitem o cálculo mental. No primeiro bloco o participante tem 1,5 segundo para realizar 1 operação de adição ou subtração. No segundo bloco, precisa realizar 2 operações de adições e/ou subtrações e terá 3 segundos, por fim, no terceiro bloco apresentam-se 3 operações de adições e/ou subtrações a serem resolvidas em até 4 segundos.

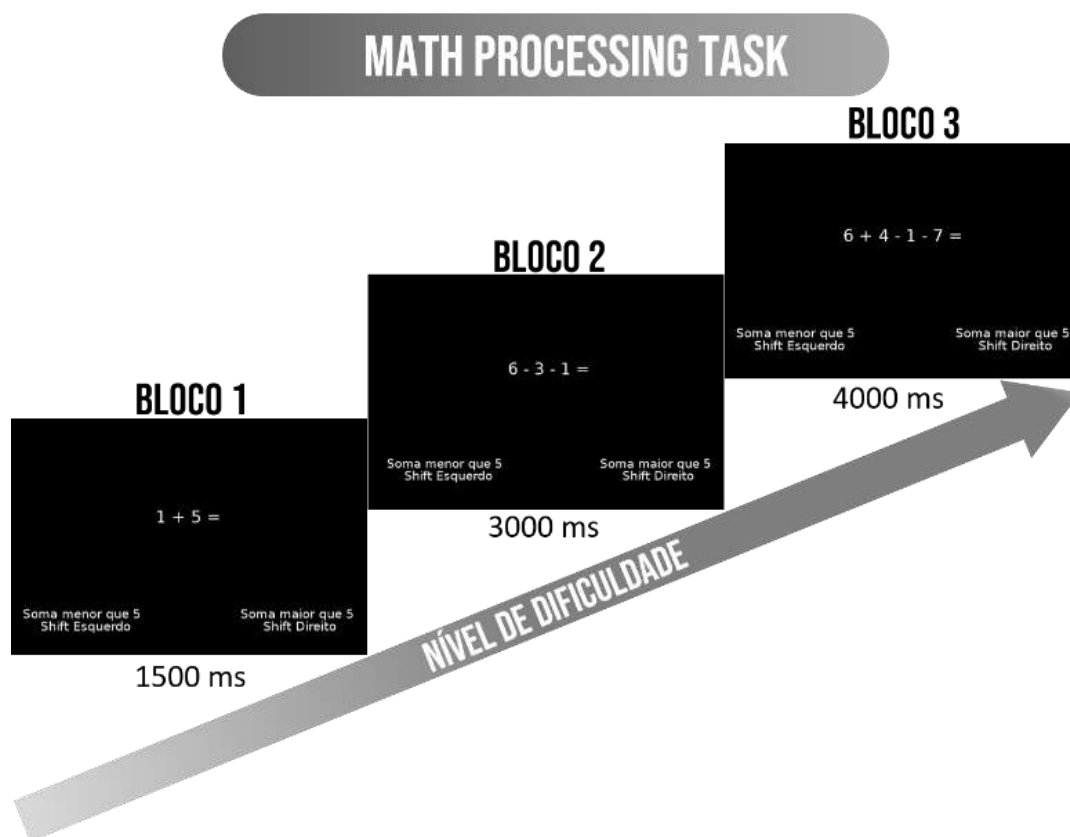


Figura 18: Organização estrutural do Mathproc, teste matemático disponível na plataforma PEBL, com nível de dificuldade crescente, em que o participante deve julgar as expressões com: uma operação em até 1,5 segundos; duas operações em até 3 segundos; e, três operações em 4 segundos; respondendo na tecla “SHIFT ESQUERDO” para resultados menores que 5 e na tecla “SHIFT DIREITO” para resultados maiores que 5.

O PEBL captura os tempos de reações de cada tentativa, bem como os totais de erros e acertos do participante. As informações detalhas de cada expressão julgada são entregues em planilha, mas também são compiladas, sinterizadas e fornecidas em documento de texto que descreve o número de *Trials* (ensaios) para cada uma das condições (blocos 1, 2 e 3), e suas respectivas informações sobre número de erros e acertos, acrescidos da proporção de acertos, média e mediana do tempo de reação. Consideramos para análise as três últimas variáveis citadas.

4.5.2.2.3 Teste de Controle Inibitório: Number-stroop

A tarefa *Stroop* é utilizada em larga escala por pesquisadores psicométricos, quando o objetivo é examinar a capacidade de controle atencional e inibição de respostas irrelevantes. Esta tarefa é mais difundida em sua versão de palavras coloridas, em que o sujeito deve proferir a cor da fonte e ignorar o significado da palavra julgada. A partir da tarefa original foram criadas versões numéricas, com a observação de sua simplicidade, haja

vista, o fato de apenas um estímulo ser apresentado em cada tentativa, e, a assimetria das diferentes dimensões de estímulo da tarefa de palavras coloridas (Dadon; Henik, 2017).

A partir desta tarefa foram criadas versões numéricas, que buscaram suprir as limitações da versão original. Em uma das versões numéricas o sujeito deve comparar os tamanhos físicos ou os valores de magnitude de dois números enquanto ignoram a dimensão irrelevante do estímulo caracterizando condições de congruência diferentes (Dadon; Henik, 2017). Outra versão do *Stroop* Numérico, apresenta estímulos onde o participante deve indicar a quantidade de caracteres apresentados, inibindo a característica visual do mesmo. Para este estudo consideramos esta versão, em que os indivíduos foram orientados a responder aos estímulos pela linha numérica do teclado indicando se observaram 1, 2 ou 3 caracteres. Todavia, os estímulos apresentavam caracteres numéricos ou letras do alfabeto de forma randomizada (Figura 19) o que estabelece as condições de congruência, incongruência e neutra (Wolach; McHale; Tarlea, 2004).

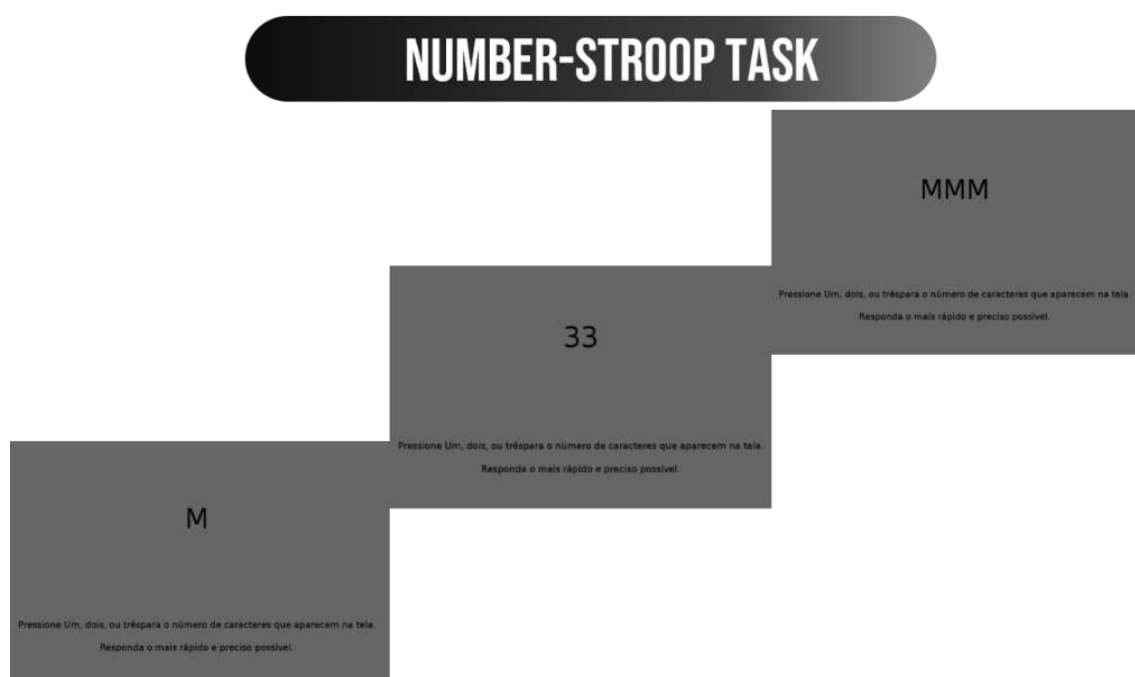


Figura 19: Teste de Controle Inibitório *Number-stroop*, disponível na plataforma PEBL. O participante deve responder ao estímulo inibindo a identidade visual e indicando a quantidade de caracteres visualizados.

Deste modo observamos que, nas tarefas de *stroop* numérico são apresentados pelo menos dois estímulos simultaneamente exigindo do participante maior poder de inibição (Dadon; Henik, 2017). Para além deste fator, observamos o potencial de interferência de estímulos numéricos sobre o público alvo desta investigação. O teste de Controle Inibitório foi realizado antes e depois da intervenção proposta.

4.5.2.2.4 Teste de Memória de Trabalho: N-back

O teste de memória de trabalho consiste na investigação da capacidade do armazenamento e atualização de informações de curto prazo a partir de estímulos instantâneos. Algumas modalidades de testes são utilizadas com este objetivo, entretanto, a tarefa *n-back* figura como alternativa dominante na investigação dos substratos neurais com foco na memória imediata (Kane et al., 2007).

Na tarefa *N-back*, eleita como tarefa de memória de trabalho para este estudo, o participante é exposto a uma série de estímulos sequenciais (figura 20), dentre os quais deve julgar se o estímulo atual corresponde àquele que apareceu *n* itens atrás (Kane et al., 2007; Meule, 2017; Owen et al., 2005). Este teste exige do participante a manutenção e atualização de ensaios dinâmicos enquanto responde ao estímulo instantâneo recebido, no qual presume-se demandas específicas de memória de trabalho a depender da condição empregada (Kane et al., 2007; Owen et al., 2005).

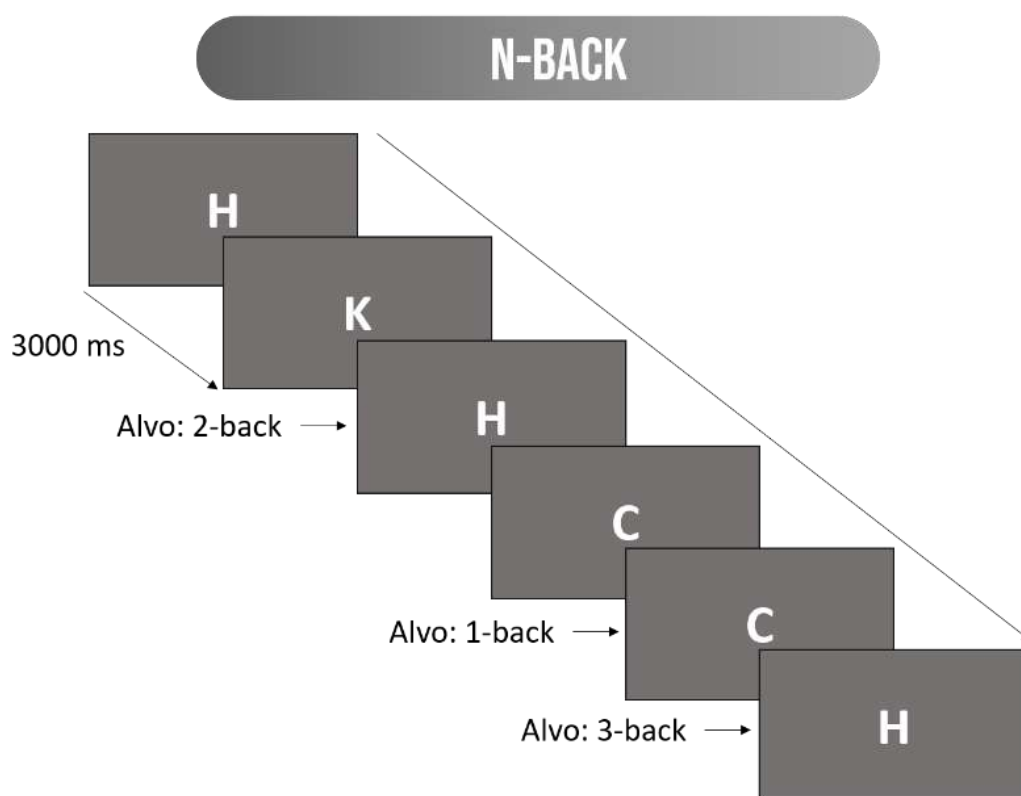


Figura 20: Sequência de estímulos da tarefa *n-back*, disponível na plataforma PEBL. Para condição 1-back o participante deve responder sempre que o estímulo atual for semelhante ao que foi apresentado uma posição atrás, ou seja, igual ao último estímulo visualizado. Na condição 2-back o alvo passa a ser o estímulo semelhante ao que foi visualizado duas posições atrás, correspondente ao penúltimo estímulo. A condição 3-back assume como alvo o estímulo semelhante àquele apresentado três posições atrás, ou seja, o antepenúltimo estímulo. O intervalo entre os estímulos é de 3 segundos (Vékony et al., 2018).

O teste é composto de 4 condições distintas, a saber: 0-back, 1-back, 2-back e 3 back. As condições de 2-back e 3-back, nas quais os participantes devem responder se o estímulo atual é correspondente ao que foi apresentado dois ou três itens atrás, respectivamente, são mais comuns, porém, as condições de 0-back (sem correspondência) e 1-back (correspondência imediatamente anterior), são utilizadas como condição controle (Meule, 2017). Os *outputs* do N-back fazem referência às latências de respostas (tempo de reação) e precisão relativa (%) ou absoluta (número de erros), geralmente modulados à medida que a dificuldade aumenta, ou seja, com *n*'s maiores a tendência é que os tempos reação aumentem e a precisão diminua. No entanto, deve-se considerar que os participantes, em geral, focam em responder a tarefa com precisão, deixando em segundo plano a agilidade nas respostas.

4.5.2.2.5 Aquisição e Processamento da Variabilidade da Frequência Cardíaca: Polar H10 e Kubios HRV

A medida padrão ouro de avaliação da VFC a partir dos intervalos RR é o eletrocardiograma, entretanto, alguns dispositivos alternativos tem sido adotados para seu estudo. A facilidade em que se pode captar os registros favorecem o uso deste parâmetro, mensurado de forma não invasiva por diferentes tipos de monitores cardíacos, com acurácia confiável para registro de tempo e padrão das ondas R consecutivas (Gilgen-Ammann; Schweizer; Wyss, 2019; Schaffarczyk et al., 2022).

Neste sentido, o instrumento eleito para registro da VFC é o monitor cardíaco Polar H10, que consiste em um sensor de frequência cardíaca associado a cinta elástica, munida de eletrodos plásticos no avesso da tira, a serem umedecidos antes da instalação na região torácica (figura 21), que detectam a frequência cardíaca. O Polar H10 foi testado para avaliação dos intervalos RR durante as condições de repouso e exercício físico e, os dados mostram divergências mínimas aos registros coletados por ECG, tanto para variáveis do domínio do tempo, da frequência, como de métodos não lineares de análise (Gilgen-Ammann; Schweizer; Wyss, 2019; Schaffarczyk et al., 2022).

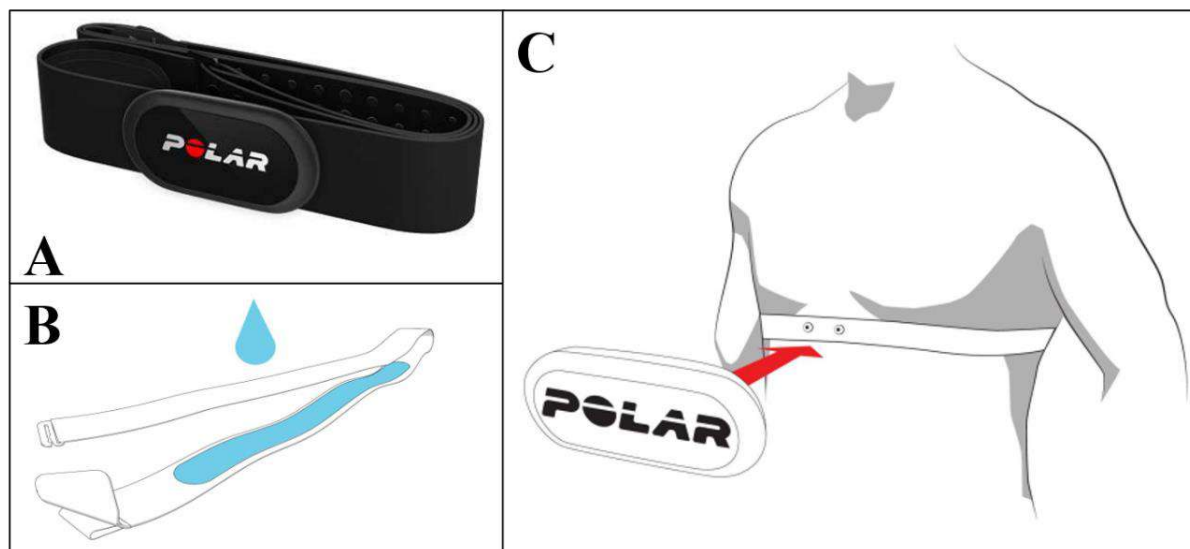


Figura 21: A) Sensor de frequência cardíaca Polar H10 acoplado à cinta elástica. B) Ilustração da recomendação do fabricante para umedecimento da área do eletrodo na cinta elástica. C) Localização de instalação da cinta no usuário (Polar Electro, 2022).

O monitor foi conectado ao aplicativo *Elite HRV*, instalado em dispositivo móvel via *Bluetooth*, no qual foram realizados os registros em ficha própria (em anexo) dos intervalos em que, cada atividade estava sendo realizada pelo participante monitorado (por exemplo: do minuto 01:00 ao minuto 06:00 o participante encontrava-se em repouso), para tratamento posterior sobre a gravação. O referido aplicativo disponibiliza opção de exportação dos dados para *download*, por meio de *link* enviado ao *e-mail* cadastrado previamente na plataforma.

Os dados brutos captados com o Polar H10, gravação com duração de cerca de 1 hora e 30 minutos, foram transferidos para o *software* de análise *Kubios HRV Scientific Lite 4.1.1* para remoção de ruídos, no qual foram feitos os recortes temporais, com aplicação do filtro médio de correção de batimentos, e fragmentação dos intervalos referentes a cada uma das atividades a serem analisadas (Repouso, Teste Matemático, Teste de Funções Executivas e Intervenção/Controle). A fragmentação considerou o desenvolvimento das atividades experimentais (apresentados nas figuras 12 e 13), sendo levados em consideração momentos específicos relevantes à análise das variáveis investigadas. O arquivo de cada um dos recortes foi manipulado na planilha de trabalho *Microsoft Excel*, onde aplicamos manualmente filtro de correção para batimentos ectópicos (com tempos muito baixos e/ou muito altos), para em seguida, padronizar o número de intervalos RR em 256, que foram considerados para análise. Aplicou-se novamente o filtro médio de correção de batimentos no *Kubios HRV* para tabulação de dados referentes aos Domínios da Frequência considerando os índices obtidos pela Transformada Rápida de Fourier (FFT) e

Autorregressivos (AR), ambos corrigidos por função logarítmica, do tempo, além de índices não lineares.

Para aquisição dos dados referentes a VFC os participantes foram instruídos a evitar consumo de cafeína, chocolate, álcool e tabaco, além de abster-se de exercícios físicos de altas intensidades nas 24 horas que antecederam os testes (Schaffarczyk et al., 2022). No início da execução do protocolo foram orientados quanto a posição de repouso, em que permaneceram sentados com pés apoiados ao chão e mãos sobre as coxas, postura observada no decorrer das atividades com recomendação de retomada, feita pelo observador, em caso de mudança significativa.

4.5.3 Desenho e Condições Experimentais

Implicações impostas pelas diversas perspectivas de abordagem metodológicas sugerem utilização de desenhos experimentais que possam anuir interpretabilidade de resultados satisfatória. Observando modelos utilizados nas áreas de cinesiologia, psicologia cognitiva e neurociência, que investigam o efeito agudo da atividade física na indução de aprimoramentos cognitivos (Pontifex et al., 2019), adotou-se, o designer crossover intrasujeitos de comparação pré e pós intervenção (Figura 22).



Figura 22: Desenho experimental desenvolvido com participação cruzada (*crossover*), sendo que no Dia 1 o grupo A realizou as atividades de pesquisa com intervenção musical, enquanto o grupo B foi submetido a ruído branco, para o dia 2 alternou-se as condições de intervenção e controle. Medidas autorrelatadas de estado de ansiedade e afetos positivos e negativos foram coletadas antes dos testes, matemático e de funções executivas, realizados pré e pós intervenção/controle (adaptado de PONTIFEX et al., 2019).

Neste modelo experimental todos os participantes se envolvem nas duas condições experimentais, intervenção musical e controle, porém em dias separados. A ordem de condição experimental em que o participante deve se envolver é estabelecida de maneira aleatória e exerce papel de contrabalanceamento (Pontifex et al., 2019), com as medidas autorrelatadas, teste matemático e teste psicofisiológicos sendo coletadas antes e após a intervenção/controle, além do registro da VFC, gravado durante a realização das atividades experimentais. Definiu-se os dias ímpares para realização da condição controle e os dias pares de coleta para realização da condição de intervenção musical.

4.5.3.1 Condição Experimental Intervenção: música relaxante

Cada um dos ambientes preparados para captação de dados, teve temperatura e ruído interno controlados, aproximadamente 22°C e 50 dB, respectivamente, onde os participantes, compareceram em duplas selecionadas aleatoriamente, em horário pré-determinado pela equipe de pesquisadores, que os orientou sobre os procedimentos específicos de realização das atividades experimentais, tais como: postura, instalação do cardiófrequencímetro, respiração, orientações acerca dos testes matemáticos e de funções executivas.

Para ambas as condições experimentais, foram apresentados aos participantes o desenvolvimento das atividades pré intervenção/controle, para que então se pudesse dar seguimento à instalação do cardiófrequencímetro. Após as orientações iniciais e instalação do instrumento estabeleceu-se tempo de repouso com duração de 5 minutos, que teve objetivo de estabilização de captação do sinal da VFC. O início da gravação do sinal ocorreu concomitantemente ao período de repouso (Figura 23).

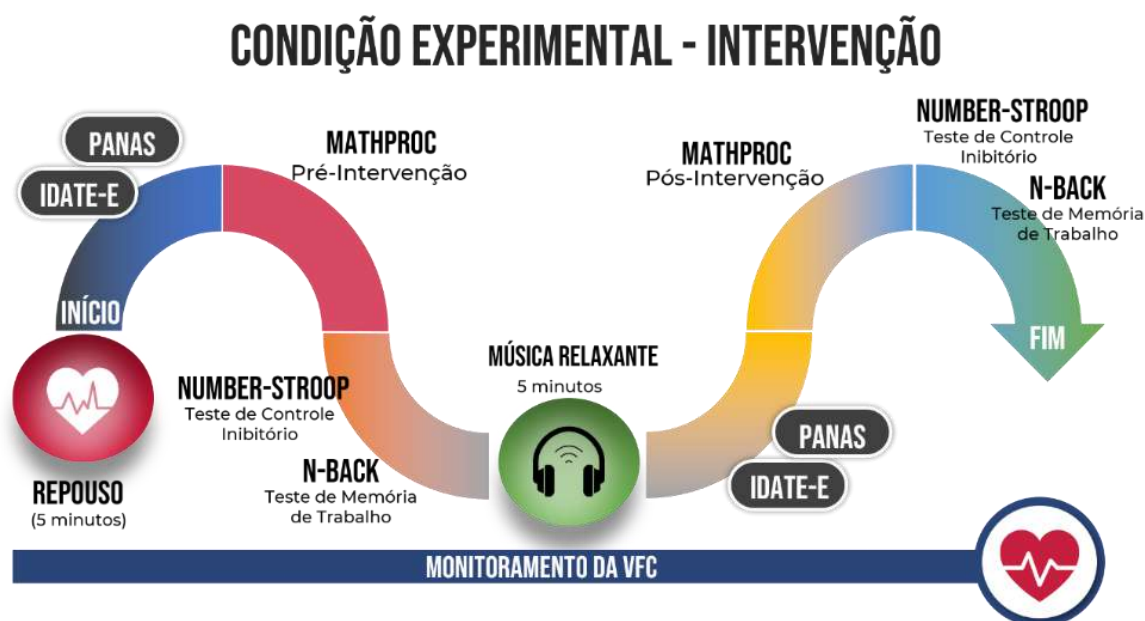


Figura 23: Condição Experimental Intervenção. Iniciada com 5 minutos de repouso para registro de medida basal da VFC, monitorada durante todo o experimento. Escalas IDATE-E e PANAS foram aplicadas antes dos testes, matemático e de funções executivas, realizados na plataforma PEBL, pré e pós intervenção musical.

Finalizado o período de 5 minutos passaram-se instruções para que os participantes pudessem responder a escala de estado de ansiedade (IDATE-E). Seguiu-se com orientações da escala de afetos positivos e negativos (PANAS). O tempo aproximado para responder as duas escalas foi de 4 minutos. Com a conclusão das escalas passou-se ao desenvolvimento do teste matemático MATHPROC, com duração de cerca de 9 minutos. Em seguida foram realizados os testes de funções executivas, Controle Inibitório (NUMBER-STROOP) e Memória de Trabalho (N-BACK), por um período de 10 minutos, aproximadamente. Após a conclusão da fase inicial do protocolo experimental concedeu-se intervalo de 5 minutos para hidratação e uso de sanitários pelos participantes. Retornando do intervalo os participantes alocados na condição experimental de intervenção foram submetidos à intervenção musical relaxante por um período de 5 minutos com oscilação de volume na faixa de 52 a 70 dB, para então repetir, na íntegra, as atividades realizadas na fase pré intervenção.

4.5.3.2 Repertório experimental: *Canon in D* (Johann Pachelbel)

Considerando os apontamentos de manifestação fisiológica da audição musical na VFC variando de 2,5 a 15 minutos (Ellis; Thayer, 2010; Wang et al., 2020), assumimos o tempo de exposição musical de 5 minutos, que ocorreu concomitantemente ao segundo

período de repouso, para a condição experimental de intervenção. Levando-se em conta ainda que, o tipo de arranjo musical que contempla fatores como: regularidade rítmica, andamento lento, tom agudo, faixa estreita de tom com progressões ascendentes influencia a expressão emocional (Elliott; Polman; McGregor, 2011), portanto, explica possíveis relações com o nível de ansiedade matemática dos estudos de Feng; Suri; Bell, (2014) e Gan; Lim; Haw, (2016); manifestações na VFC (Wang et al., 2020), e; que ritmo lento é caracterizado pela oscilação entre 60 – 80 Hz (Arbinaga et al., 2020; Feng; Suri; Bell, 2014); selecionamos a peça musical para este estudo.

Trata-se da obra *Cânone in D*, de autoria do compositor e organista alemão Johann Pachelbel (1653 – 1703). O Cânone é um formato de composição muito difundido no século XVI, cujo o arranjo se caracteriza pelo início de uma voz, definida como antecedente, que é continuamente imitada por outras vozes, consequentes, distante de um ou mais compassos, podendo ser uníssono, quando as vozes repetem exatamente as mesmas notas, ou à oitava, quando as vozes consequentes são transpostas em oitavas (Wazlawick; Maheirie; Carvalho, 2011).

A versão selecionada levou em consideração o tempo de duração da gravação, logo, optou-se pela versão do grupo *Layers Classic*⁶, executada em arranjo de 73 bpm⁷, com três instrumentos musicais: Piano, Violino e Violão Cello, duração de 5 minutos e 32 segundos, sendo que o Violino executa a voz antecedente, Violão Cello, atua como consequente e o Piano executa acordes da progressão harmônica. Compreende-se que esta versão contempla a configuração de arranjo proposto por Elliott; Polman; McGregor, (2011) para características internas de músicas relaxantes, no que se refere a: melodia, harmonia, ritmo, complexidade, articulação e instrumentos. A dimensão tempo fica contemplada pela indicação de Arbinaga et al., (2020) e Feng; Suri; Bell, (2014).

4.5.4 Condição Experimental Controle: ruído branco

A condição experimental de controle obedeceu a mesma configuração da condição de intervenção, portanto, desenvolveu-se nos mesmos padrões, com exceção da intervenção musical que deve influenciar a variável investigada. A ordem de execução do protocolo foi

⁶ Versão disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=SjYecEQFL0U>

⁷ O cálculo de bpm foi realizado com uso do aplicativo *Moises – The Musician's App*, disponível para download em <https://acesse.dev/Jofzf>

contrabalaneada, sendo que se iniciou nos dias ímpares com o protocolo de controle, alternado com a intervenção no decorrer no experimento. Os participantes alocados na condição controle, para o primeiro dia de ensaio, desenvolveram rigorosamente as mesmas atividades daqueles do grupo experimental, com alteração apenas no instante de intervenção, no qual foram expostos a silêncio/ruído branco mantendo-se a faixa de 50 dB (Figura 24).

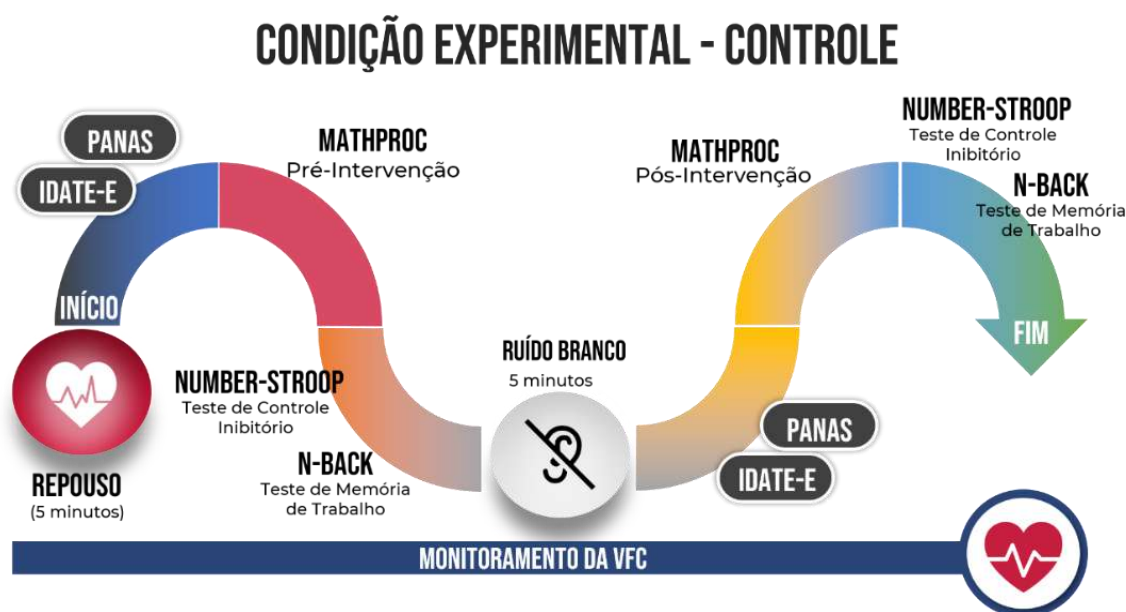


Figura 24: Condição experimental: controle. Iniciada com 5 minutos de repouso para registro de medida basal da VFC, monitorada durante todo o experimento. Escalas IDATE-E e PANAS foram aplicadas antes dos testes, matemático e de funções executivas, realizados na plataforma PEBL, pré e pós controle, onde o participante foi exposto apenas a ruído branco.

O ensaio teve duração de cerca de 1 hora e 10 minutos, levados em consideração os tempos de realização de repouso, atividades experimentais, intervalo e orientações para responder escalas e testes do PEBL.

4.5.5 Análise estatística

A tese de que a regulação emocional evocada pela música relaxante modula o estado emocional influenciando o tônus vagal cardíaco, possíveis interações com a ansiedade matemática e o desempenho foi investigada a partir de estatísticas realizadas no aplicativo JAMOV versão 2.6.44.0. Foram desenvolvidos testes do tipo Modelo Linear Misto, onde são consideradas simultaneamente a interação entre variáveis intra e entre sujeitos, determinados como fatores: i) Nível de Ansiedade Matemática; ii) Condição Experimental (intervenção e controle); iii) Momento, sendo, pré e pós, para as variáveis relacionadas aos

testes matemáticos e escalas psicométricas, adicionados dos momentos de repouso e intervenção/ruído branco para investigação referente à VFC.

Assumiu-se como ponto de corte para significância das interações Condição*Momento*Nível de AM, dentre outras, os valores de $p \leq 0,05$. Os testes de *Post Hoc* foram realizados para as interações significativas também considerando os valores de $p \leq 0,05$, sem correção, visto que o arranjo experimental desenvolvido apresenta rigidez metodológica que dispensa tais correções (Pontifex et al., 2019). O intervalo de confiança para interpretação dos resultados foi de 95%. Comparamos grupos ($n = 26$) de adultos jovens (18 a 30 anos), em formação docente na área de matemática, balanceados para sexo e nível de AM e randomizados por sorteio.

Para desenvolvimento dos testes estatísticos foram realizadas análises de distribuição com gráfico Q-Q, onde foram observados os Resíduos Padronizados por Quantis. Para análise dos índices da VFC notou-se, a partir do gráfico QQ, que os valores extremos e discrepantes referem-se ao mesmo participante, possivelmente indicando presença de ruído no sinal, logo, optamos pela remoção destes dados para análise da VFC. Analisamos scores de testes de desempenho matemático, teste de controle inibitório, teste de memória de trabalho, escalas autorrelatadas de ansiedade estado e afetos positivos e negativos, além de índices do domínio do tempo e domínio da frequência que são relatados como indexadores de tônus vagal e outros adquiridos por métodos não lineares relacionados à complexidade da VFC, em que foram investigadas as hipóteses: a) há efeitos da música sobre o desempenho matemático e de funções executivas considerando a AM? b) há efeito da música sobre o estado emocional em antecipação à tarefa matemática?

4.6 Resultados

4.6.1 Intervenção Musical e Desempenho Matemático

Não foram observadas interações significativas no tempo de resposta para as tarefas matemáticas, entretanto, nota-se interação na avaliação de desempenho considerando-se a proporção de acertos da tarefa difícil, mas não nas tarefas fácil e intermediária (tabela 3).

Tarefa	Interação	F	p
PA_MP2	Condição * Momento	0.534	0.467
PA_MP3	Condição * Momento	0.431	0.513
PA_MP4	Condição * Momento	5.206	0.025*

Tabela 3: Testes de Omnibus de efeitos fixos para a proporção de acerto em tarefa matemática fácil, intermediária e difícil (* $p \leq 0,05$). PA – Proporção de acerto; MP – Mathproc.

A inclusão dos scores do Sexo como covariáveis não acarretou em mudanças nas significâncias observadas, visto que, a covariável não interferiu significativamente no desempenho matemático da tarefa difícil. O teste *Post Hoc* indica proporção de acertos significativamente superior após a intervenção musical ($p = 0,002$) com diferença média estimada de 7,5% , enquanto os níveis se mantêm na condição controle (figura 25).

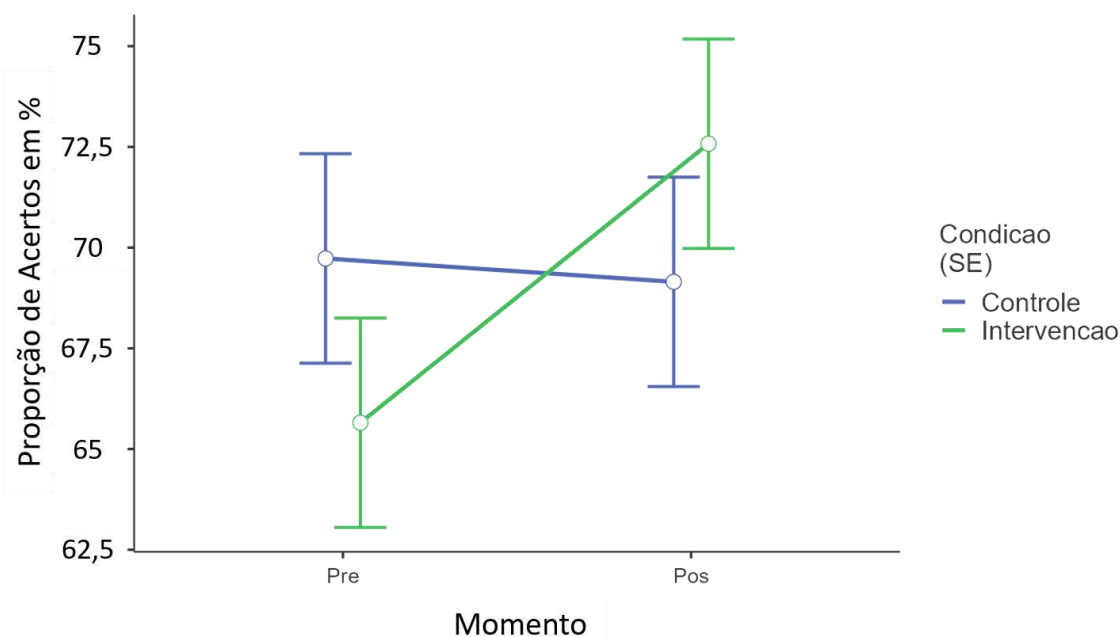


Figura 25: Traçado de desempenho com barras de erro padrão para as condições controle (azul) e intervenção (verde) representando a proporção de acertos significativamente superior em tarefa matemática difícil sugerindo melhora de desempenho após a intervenção musical, frente aos scores pré intervenção, enquanto os scores na condição controle se mantém.

4.6.2 Intervenção Musical e Funções Executivas

Foram analisados scores de desempenho e tempo de respostas para o controle inibitório nas condições congruente, incongruente e neutra, que não revelou interação significativa a partir do modelo linear misto desenvolvido. A memória de trabalho foi testada com a tarefa n-back em 3 níveis de dificuldade, 1-back, 2-back e 3-back, onde foram analisados taxa de acertos e tempo de resposta para cada condição. Nas tarefas 2-back e 3-back não foram observadas diferenças significativas, no entanto, a análise do tempo de reação da condição 1-back indicou interação significativa Condição*Momento*N_AM ($F = 5,904$; $p = 0,018$). O teste *post hoc* revela que o grupo com alta ansiedade matemática tem tempo de resposta significativamente inferior no momento pós intervenção musical frente

aos registros pré intervenção ($p = 0,001$) e pós controle ($p = 0,002$), sugerindo melhor desempenho de MT, visto que os scores de acerto não apresentam diferenças significativas. O gráfico de médias marginais estimadas (figura 26) apresenta a interação com as condições plotadas em linhas separadas e com as taxas de erro padrão.

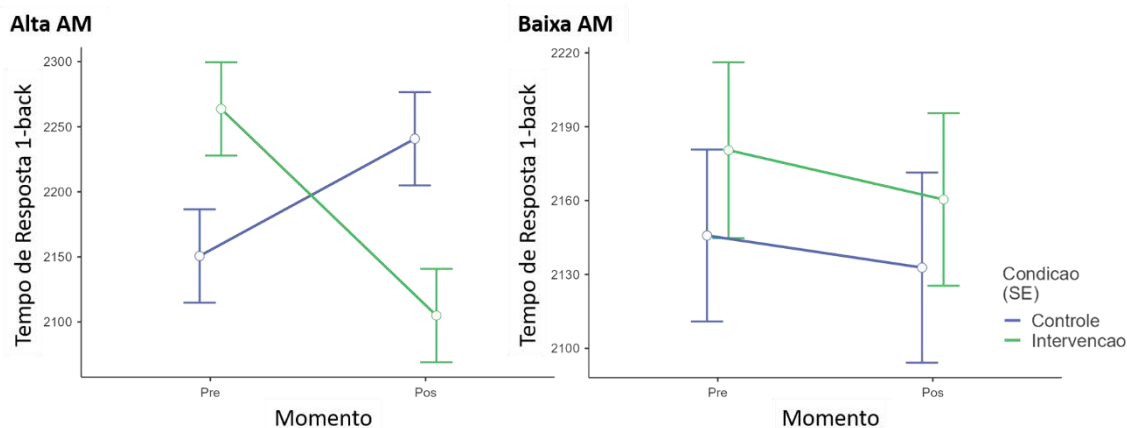


Figura 26: Interação Condição*Momento*N_AM. Para o grupo com alta AM (esquerda), observa-se diferenças significativas indicando redução do tempo de resposta na tarefa 1-back após a intervenção musical, comparadas ao registro pré intervenção e pós condição controle, efeito não observado no grupo com baixa AM (direita).

Para o grupo de baixa AM não foram notadas interações entre condição e momento, pois estes participantes mantiveram o padrão de tempo de resposta em ambas as condições.

4.6.3 Intervenção Musical e Regulação Emocional

Iniciamos as considerações acerca da intervenção musical sobre a regulação emocional com análise das escalas autorrelatadas de ansiedade estado e de afetos positivos e negativos. A análise identificou interação estatisticamente significativa Condição*Momento ($F = 5,660$; $p = 0,020$), apenas nos scores da escala de afetos negativos, não observadas na escala de afetos positivos e ansiedade estado (tabela 4).

Escala	Interação	F	p
EA	Condição * Momento	3.731	0.057
AP	Condição * Momento	0.431	0.511
AN	Condição * Momento	5.206	0.018*

Tabela 4: Testes de Omnibus de efeitos fixos para escalas autorrelatadas. EA – Escala de Estado de Ansiedade, AP – Escala de afetos positivos; AN – Escala de afetos negativos (* $p \leq 0,05$).

A inclusão dos scores do Sexo como covariável não induziu mudanças nas significâncias observadas, visto que, a covariável não interferiu significativamente na variável dependente investigada. Testes *post-hoc* indicam diminuição de afetos negativos ($p = 0,001$) após a intervenção musical, representadas no gráfico da figura 27.

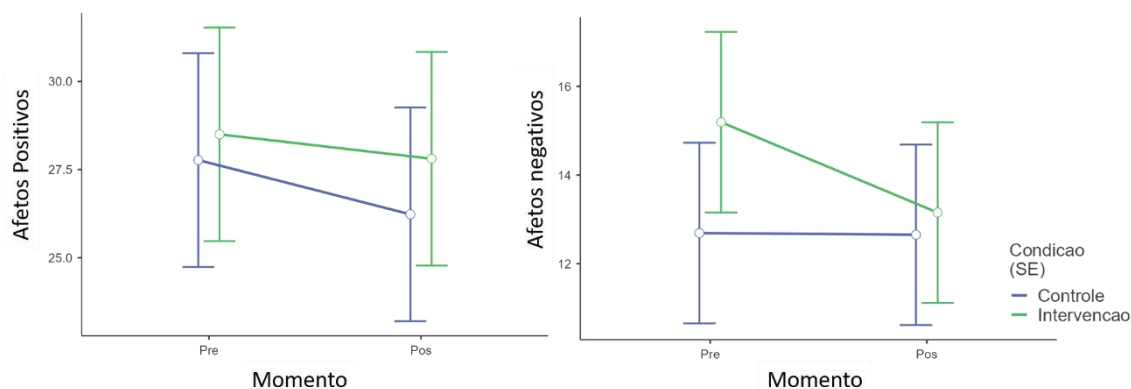


Figura 27: Traçado dos scores afetos positivos (esquerda) e negativos (direita) com barras de erro padrão para as condições controle e intervenção, plotadas em linhas separadas representando diminuição significativa de afetos negativos, sugerindo modulação do estado emocional após a intervenção musical, frente aos scores pré intervenção, enquanto os scores na condição controle se mantêm.

4.6.4 Variabilidade da Frequência Cardíaca

SampEn

O modelo linear misto identificou efeitos significativos para o índice não linear SampEn, associado à complexidade da VFC, apontados pela interação Condição*Momento ($F = 2,834$; $p = 0,040$). Neste caso, as Comparações *Post Hoc* (tabela 5) indicam que o grupo tem os mesmos níveis de complexidade da VFC registrados pela entropia da amostra (SampEn) em linha de base e durante a realização da tarefa, mas não no momento de intervenção/controle (Int/Cont) na comparação entre as condições, com índice de complexidade da VFC significativamente mais alto para este momento, na condição de intervenção.

Cond	Mom	vs	Cond	Mom	Dif	SE	t	p
Cont	Rep	-	Interv	Rep	-0.056	0.051	-1.104	0.272
Cont	Pré	-	Interv	Pré	0.043	0.051	0.839	0.403
Cont	Int/Cont	-	Interv	Int/Cont	-0.100	0.051	-1.980	0.050*
Cont	Pós	-	Interv	Pós	0.068	0.051	1.328	0.185

Tabela 5: Comparações *Post Hoc* da interação Condição*Momento indicando diferenças significativas somente no momento da intervenção (* $p \leq 0,05$). Cont – Controle; Interv – Intervenção; Rep – Repouso; Int/Cont – Intervenção/Controle.

A análise ao decorrer da sessão experimental (figura 28) mostrou diferenças significativas entre repouso e diferentes momentos do teste matemático pré e pós na condição controle. Entretanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre o instante de repouso e intervenção/ruído branco (Int/Cont), que antecede a tarefa matemática em ambas as condições. Por outro lado, na condição experimental de intervenção musical não foram observadas diferenças significativas no índice no decorrer da seção, entretanto, conforme avaliação pelo teste de *post hoc*, nota-se diferença estatisticamente significativa entre o período de ruído branco e audição musical, indicando maior complexidade da VFC durante a audição de música relaxante imediatamente antes da realização do teste matemático.

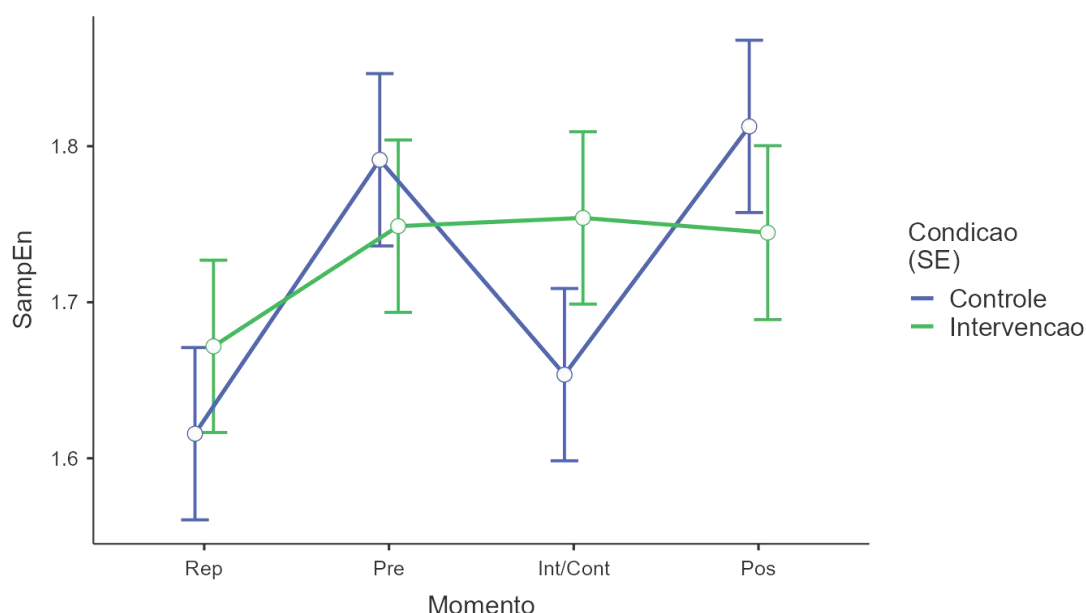


Figura 28: Registro do índice não linear SampEn, associado à complexidade da VFC indicando diferenças significativas entre o repouso e intervenção musical, sugerindo maior variabilidade no momento da intervenção e diferenças estatisticamente significativas entre o momento de audição musical e ruído branco, com maior VFC durante a audição musical.

Outros índices de VFC foram analisados, porém não foram reveladas significância que corroborem as análises das hipóteses levantadas, entretanto, nos chamou a atenção os registros referentes ao índice de alta frequência (HF), que reflete o tônus vagal cardíaco. A análise gráfica de médias marginais estimadas no decorrer do experimento (figura 29) com as condições plotadas em linhas separadas revela aumento do tônus vagal do repouso para a tarefa matemática pré intervenção/controle que se estabiliza no decorrer da seção da

condição controle, enquanto apresenta aumento do tônus vagal cardíaco, refletido pelo índice HF, durante a audição musical, permanecendo até a tarefa pós intervenção.

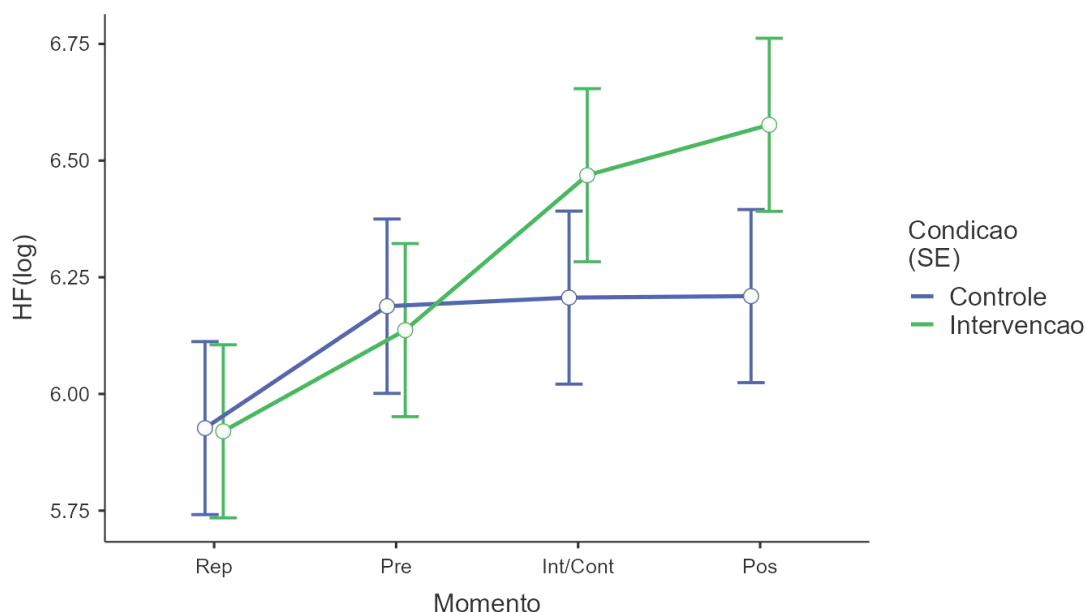


Figura 29: Registro do índice HF ao longo da seção experimental com as condições plotadas em linhas separadas indicando aumento do tônus vagal cardíaco do repouso para a tarefa pré intervenção/controle, com estabilização do índice na condição controle e ascensão do mesmo na condição experimental.

Ao longo dos resultados apresentados observamos evidências de diminuição de afetos negativos associados ao aumento da complexidade da VFC, em conjunto estes resultados sugerem modulação do estado emocional, possivelmente, induzindo a condição favorável ao desempenho cognitivo, que pode justificar a melhora significativa de desempenho na tarefa matemática difícil após a intervenção musical.

4.7 Discussão

Neste estudo levantamos algumas questões onde testamos o desempenho matemático e de funções executivas de acadêmicos de licenciatura em matemática, enquanto registramos aspectos de estado emocional, com escalas de autorrelato e índices fisiológicos. A primeira hipótese testada pode ser fragmentada sendo que foram analisados dados referentes ao desempenho matemático separadamente dos relacionados ao estado emocional. Iniciando pelo desempenho matemático, observamos que os resultados do teste aritmético evidenciam melhora significativa de desempenho na tarefa difícil após a intervenção musical, não observadas nas tarefas fácil e intermediária.

Teoricamente, sabe-se que elevados níveis de AM são preditores de mau desempenho (Ashcraft, 2002; Daker et al., 2023; Hembree, 1990), e ainda que algumas discussões anteriores argumentam sobre o quanto o nível de AM dos professores de matemática influencia o desempenho de seus alunos (Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Oliveira; Silva, 2024), especialmente quando estamos falando sobre professoras de matemática, em que se tem demonstrado que altos níveis de AM de professoras são preditores de déficits de desempenho dos estudantes (Beilock et al., 2010; Figueira; Gusmão; Freitas, 2023; Oliveira; Silva, 2024). A discussão torna-se ainda mais relevante no Brasil, visto que, cerca de 79% da docência de educação básica é realizada por professoras, sendo que nos anos iniciais, nível educacional de iniciação da aprendizagem matemática, elas ocupam quase a totalidade dos cargos (97,2% nas creches e 94,2% na fase pré escolar), com atuação expressiva também nos demais níveis de ensino (INEP, 2023). Diante disto, consideramos em nossas análises, como covariável o fator sexo.

Em nossos resultados não foram observadas influências significativas do sexo no desempenho matemático, no entanto, os resultados indicam melhora de desempenho no teste aritmético após a intervenção musical, quando comparados à condição pré intervenção, enquanto os scores são mantidos na condição controle, sugerindo efeito da audição musical sobre o desempenho.

Os resultados referentes às funções executivas indicam efeitos apenas no tempo de resposta do teste de memória de trabalho. Discussões anteriores apontam para déficits de desempenho de memória de trabalho na população com alta AM, sendo que, registrou-se como manifestação o atraso em respostas de tarefas de memória de trabalho, em função do déficit de processamento, quando estímulos distratores passam a competir por recursos de memória de trabalho, em detrimento do processamento numérico (Moura-Silva, 2019; Pelegrina et al., 2020). Em concordância com resultados anteriores o teste de MT registrou tempo de resposta significativamente mais longos na tarefa 1-back entre pessoas com alta AM frente a seus pares menos ansiosos, onde se pode notar melhora deste parâmetro induzida pela intervenção musical, indicando que a audição de música relaxante provocou efeitos benéficos ao desempenho da memória de trabalho de sujeitos com alta AM, quando comparados a seus pares menos ansiosos e a condição controle.

Para as análises referentes ao estado emocional foram consideradas escalas autorrelatadas de ansiedade estado e de afetos, onde observamos diminuição de afetos negativos imediatamente antes do teste matemático após a intervenção. Sabe-se, a partir de

estudos anteriores que afetos negativos, podem ser oriundos de pensamentos intrusivos com manifestações ansiosas, inclusive relacionadas a situações matemáticas (Dowker; Sarkar; Looi, 2016; Hopko et al., 2003; Sammallahhti et al., 2023). O reconhecimento da AM a partir de dimensões distintas reconhecidas em pelo menos dois fatores, ansiedade ao teste e ansiedade numérica (Alexander; Martray, 1989; Pletzer et al., 2016), possivelmente explica tais manifestações de afetos negativos, visto que os participantes tinham ciência da realização do teste matemático a ser realizado, podendo ser encarado como uma forma de avaliação de desempenho matemático.

Outro fator relevante nesta discussão são as manifestações neurofisiológicas da AM com ativação da rede de medo em antecipação a tarefa matemática (Lyons; Beilock, 2012a, 2012b) e sua provável modulação diante da audição de música relaxante (Koelsch, 2014; Schaefer, 2017), logo, infere-se que possivelmente a manifestação de afetos negativos podendo ser oriunda de AT e/ou AM, com prejuízos ou, na melhor das hipóteses, estagnação de desempenho matemático observada na condição controle, sofreu modulação acarretando em melhora diante da audição de música relaxante, praticada na condição experimental de intervenção.

Neste sentido, com o objetivo de fortalecer as evidências de modulação do estado emocional, com possível indução à melhora de desempenho analisamos fatores fisiológicos amplamente discutidos como indexadores de estados emocionais e desempenho de funções executivas, fundamentadas no Modelo de Integração Neurovisceral (Ellis; Thayer, 2010; Smith et al., 2017; Thayer et al., 2009). Analisamos índices que refletem tônus vagal, além de outros associados à complexidade da VFC.

A análise da entropia da amostra (SampEn), índice adquirido por métodos não lineares relacionado à complexidade da VFC captura o quão complexo é o sinal indicando maior variabilidade para valores mais altos (Laborde; Mosley; Thayer, 2017; Shaffer; McCraty; Zerr, 2014), indicou variações do índice no decorrer do teste em ambas as condições experimentais. Partindo de valores semelhantes em linha de base, nota-se aumento do índice durante a tarefa matemática pré intervenção/controle, justificada pela demanda cognitiva que requer maior controle atencional (Young; Benton, 2015), retornando ao nível basal durante o terceiro momento experimental (Int)/cont) da condição controle, onde os participantes foram expostos apenas a ruído branco.

Na condição experimental, durante terceiro momento do experimento (Int/Cont), onde os participantes foram submetidos a audição de música relaxante observa-se que a

SampEn, manteve-se no mesmo nível da tarefa matemática pré, que permaneceu até a tarefa pós intervenção, indicando, hipoteticamente, maior controle emocional em antecipação à tarefa, sendo que, as diferenças observadas entre os instantes controle e intervenção musical sugerem maior complexidade da VFC. Portanto, concluímos, a partir das evidências, que a intervenção musical modulou o estado emocional, registrado no índice SampEn da VFC e associado à diminuição de afetos negativos, com consequências positivas ao desempenho cognitivo e matemático dos acadêmicos de licenciatura em matemática.

Por fim, apresentamos alguns dados referentes ao tônus vagal ao analisarmos visualmente, por meio de gráfico, o comportamento do índice de alta frequência (HF), mesmo sem que este tenha apresentado interações estatisticamente significativas, com o objetivo de instigar a análise minuciosa deste parâmetro em estudos futuros, visto que, o comportamento observado graficamente pode corroborar com a compreensão das hipóteses estudadas neste estudo, bem como, com questões que devem emergir a partir destes resultados.

Ressaltamos que, apesar do esforço empreendido, algumas limitações podem ser apontadas no presente estudo. Destacamos a composição amostral, que por motivo de paralisação das atividades em uma das universidades envolvidas neste projeto durante o período de coleta de dados, não se pode formar uma amostra heterogênea, considerando-se a linha de formação docente. Primeiramente, conjecturamos que uma amostra formada com acadêmicos de diferentes cursos de licenciatura que atuam no ensino de matemática (por exemplo, a presença de acadêmicos do curso de pedagogia, dentre outros), aumentaríamos o poder das evidências apresentadas. Em segundo lugar, enfatizamos a limitação em explicar se as manifestações ansiosas e de afetos negativos são realmente provenientes de ansiedade matemática no momento do teste, visto que, a única escala de AM utilizada no estudo considerou apenas a dimensão traço, portanto, em um novo estudo sugerimos a mudança da escala de estado de ansiedade geral pela escala de estado de ansiedade matemática.

Outro ponto a ser destacado diz respeito a aleatoriedade da composição amostral, que foi prejudicada devido à disponibilidade dos participantes voluntários. As normas nacionais referentes a pesquisa com seres humanos impedem qualquer tipo de bonificação aos participantes, o que acaba limitando o poder de recrutamento dos pesquisadores em diversas áreas de estudo.

Diante disto, deixamos alguns pontos elencados para estudo em pesquisas futuras: a) qual o tempo de duração do efeito da audição musical sobre a regulação emocional? b) existe

efeito semelhante ao reportado neste trabalho com audição de música relaxante durante a tarefa matemática? c) há efeito da música sobre a AM de acadêmicos de licenciatura de cursos de formação de professores que ensinam matemática na educação infantil?

4.8 Referências

- ALEXANDER, L.; COBB, R. Identification of the Dimensions and Predictors of Math Anxiety among College Students. **Reports - Research**, 1984.
- ALEXANDER, L.; MARTRAY, C. R. The development of an abbreviated version of the Mathematics Anxiety Rating Scale. **Measurement and Evaluation in Counseling and Development**, v. 22, p. 143–150, 1989.
- ARBINAGA, F. *et al.* Influence of Music on Closed Motor Skills: A Controlled Study with Novice Female Dart-Throwers. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 11, p. 4146, 10 jun. 2020.
- ASHCRAFT, M. H. Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, n. 5, p. 181–185, 23 out. 2002.
- BALOĞLU, M. An investigation of the validity and reliability of the adapted mathematics anxiety rating scale-short version (MARS-SV) among Turkish students. **European Journal of Psychology of Education**, v. 25, n. 4, p. 507–518, 21 dez. 2010.
- BEILOCK, S. L. *et al.* Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 5, p. 1860–1863, 2 fev. 2010.
- BIAGGIO, A. M. B.; NATALÍCIO, L. Manual para o Inventário de Ansiedade Traço-Estado. **Centro Editor de Psicologia Aplicada-CEPA**, 1979.
- CAREY, E. *et al.* The Chicken or the Egg? The Direction of the Relationship Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 7 jan. 2016.
- CARVALHO, H. W. DE *et al.* Structural validity and reliability of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Evidence from a large Brazilian community sample. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v. 35, n. 2, p. 169–172, jun. 2013.
- CHANDA, M. L.; LEVITIN, D. J. The neurochemistry of music. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 17, n. 4, p. 179–193, abr. 2013.
- DADON, G.; HENIK, A. Adjustment of control in the numerical Stroop task. **Memory & Cognition**, v. 45, n. 6, p. 891–902, 23 ago. 2017.
- DAKER, R. J. *et al.* Does anxiety explain why math-anxious people underperform in math? **npj Science of Learning**, v. 8, n. 1, p. 6, 21 mar. 2023.
- DANCKERT, J. *et al.* Right Hemisphere Brain Damage Impairs Strategy Updating. **Cerebral Cortex**, v. 22, n. 12, p. 2745–2760, 1 dez. 2012.
- DIAMOND, A. Executive Functions. **Annual Review of Psychology**, v. 64, n. 1, p. 135–168, 3 jan. 2013.

- DOMINGUES, M. R. DE S. *et al.* Exercício físico e ansiedade matemática: perspectivas para educação matemática a partir das neurociências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, p. 81, 6 abr. 2022.
- DOWKER, A.; SARKAR, A.; LOOI, C. Y. **Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?** *Frontiers in Psychology* Frontiers Media S.A., , 2016.
- ELLIOTT, D.; POLMAN, R.; MCGREGOR, R. Relaxing Music for Anxiety Control. **Journal of Music Therapy**, v. 48, n. 3, p. 264–288, 1 set. 2011.
- ELLIS, R. J.; THAYER, J. F. Music and Autonomic Nervous System (Dys)Function. **Music Perception**, v. 27, n. 4, p. 317–326, 1 abr. 2010.
- FENG, S.; SURI, R.; BELL, M. Does Classical Music Relieve Math Anxiety? Role of Tempo on Price Computation Avoidance. **Psychology & Marketing**, v. 31, n. 7, p. 489–499, jul. 2014.
- FERREIRA, C. L. *et al.* Universidade, contexto ansiogênico? Avaliação de traço e estado de ansiedade em estudantes do ciclo básico. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, n. 3, p. 973–981, jun. 2009.
- FIGUEIRA, P. V. S. T.; GUSMÃO, T. C. R. S.; FREITAS, P. M. DE. Effects of the Math Anxiety of Parents and Teachers on Students. **Psico-USF**, v. 28, n. 1, p. 1–12, mar. 2023.
- FIORAVANTI, A. C. M. *et al.* Avaliação psicológica. **Avaliação Psicológica**, v. 5, n. 2, p. 217–224, 2006.
- FRÜHHOLZ, S.; TROST, W.; GRANDJEAN, D. The role of the medial temporal limbic system in processing emotions in voice and music. **Progress in Neurobiology**, v. 123, p. 1–17, dez. 2014.
- GAN, S. K.-E.; LIM, K. M.-J.; HAW, Y.-X. The relaxation effects of stimulative and sedative music on mathematics anxiety: A perception to physiology model. **Psychology of Music**, v. 44, n. 4, p. 730–741, 19 jul. 2016.
- GILGEN-AMMANN, R.; SCHWEIZER, T.; WYSS, T. RR interval signal quality of a heart rate monitor and an ECG Holter at rest and during exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 7, p. 1525–1532, 19 jul. 2019.
- GOGOLLA, N. The insular cortex. **Current Biology**, v. 27, n. 12, p. R580–R586, jun. 2017.
- GROSSMAN, P.; TAYLOR, E. W. Toward understanding respiratory sinus arrhythmia: Relations to cardiac vagal tone, evolution and biobehavioral functions. **Biological Psychology**, v. 74, n. 2, p. 263–285, fev. 2007.
- HEMBREE, R. The Nature, Effects, and Relief of Mathematics Anxiety. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 21, n. 1, p. 33, jan. 1990.
- HOPKO, D. R. *et al.* The Abbreviated Math Anxiety Scale (AMAS). **Assessment**, v. 10, n. 2, p. 178–182, 26 jun. 2003.

HOU, J. *et al.* Review on Neural Correlates of Emotion Regulation and Music: Implications for Emotion Dysregulation. **Frontiers in Psychology**, v. 8, 3 abr. 2017.

INEP. **Professoras são 79% da docência de educação básica no Brasil**. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/institucional/professoras-sao-79-da-docencia-de-educacao-basica-no-brasil>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

KANE, M. J. *et al.* Working memory, attention control, and the n-back task: A question of construct validity. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 33, n. 3, p. 615–622, maio 2007.

KLADOS, M. A. *et al.* Math anxiety: Brain cortical network changes in anticipation of doing mathematics. **International Journal of Psychophysiology**, v. 122, p. 24–31, dez. 2017.

KOELSCH, S. A Neuroscientific Perspective on Music Therapy. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1169, n. 1, p. 374–384, 24 jul. 2009.

KOELSCH, S. Brain correlates of music-evoked emotions. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 15, n. 3, p. 170–180, 20 mar. 2014.

KOELSCH, S.; STEGEMANN, T. The Brain and Positive Biological Effects in Healthy and Clinical Populations. Em: **Music, Health, and Wellbeing**. [s.l.] Oxford University Press, 2012. p. 437–456.

KUCIAN, K. *et al.* Neurostructural correlate of math anxiety in the brain of children. **Translational Psychiatry**, v. 8, n. 1, p. 273, 10 dez. 2018.

LABORDE, S.; MOSLEY, E.; THAYER, J. F. Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research – Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. **Frontiers in Psychology**, v. 08, 20 fev. 2017.

LAGUE, A.; EAKIN, G.; DYKEMAN, C. The impact of mindfulness-based cognitive therapy on math anxiety in adolescents. **Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth**, v. 63, n. 2, p. 142–148, 3 abr. 2019.

LEHRER, P. How Does Heart Rate Variability Biofeedback Work? Resonance, the Baroreflex, and Other Mechanisms. **Biofeedback**, v. 41, n. 1, p. 26–31, 1 mar. 2013.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. **Cerebral Cortex**, v. 22, n. 9, p. 2102–2110, set. 2012a.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. When Math Hurts: Math Anxiety Predicts Pain Network Activation in Anticipation of Doing Math. **PLoS ONE**, v. 7, n. 10, p. e48076, 31 out. 2012b.

MALONEY, E. A.; BEILOCK, S. L. Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guard against it. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 16, n. 8, p. 404–406, ago. 2012.

MCCRATY, R.; CHILDRE, D. Coherence: Bridging Personal, Social, and Global Health. **ALTERNATIVE THERAPIES**, v. 16, n. 4, p. 10–24, ago. 2010.

MENON, V.; LEVITIN, D. J. The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. **NeuroImage**, v. 28, n. 1, p. 175–184, out. 2005.

MEULE, A. Reporting and Interpreting Working Memory Performance in n-back Tasks. **Frontiers in Psychology**, v. 8, 7 mar. 2017.

MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca, Desempenho Matemático e Função Executiva em Crianças Escolares**. Doutorado—Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 11 mar. 2019.

MOURA-SILVA, M. G.; TORRES NETO, J. B.; GONÇALVES, T. O. Bases Neurais da Ansiedade Matemática: implicações para o processo de ensino-aprendizagem. **Bolema: Boletim de Educação Matemática**, v. 34, n. 66, p. 246–267, abr. 2020.

MUELLER, S. T.; PIPER, B. J. The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 222, p. 250–259, jan. 2014.

NAMKUNG, J. M.; PENG, P.; LIN, X. The Relation Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance Among School-Aged Students: A Meta-Analysis. **Review of Educational Research**, v. 89, n. 3, p. 459–496, 13 jun. 2019.

NUNES, L. Y. O. *et al.* Análisis psicométrico de la PANAS en Brasil. **Ciencias Psicológicas**, p. 45–55, 2 maio 2019.

OLIVEIRA, L. F. DE; SILVA, J. O. ANSIEDADE MATEMÁTICA EM PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA. **BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)**, v. 17, n. 49, 2024.

OWEN, A. M. *et al.* N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. **Human Brain Mapping**, v. 25, n. 1, p. 46–59, 21 maio 2005.

PELEGRINA, S. *et al.* Math Anxiety and Working Memory Updating: Difficulties in Retrieving Numerical Information From Working Memory. **Frontiers in Psychology**, v. 11, 9 abr. 2020.

PIPER, B. J. Age, handedness, and sex contribute to fine motor behavior in children. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 195, n. 1, p. 88–91, jan. 2011.

PIRES, P. *et al.* Positive and Negative Affect Schedule: Psychometric Properties for the Brazilian Portuguese Version. **The Spanish Journal of Psychology**, v. 16, p. E58, 19 jul. 2013.

PIZZIE, R. G.; RAMAN, N.; KRAEMER, D. J. M. Math anxiety and executive function: Neural influences of task switching on arithmetic processing. **Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience**, v. 20, n. 2, p. 309–325, 28 abr. 2020.

PLETZER, B. *et al.* Mathematics anxiety reduces default mode network deactivation in response to numerical tasks. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 9, 21 abr. 2015.

PLETZER, B. *et al.* Components of Mathematics Anxiety: Factor Modeling of the MARS30-Brief. **Frontiers in Psychology**, v. 7, 17 fev. 2016.

POLAR ELECTRO. **Manual do usuário Polar - H10**.

PONTIFEX, M. B. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 40, p. 1–22, jan. 2019.

PORGES, S. W. Polyvagal Theory: A Science of Safety. **Frontiers in Integrative Neuroscience**, v. 16, 10 maio 2022.

RAMIREZ, G.; SHAW, S. T.; MALONEY, E. A. Math Anxiety: Past Research, Promising Interventions, and a New Interpretation Framework. **Educational Psychologist**, v. 53, n. 3, p. 145–164, 3 jul. 2018.

RICHARDSON, F. C.; SUINN, R. M. The Mathematics Anxiety Rating Scale: Psychometric data. **Journal of Counseling Psychology**, v. 19, n. 6, p. 551–554, nov. 1972.

ROUNDS, J. B.; HENDEL, D. D. Measurement and dimensionality of mathematics anxiety. **Journal of Counseling Psychology**, v. 27, n. 2, p. 138–149, mar. 1980.

SAMMALLAHTI, E. *et al.* A meta-analysis of math anxiety interventions. **Journal of Numerical Cognition**, v. 9, n. 2, p. 346–362, 31 jul. 2023.

SCHAEFER, H.-E. Music-Evoked Emotions—Current Studies. **Frontiers in Neuroscience**, v. 11, 24 nov. 2017.

SCHAFFARCZYK, M. *et al.* Validity of the Polar H10 Sensor for Heart Rate Variability Analysis during Resting State and Incremental Exercise in Recreational Men and Women. **Sensors**, v. 22, n. 17, p. 6536, 30 ago. 2022.

SHAFFER, F.; MCCRATY, R.; ZERR, C. L. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. **Frontiers in Psychology**, v. 5, 30 set. 2014.

SMITH, R. *et al.* The hierarchical basis of neurovisceral integration. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 75, p. 274–296, abr. 2017.

SPIELBERGER, C. D.; GORSUCH, R. L.; LUSHENE, R. D. STAI: manual for the State – Trait Anxiety Inventory. **Consulting Psychologists Press**, 1970.

SUINN, R. M.; WINSTON, E. H. The Mathematics Anxiety Rating Scale, a Brief Version: Psychometric Data. **Psychological Reports**, v. 92, n. 1, p. 167–173, 1 fev. 2003.

TEFFER, K.; SEMENDEFERI, K. Human prefrontal cortex. *Em*: [s.l.: s.n.]. p. 191–218.

THAYER, J. F. *et al.* Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. **Annals of Behavioral Medicine**, v. 37, n. 2, p. 141–153, 8 abr. 2009.

UDDIN, L. Q. *et al.* Structure and Function of the Human Insula. **Journal of Clinical Neurophysiology**, v. 34, n. 4, p. 300–306, jul. 2017.

VAN DEN BUSSCHE, E. *et al.* Too anxious to control: the relation between math anxiety and inhibitory control processes. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 19922, 16 nov. 2020.

VÉKONY, T. *et al.* Continuous theta-burst stimulation over the dorsolateral prefrontal cortex inhibits improvement on a working memory task. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 14835, 4 out. 2018.

WANG, H.-T. *et al.* Acute Effects of Self-Selected Music Intervention on Golf Performance and Anxiety Level in Collegiate Golfers: A Crossover Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, p. 7478, 14 out. 2020.

WAZLAWICK, P.; MAHEIRIE, K.; CARVALHO, G. B. Um movimento em cânone: Tecendo uma metáfora entre a constituição do sujeito e o Canon em ré de Pachelbel. **Argumento da Psicologia**, v. 29, p. 121–132, mar. 2011.

WOLACH, A. H.; MCHALE, M. A.; TARLEA, A. Numerical Stroop Effect. **Perceptual and Motor Skills**, v. 98, n. 1, p. 67–77, 31 fev. 2004.

WORTHY, D. A.; HAWTHORNE, M. J.; OTTO, A. R. Heterogeneity of strategy use in the Iowa gambling task: A comparison of win-stay/lose-shift and reinforcement learning models. **Psychonomic Bulletin & Review**, v. 20, n. 2, p. 364–371, 11 abr. 2013.

YOUNG, C. B.; WU, S. S.; MENON, V. The Neurodevelopmental Basis of Math Anxiety. **Psychological Science**, v. 23, n. 5, p. 492–501, 20 maio 2012.

YOUNG, H.; BENTON, D. We should be using nonlinear indices when relating heart-rate dynamics to cognition and mood. **Scientific Reports**, v. 5, n. 1, p. 16619, 13 nov. 2015.

ZANON, C. *et al.* Desenvolvimento e validação de uma escala de afetos positivos e negativos. **Psico-USF**, v. 18, n. 2, p. 193–201, ago. 2013.

ZATORRE, R. J.; SALIMPOOR, V. N. From perception to pleasure: Music and its neural substrates. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. supplement_2, p. 10430–10437, 18 jun. 2013.

5 Considerações

A conclusão deste trabalho entrega à comunidade acadêmica, principalmente, à área de Educação Matemática, ao menos três resultados/produtos significativos à formação e práticas docentes e cotidianas da matemática. Com este estudo juntamo-nos a outros autores na busca por romper a barreira da implementação de resultados advindos da neurociência educacional nas salas de aulas e propomos um modelo de intervenção sobre o status emocional que interfere no desempenho e aprendizagem da matemática.

Primeiramente, seguimos a tendência dos últimos 5 anos e discutimos aspectos fisiológicos que prejudicam a aprendizagem e aplicação da matemática, propondo um modelo teórico explicativo que discute a influência da música sobre a Ansiedade Matemática. A proposta fundamenta-se em aspectos de regulação emocional e evocação de estados de relaxamento diante da audição de música tonal, de ritmo lento, com melodias ascendentes executadas por instrumentos de teclas e/ou cordas. Destacamos a interação entre os Córtex Auditivo e o Sistema Límbico no processamento sonoro, induzindo a modulação da atividade neural de estruturas como a Amígdala e a Ínsula, envolvidas no gerenciamento de sentimentos de medo e dor, manifestações subjacentes à AM.

Em segundo lugar, conduzimos um processo de tradução, adaptação e validação da Escala de Classificação de Ansiedade Matemática, que se mostrou eficiente, visto a similaridade encontrada nos testes de validade e confiabilidade, com a escala original. Este instrumento, concebido originalmente em língua inglesa e amplamente utilizado em práticas clínicas e de pesquisas internacionais, agora conta com uma versão em língua portuguesa, que possibilitará a classificação da população com alta AM elegível a modelos de intervenção com foco na redução de seus efeitos sobre o desempenho matemático acadêmico e cotidiano.

Por fim, o terceiro artigo apresentado que compõe esta tese de doutoramento, é proveniente de ensaio experimental que tem como hipótese principal o poder da intervenção musical aguda sobre o estado emocional e desempenho aritmético, testada com acadêmicos de licenciatura em matemática, em que as análises levaram em conta interações entre as condições experimentais e o nível de AM, ajustados para a covariável sexo, em variáveis como Proporção de Acertos e Tempo de Resposta, de tarefas matemáticas e testes de funções executivas. Os resultados sugerem que a audição de música relaxante, imediatamente antes da tarefa, modula o nível de afetos negativos induzindo o ouvinte a estado de relaxamento.

A análise de índices da VFC, sugere melhora de processamento cognitivo e desempenho em tarefa matemática difícil. Voltando-nos ao contexto das salas de aula de matemática destacamos a facilidade de implementação da estratégia de intervenção proposta, logo, vislumbrando a instalação de dispositivos sonoros nos ambientes de aprendizagem a fim de obter os mesmos resultados apontados pelo estudo na prática cotidiana do ensino de matemática.

6 Referências⁸

- ALANAZI, H. M. N. The Effects of Active Recreational Math Games on Math Anxiety and Performance in Primary School Children: An Experimental Study. **Multidisciplinary Journal for Education, Social and Technological Sciences**, v. 7, n. 1, p. 89, 16 abr. 2020.
- ALKHATEEB, H. M. A Preliminary Study of Achievement, Attitudes toward Success in Mathematics, and Mathematics Anxiety with Technology-Based Instruction in Brief Calculus. **Psychological Reports**, v. 90, n. 1, p. 47–57, 1 fev. 2002.
- ARIAS RODRIGUEZ, I. *et al.* Numeracy musical training for school children with low achievement in mathematics. **Anales de Psicología**, v. 35, n. 3, p. 405–416, 2 ago. 2019.
- ASHCRAFT, M. H. Math Anxiety: Personal, Educational, and Cognitive Consequences. **Current Directions in Psychological Science**, v. 11, n. 5, p. 181–185, 23 out. 2002.
- BALT, M.; BÖRNERT-RINGLEB, M.; ORBACH, L. Reducing Math Anxiety in School Children: A Systematic Review of Intervention Research. **Frontiers in Education**, v. 7, 3 fev. 2022.
- BATCHELOR, J. Effects of Clicker Use on Calculus Students' Mathematics Anxiety. **PRIMUS**, v. 25, n. 5, p. 453–472, 28 maio 2015.
- BATISTA, L. V. **Educação Matemática Crítica na perspectiva de educar em direitos humanos: conexões entre políticas públicas e formação de professores**. Tese (doutorado)—Brasília : Universidade de Brasília, 2020.
- BEATON, D. E. *et al.* Guidelines for the Process of Cross-Cultural Adaptation of Self-Report Measures. **Spine**, v. 25, n. 24, p. 3186–3191, dez. 2000.
- BEILOCK, S. L. *et al.* Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 5, p. 1860–1863, 2 fev. 2010.
- CAMPOS, A. M. A. DE. **Ansiedade matemática vista pelas lentes de professores que ensinam matemática**. Tese doutorado—São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP, 2023.
- CAREY, E. *et al.* The Chicken or the Egg? The Direction of the Relationship Between Mathematics Anxiety and Mathematics Performance. **Frontiers in Psychology**, v. 6, 7 jan. 2016.
- CHOI-KOH, S. S.; RYOO, B. G. Differences of math anxiety groups based on two measurements, MASS and EEG. **Educational Psychology**, v. 39, n. 5, p. 659–677, 28 maio 2019.

⁸ Esta lista de referência apresenta a bibliografia utilizada nos capítulos que não compõem os artigos.

CRUZ-LÓPEZ, P. *et al.* Nonlinearities of Heart Rate Variability in Junior High School Students Under Mathematics Anxiety. Em: [s.l: s.n.]. p. 275–282.

DOMINGUES, M. R. DE S. *et al.* Exercício físico e ansiedade matemática: perspectivas para educação matemática a partir das neurociências. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 18, n. 40, p. 81, 6 abr. 2022.

DOWKER, A.; SARKAR, A.; LOOI, C. Y. **Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years? Frontiers in Psychology** Frontiers Media S.A., , 2016.

DUKE, N. K.; BECK, S. W. Research News And Comment: Education Should Consider Alternative Formats for the Dissertation. **Educational Researcher**, v. 28, n. 3, p. 31–36, 1 abr. 1999.

FENG, S.; SURI, R.; BELL, M. Does Classical Music Relieve Math Anxiety? Role of Tempo on Price Computation Avoidance. **Psychology & Marketing**, v. 31, n. 7, p. 489–499, jul. 2014.

FIGUEIRA, P. V. S. T.; GUSMÃO, T. C. R. S.; FREITAS, P. M. DE. Effects of the Math Anxiety of Parents and Teachers on Students. **Psico-USF**, v. 28, n. 1, p. 1–12, mar. 2023.

FRIEDMAN, B. H. An autonomic flexibility–neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. **Biological Psychology**, v. 74, n. 2, p. 185–199, fev. 2007.

GAN, S. K.-E.; LIM, K. M.-J.; HAW, Y.-X. The relaxation effects of stimulative and sedative music on mathematics anxiety: A perception to physiology model. **Psychology of Music**, v. 44, n. 4, p. 730–741, 19 jul. 2016.

HENNESSY, S. L. *et al.* Effects of Music Training on Inhibitory Control and Associated Neural Networks in School-Aged Children: A Longitudinal Study. **Frontiers in Neuroscience**, v. 13, 16 out. 2019.

HOLMES, S.; HALLAM, S. The impact of participation in music on learning mathematics. **London Review of Education**, 15 nov. 2017.

HUANG, Y.-M.; HUANG, S.-H.; WU, T.-T. Embedding diagnostic mechanisms in a digital game for learning mathematics. **Educational Technology Research and Development**, v. 62, n. 2, p. 187–207, 23 abr. 2014.

ILARI, B. A música e o cérebro algumas implicações para o neurodesenvolvimento musical. **Revista da ABEM**, v. 9, p. 7–16, 2003.

KARLIMAH. Mathematical intelligence developed in math learning with classical backsound music of the classical era. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1013, p. 012139, maio 2018.

LUTTENBERGER, S.; WIMMER, S.; PAECHTER, M. Spotlight on math anxiety. **Psychology Research and Behavior Management**, v. Volume 11, p. 311–322, ago. 2018.

LYONS, I. M.; BEILOCK, S. L. Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. **Cerebral Cortex**, v. 22, n. 9, p. 2102–2110, set. 2012.

MALONEY, E. A.; BEILOCK, S. L. Math anxiety: who has it, why it develops, and how to guard against it. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 16, n. 8, p. 404–406, ago. 2012.

MORENO, S.; FARZAN, F. Music training and inhibitory control: a multidimensional model. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1337, n. 1, p. 147–152, 13 mar. 2015.

MOURA-SILVA, M. G. **MANIFESTAÇÕES SUBJACENTES DA ANSIEDADE MATEMÁTICA NO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO: uma análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca, Desempenho Matemático e Função Executiva em Crianças Escolares**. Doutorado—Belém - PA: Universidade Federal do Pará, 11 mar. 2019.

OLIVEIRA, L. F. DE; SILVA, J. O. ANSIEDADE MATEMÁTICA EM PROFESSORES QUE ENSINAM MATEMÁTICA. **BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)**, v. 17, n. 49, 2024.

PASSOLUNGI, M. C.; DE VITA, C.; PELLIZZONI, S. Math anxiety and math achievement: The effects of emotional and math strategy training. **Developmental Science**, v. 23, n. 6, 31 nov. 2020.

PEREIRA, C. M. M. DA C.; MOREIRA, G. E. BRASIL NO PISA 2003 E 2012: OS ESTUDANTES E A MATEMÁTICA. **Cadernos de Pesquisa**, v. 50, n. 176, p. 475–493, jun. 2020.

PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III). [s.l.] OECD, 2013.

PISA 2022 Results (Volume I). [s.l.] OECD, 2023.

SAMMALLAHTI, E. *et al.* A meta-analysis of math anxiety interventions. **Journal of Numerical Cognition**, v. 9, n. 2, p. 346–362, 31 jul. 2023.

SOUZA, E. G. **A aprendizagem matemática na modelagem matemática**. Tese (doutorado)—Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2012.

SZCZYGIEL, M. When does math anxiety in parents and teachers predict math anxiety and math achievement in elementary school children? The role of gender and grade year. **Social Psychology of Education**, v. 23, n. 4, p. 1023–1054, 12 set. 2020.

WANG, H.-T. *et al.* Acute Effects of Self-Selected Music Intervention on Golf Performance and Anxiety Level in Collegiate Golfers: A Crossover Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, p. 7478, 14 out. 2020.

WILSON, S. **Investigating Pre-Service Teachers' Mathematics Anxiety Using the Revised Mathematics Anxiety Scale (RMARS)**. Annual Meeting of the Mathematics

Education Research Group of Australasia. **Anais...**Singapore: Reports - Research; Speeches/Meeting Papers, jul. 2012.

XIAO, R. *et al.* The Influence of Music Tempo on Inhibitory Control: An ERP Study. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 14, 7 maio 2020.

XIN, Z.; XIAO, H.; LIN, G. Math Anxiety and Financial Anxiety Predicting Individuals' Financial Management Behavior. **Depression and Anxiety**, v. 2023, p. 1–10, 2 jun. 2023.

ZATORRE, R. J.; SALIMPOOR, V. N. From perception to pleasure: Music and its neural substrates. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. supplement_2, p. 10430–10437, 18 jun. 2013.

7 Anexos e Apêndices

1. Parecer CEP/UFPA
2. Parecer CEP/UFNT
3. TCLE
4. MARS-SV (Versão brasileira)
5. PANAS
6. IDATE
7. Ficha de Anamnese
8. Ficha de registro diário

7.1 Parecer CEP/UFPA

UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito agudo da música sobre a Ansiedade Matemática: análise do estado emocional a partir de registros da Variabilidade da Frequência Cardíaca

Pesquisador: RICARDO SOUSA SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 71818423.6.0000.0018

Instituição Proponente: Instituto de Educação Matemática e Científica

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.450.671

Apresentação do Projeto:

Muitas produções da área de pesquisa educacional têm por objetivo a construção de materiais, métodos e metodologias de ensino, sempre partindo do princípio que os estudantes estão aptos ao aprendizado. No entanto, o comportamento de aversão à Matemática entre estudantes dos mais variados níveis é notório e as pesquisas em Educação Matemática tem buscado compreender este fenômeno afim de superá-lo e contribuir com o processo de ensino de aprendizagem. Sabe-se que existem causas distintas que provocam este comportamento entre os estudantes e alguns podem ser compreendidos a partir da neurociência cognitiva, quando considera fatores que são prejudiciais à aprendizagem. Neste sentido, concentramos nossos esforços no estudo do fenômeno denominado por Ansiedade Matemática (AM). Para desenvolvimento da investigação projeta -se um estudo experimental com utilização da música como dispositivo de modulação da AM. O estudo deve acontecer no Laboratório de Neurociências aplicada ao Ensino de Ciências e Matemática (LAB-NEMCi), no âmbito de cursos de formação de professores que ensinam matemática. Elegemos o curso Licenciatura Integrada em Ciências, Matemática e Linguagens para os Anos Iniciais do Ensino Fundamental do Instituto de Educação Matemática e Científica da Universidade Federal do Pará (IEMCI/UFPA), cujo os participantes serão, cerca de 40 graduandos do referido curso. A coleta dos dados será por meio instrumento não invasivo e específico de registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), com gravação dos dados e processamento

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamã ,UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamã **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ**



Continuação do Parecer: 6.450.671

estatístico por meio de software que possibilitarão as inferências a partir dos resultados extraídos dos dados. Os estudantes serão convidados a participar do experimento e seu aceite deve acontecer por meio o Termo de Consentimento Livre e

Esclarecido disponibilizado pelo pesquisador. O estudo tem previsão de duração 4 meses e deve acontecer entre os meses de agosto a novembro 2023.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo geral

Compreender em que termos a música atua como dispositivo de modulação da ansiedade matemática de acadêmicos em nível de graduação.

Objetivos específicos

- Avaliar o impacto da música sobre o estado emocional, por meio dos registros da variabilidade da frequência cardíaca;
- Avaliar o impacto da música sobre as funções executivas, por meio de teste de controle inibitório e mensuração da memória de trabalho;
- Relacionar neurointervenção musical, ansiedade matemática e desempenho acadêmico.

Objetivo Secundário:

Em caso de confirmação da hipótese a pesquisa deve subsidiar a área da formação de professores na consideração dos apontamentos da neurociência aplicada ao ensino e aprendizagem de ciências e matemática.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos durante a participação nesta pesquisa são de sentir desconforto, constrangimento, medo ou inibição naturais no envolvimento de atividades experimentais, ou em caso de ser uma pessoa com alta ansiedade matemática o estado ansioso pode ser potencializado no decorrer do teste matemático, entretanto, nossa proposta busca intervir de tal forma que estes sentimentos sejam modelados positivamente. Caso algum destes

procedimentos gere qualquer tipo mal-estar ou desconforto o participante não precisa realizá-lo. Como forma de minimizar os riscos de alta ansiedade o participante receberá assistência integral e imediata de forma gratuita, em que poder-se-á suspender a realização da atividade em execução e o participante ser conduzido da sala experimental para um ambiente de repouso preparada para este fim, onde terá a sua disposição assento confortável, água e algumas fruta para consumo, podendo ainda, em caso extremo, requerer

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.			
Bairro: Guamá		CEP: 66.075-110	
UF: PA	Município: BELEM		
Telefone: (91)3201-7735	Fax: (91)3201-8028	E-mail: cepocs@ufpa.br	

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ**



Continuação do Parecer: 6.450.671

acompanhamento por profissional de saúde a ser custeado pela equipe de pesquisa.

Benefícios:

Os benefícios aos participantes acontecem de forma indireta e posterior à conclusão do trabalho, que em caso de confirmação da hipótese acarretará em melhorias sobre os processos de intervenção sobre a Ansiedade Matemática. Aspectos éticos da pesquisa:

A delimitações de ordem ética deste projeto de pesquisa seguem os critérios estabelecidos pela Resolução 466/12 em que se preza pela cientificidade buscando objetivos que tragam contribuições à sociedade de modo geral de forma que os riscos inerentes à participação sejam minimizados ao máximo.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo encaminhado dispõe de metodologia e critérios definidos conforme resolução 466/12 do CNS/MS. Trata ainda em resolver pendências citadas no parecer nº6.435.057, que depois de ser avaliado por este colegiado, entende-se como, pendências resolvidas e aceitas.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos apresentados, nesta versão, contemplam os sugeridos pelo sistema CEP/CONEP

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto somos pela aprovação do protocolo. Este é nosso parecer, SMJ.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2172804.pdf	23/10/2023 10:22:21		Aceito
Folha de Rosto	folhaRosto_RSS_assinado1.pdf	20/10/2023 16:06:32	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	TRC_Testes_de_Reflexão_cognitiva.docx	20/10/2023 16:05:57	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	IDATE_Questionario_de_autoavaliacao_para_estado_de_ansiedade.docx	20/10/2023 16:05:30	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	MARS_Escala_de_Ansiedade_Matemática_Revisada.docx	20/10/2023 16:05:14	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	autorizacao_IEMCI1.pdf	20/10/2023 16:04:34	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura	PROJETO_RICARDO_SOUSA_SANTOS.docx	20/10/2023 16:02:53	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

**UFPA - INSTITUTO DE
CIÊNCIAS DA SAÚDE DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARÁ**



Continuação do Parecer: 6.450.671

Investigador	PROJETO_RICARDO_SOUSA_SANTO S.docx	20/10/2023 16:02:53	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	20/10/2023 00:31:16	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite
Outros	Termo_de_consentimento_IEMCI.pdf	13/07/2023 11:49:21	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite
Outros	Termo_de_Compromisso_do_pesquisad or.pdf	10/07/2023 19:47:02	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite
Outros	Termo_de_Aceite_do_Orientador.pdf	10/07/2023 19:46:34	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite
Outros	Carta_Encaminhamento_ao_cep.pdf	10/07/2023 19:45:58	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite
Outros	Declaracao_de_Isencao_onus_financeir o.pdf	10/07/2023 19:45:32	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceite

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

BELEM, 24 de Outubro de 2023

**Assinado por:
Wallace Raimundo Araujo dos Santos
(Coordenador(a))**

Endereço: Rua Augusto Corrêa nº 01- Campus do Guamá, UFPA- Faculdade de Enfermagem do ICS - sala 13 - 2º and.
Bairro: Guamá **CEP:** 66.075-110
UF: PA **Município:** BELEM
Telefone: (91)3201-7735 **Fax:** (91)3201-8028 **E-mail:** cepccs@ufpa.br

7.2 Parecer CEP/UFNT

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
NORTE DO TOCANTINS
(UFNT)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Efeito agudo da música sobre a ansiedade matemática: ensaio experimental com uso da variabilidade da frequência cardíaca

Pesquisador: RICARDO SOUSA SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 80056724.0.0000.0342

Instituição Proponente: Centro de Educação, Humanidades e Saúde

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.888.727

Apresentação do Projeto:

Muitas produções da área de pesquisa educacional têm por objetivo a construção de materiais, métodos e metodologias de ensino, sempre partindo do princípio que os estudantes estão aptos ao aprendizado. No entanto, o comportamento de aversão à Matemática entre estudantes dos mais variados níveis é notório e as pesquisas em Educação Matemática tem buscado compreender este fenômeno afim de superá-lo e contribuir com o processo de ensino de aprendizagem. Sabe-se que existem causas distintas que provocam este comportamento entre os estudantes e alguns

podem ser compreendidos a partir da neurociência cognitiva, quando considera fatores que são prejudiciais à aprendizagem. Neste sentido, concentramos nossos esforços no estudo do fenômeno denominado por Ansiedade Matemática (AM). Para desenvolvimento da investigação projeta-se um estudo experimental com utilização da música como dispositivo de modulação da AM. Elegemos o curso Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Norte do Tocantins para composição do grupo a ser investigado, cujo os participantes serão, cerca de 30 graduandos do referido curso. A coleta dos dados será por meio instrumento não invasivo e específico de registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), com gravação dos dados e processamento estatístico por meio de software que possibilitarão as inferências a partir dos resultados extraídos dos dados. Os estudantes serão convidados a participar do experimento e seu aceite deve acontecer por meio o Termo de Consentimento Livre e

Endereço: Avenida Paraguai, s/n, esquina com Rua Uxiramas, sala 3, prédio do PPGL

Bairro: Setor Cimba

CEP: 77.824-838

UF: TO

Município: ARAGUAINA

Telefone: (63)3416-5686

E-mail: cep@ufnt.edu.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
NORTE DO TOCANTINS
(UFNT)**



Continuação do Parecer: 6.888.727

Esclarecido disponibilizado pelo pesquisador. O estudo tem previsão de duração 3 meses e deve acontecer entre os meses de junho a agosto 2024.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Compreender em que termos a música atua como dispositivo de modulação da ansiedade matemática de acadêmicos em nível de graduação.

Objetivos específicos

Avaliar o impacto da música sobre o estado emocional, por meio dos registros da variabilidade da frequência cardíaca; Avaliar o impacto da música sobre as funções executivas, por meio de teste de controle inibitório e mensuração da memória de trabalho; Relacionar neurointervenção musical, ansiedade matemática e desempenho acadêmico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os riscos durante a participação nesta pesquisa são de sentir desconforto, constrangimento, medo ou inibição naturais no envolvimento de atividades experimentais, ou em caso de ser uma pessoa com alta ansiedade matemática o estado ansioso pode ser potencializado no decorrer do teste matemático, entretanto, nossa proposta busca intervir de tal forma que estes sentimentos sejam modelados positivamente. Caso algum destes procedimentos gere qualquer tipo mal-estar ou desconforto o participante não precisa realizá-lo. Como forma de minimizar os riscos de alta ansiedade o participante receberá assistência integral e imediata de forma gratuita, em que poder-se-á suspender a realização da atividade em execução e o participante ser conduzido da sala experimental para um ambiente de repouso preparada para este fim, onde terá a sua disposição assento confortável, água e algumas fruta para consumo, podendo ainda, em caso extremo, requerer acompanhamento por profissional de saúde a ser custeado pela equipe de pesquisa.

Benefícios

Os benefícios

aos participantes acontecem de forma indireta e posterior à conclusão do trabalho, que em caso de confirmação da hipótese acarretar em melhorias sobre os processos de intervenção

Endereço: Avenida Paraguai, s/n, esquina com Rua Uxiramas, sala 3, prédio do PPGL

Bairro: Setor Cimba

CEP: 77.824-838

UF: TO

Município: ARAGUAINA

Telefone: (63)3416-5686

E-mail: cep@ufnt.edu.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
NORTE DO TOCANTINS
(UFNT)**



Continuação do Parecer: 6.888.727

sobre a Ansiedade Matemática.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

vide campo conclusões e pendências

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

vide campo conclusões e pendências

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendências

Orçamento

- O estudo indica no orçamento "custo zero (R\$ 0,00)", contudo o mesmo deve ser ajustado conforme a Norma Operacional CNS nº 001 de 2013, item 3.3.e.

- Orçamento financeiro (detalhado em reais, com fonte dos recursos etc.) (em PDF) datado e assinado pelo pesquisador envolvido e com título da pesquisa conforme cadastrado na Plataforma Brasil. Vide Norma Operacional CNS nº 001/2013.

RESPOSTA: Envio de documento sobre insenção de ônus.

PENDEÊNCIA ATENDIDA

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2345211.pdf	28/05/2024 17:48:41		Aceito
Orçamento	Efeito_agudo_da_musica_sobre_a_Ansiedade_Matematica_Orcamentofinanceiroassinado.pdf	28/05/2024 17:48:31	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	carta_de_apresentacao_cep_ufnt_assinado.pdf	22/05/2024 20:59:45	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_execucao_assinado.pdf	22/05/2024 20:58:36	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	22/05/2024 20:58:09	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_RICARDO_SOUSA_SANTOS.docx	22/05/2024 20:57:23	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito

Endereço: Avenida Paraguai, s/n, esquina com Rua Uxiramas, sala 3, prédio do PPGL

Bairro: Setor Cimba

CEP: 77.824-838

UF: TO

Município: ARAGUAINA

Telefone: (63)3416-5686

E-mail: cep@ufnt.edu.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
NORTE DO TOCANTINS
(UFNT)**



Continuação do Parecer: 6.888.727

Folha de Rosto	folhaDeRosto_ricardosantos.pdf	22/05/2024 20:55:57	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_ricardosantos_assinado.pdf	17/05/2024 08:39:09	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	Termo_de_Aceite_do_Orientador.pdf	17/05/2024 08:22:34	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	Termo_de_Compromisso_do_pesquisador.pdf	17/05/2024 08:22:04	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	Autorizacao_LicMatArag_assinado.pdf	17/05/2024 08:21:28	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	Declaracao_de_Isencao_onus_financeiro_assinado.pdf	17/05/2024 08:20:59	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	PANAS.docx	17/05/2024 08:20:10	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	MARS_SV.docx	17/05/2024 08:19:48	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	IDATE_T.docx	17/05/2024 08:19:29	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Outros	IDATE_E.docx	17/05/2024 08:19:00	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	17/05/2024 08:18:04	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_RICARDO_SOUSA_SANTOS.docx	17/05/2024 08:17:34	RICARDO SOUSA SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARAGUAINA, 14 de Junho de 2024

Assinado por:
Gustavo Cunha de Araújo
(Coordenador(a))

Endereço: Avenida Paraguai, s/n, esquina com Rua Uxiramas, sala 3, prédio do PPGL

Bairro: Setor Cimba

CEP: 77.824-838

UF: TO **Município:** ARAGUAINA

Telefone: (63)3416-5686

E-mail: cep@ufnt.edu.br

7.3 Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da pesquisa **“EFEITO AGUDO DA MÚSICA SOBRE A ANSIEDADE MATEMÁTICA: ensaio experimental com uso da Variabilidade da Frequência Cardíaca”**, sob responsabilidade dos pesquisadores RICARDO SOUSA SANTOS (Doutorando) e DR. MARCOS GUILHERME MOURA SILVA (Orientador), a qual pretende **COMPREENDER EM QUE TERMOS A MÚSICA ATUA COMO DISPOSITIVO DE MODULAÇÃO DA ANSIEDADE MATEMÁTICA DE ACADÊMICOS EM NÍVEL DE GRADUAÇÃO**. Esta pesquisa é vinculada ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemáticas – PPGECM da Universidade Federal do Pará – UFPA e para sua participação precisamos do seu consentimento, então trazemos abaixo alguns esclarecimentos referentes à pesquisa e seus aspectos éticos.

O comportamento de aversão à Matemática apresentado por grande parte dos estudantes pode ser compreendido a partir da neurociência cognitiva, quando considera fatores que são prejudiciais à aprendizagem. Dentre estes fatores, concentramos nossos esforços no estudo do fenômeno denominado por Ansiedade Matemática (AM).

Mais comum do que parece a AM tem ocorrência global com alta prevalência (Moura-Silva, 2019) e corresponde ao estado emocional do aprendiz em relação à matemática. A AM também é definida como uma “sensação de tensão e ansiedade que interfere na manipulação dos números e na resolução de problemas relacionados a uma grande variedade de situações da vida ordinária e acadêmica” (RICHARDSON E SUINN, 1972, p.551).

Neste sentido, pesquisas em Neurociência e Educação Matemática buscam por alternativas que tem como objetivo mitigar os efeitos da Ansiedade Matemática e com isso melhorar o desempenho acadêmico e profissional de pessoas acometidas pelas consequências deste estado emocional.

Sua participação é voluntária e se dará por meio do desenvolvimento de atividades específicas do protocolo experimental no período vespertino (contraturno) que consiste em três momentos distintos e sequenciais, a saber: a) intervenção musical (ouvir música); b) realização de teste matemático (tarefas que envolvem matemática básica); c) realização de teste de funções executivas (testes de comparação de alguns fatores e memorização de sequências de números/letras). Você precisará comparecer à universidade em duas ocasiões para realização das atividades de pesquisa (condição experimental e controle), que deve acontecer após o seu consentimento de participação.

No decorrer de todo o protocolo experimental, que deve durar cerca de uma hora em duas rodadas de coleta distantes 7 dias a primeira da segunda rodada, faremos o registro da frequência cardíaca com utilização de cinta torácica, modelo Polar H10, a ser instalada pelo próprio participante sob orientação da equipe de pesquisadores. Vale ressaltar que na composição da equipe de pesquisadores temos algumas mulheres que devem auxiliar na instalação da cinta das participantes do mesmo sexo.

Os riscos durante a participação nesta pesquisa são de sentir desconforto, constrangimento, medo ou inibição naturais no envolvimento de atividades experimentais, ou em caso de ser uma pessoa com alta ansiedade matemática o estado ansioso pode ser potencializado no decorrer do teste matemático, entretanto, nossa proposta busca intervir de

tal forma que estes sentimentos sejam modelados positivamente. Caso algum destes procedimentos gere qualquer tipo mal-estar ou desconforto você não precisa realizá-lo.

Como forma de minimizar os riscos de alta ansiedade o participante receberá assistência integral e imediata de forma gratuita, em que poder-se-á suspender a realização da atividade em execução e o participante ser conduzido da sala experimental para um ambiente de repouso preparada para este fim, onde terá a sua disposição assento confortável, água e algumas fruta para consumo, podendo ainda, em caso extremo, requerer acompanhamento por profissional de saúde a ser custeado pela equipe de pesquisa.

Se você aceitar participar, suas informações pessoais serão codificadas e mantidas sob sigilo, com proteção garantida pelo Comitê de Ética e Pesquisa e ainda estará contribuindo para o entendimento do potencial de modulação da AM por meio da música, conhecimentos que estarão descritos na tese de doutorado a ser publicada, trabalho este que estará disponível a qualquer tempo para a comunidade em geral e outros estudantes, para que possam fazer uso das informações nela contidas, afim de, esclarecer uma curiosidade ou mesmo de melhorar o entendimento, fazendo com que esta ciência possa avançar no sentido de fomentar melhorias à formação de professores que ensinam matemática. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você terá direito a indenização, que poderá ser requerida pelas vias legais.

Durante todo o tempo de realização da investigação os pesquisadores responsáveis estarão em contato direto com os responsáveis pela direção, coordenação pedagógica e professores responsáveis pelos acadêmicos participantes, podendo a qualquer tempo prestar esclarecimentos e assistência a qualquer dúvida ou eventualidade que possa ocorrer no decorrer do processo. Mesmo estando ciente de que nenhuma alteração deve ocorrer na rotina de trabalho e estudo dos participantes.

Como mencionado anteriormente, sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios. Se depois de consentir em sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para obtenção de qualquer tipo de informação sobre os seus dados, esclarecimentos, ou críticas, em qualquer fase do estudo, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com os pesquisadores responsáveis no endereço Rua das Amoreiras, nº 1456, Setor Araguaína Sul, cidade de Araguaína - TO, ou pelo telefone (63) 99236-3151 ou e-mail: ricardosousa@uft.edu.br. Em caso de dúvidas quanto aos aspectos éticos da pesquisa o(a) Sr (a) poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFNT. O Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) é composto por um grupo de pessoas que estão trabalhando para garantir que seus direitos como participante de pesquisa sejam respeitados. Ele tem a obrigação de avaliar se a pesquisa foi planejada e se está sendo executada de forma ética. Se você achar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você imaginou ou que está sendo prejudicado de alguma forma, você pode entrar em contato com o CEP da Universidade Federal do Norte do Tocanteins pelo telefone (63) 3416-5686, pelo e-mail: cep@ufnt.edu.br ou na Avenida Paraguai, s./n., esquina com a Rua Uxiramas, Sala 3 (pisos superior) e térreo, prédio do PPGLIT, Centro de Ciências Integradas (CCI), Setor Cimba, Universidade Federal do Norte do Tocantins, Araguaína-TO, CEP 77824-838. . O (A) Sr. (a) pode inclusive fazer a reclamação sem se identificar, se preferir. O horário de atendimento do CEP é de segunda a sexta das 13:30 às 17:30 horas.

Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por nós e pelo sr. (a), ficando uma via com cada um de nós.

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____, fui informado dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa **EFEITO AGUDO DA MÚSICA SOBRE A ANSIEDADE MATEMÁTICA: análise do estado emocional a partir de registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca**, de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não receberei nenhum tipo de compensação financeira pela minha participação neste estudo e que posso sair quando quiser.

Belém, _____, de _____ de _____

Assinatura do participante da pesquisa

Assinatura do pesquisador responsável

Assinatura do pesquisador responsável

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

Nome dos Pesquisadores Responsáveis:

Marcos Guilherme Moura Silva e Ricardo Sousa Santos

Endereço: Rua das Amoreiras, nº 1456 Setor Araguaína Sul

CEP: 77827-271 Cidade de Araguaína - TO

Telefone Celular: (63)99236-3151

E-mail: ricardosousa@uft.edu.br

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - UFNT

Avenida Paraguai, s./n., esquina com a Rua Uxiramas, Sala 3 (pisos superior) e térreo, prédio do PPGLIT, Centro de Ciências Integradas (CCI), Setor Cimba, Universidade Federal do Norte do Tocantins, Araguaína-TO, CEP 77824-838.

telefone (63) 3416-5686

e-mail: cep@ufnt.edu.br

7.4 Escala de Classificação de Ansiedade Matemática – Breve versão

ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DE ANSIEDADE DE MATEMÁTICA: BREVE VERSÃO (MARS-SV)

Os itens deste questionário referem-se a situações que envolvem matemática e que provavelmente podem lhe causar medo e apreensão. Avalie cada item escolhido da classificação, marcando a resposta que melhor corresponde o quanto você fica assustado em relação à matemática no dia a dia: – “nada” “um pouco” “moderadamente” “muito” “extremamente”. Marque as suas respostas apenas no cartão de resposta. No cartão de resposta “1” para nada “2” para um pouco “3” para moderadamente “4” para muito “5” para extremamente.

Não marque as suas respostas nesta folha. Faça rapidamente, mas não se esqueça de considerar cada item individualmente.

	Nada	Um pouco	Moderadamente	Muito	Extremamente
1. Fazer um teste final de matemática.	☐	☐	☐	☐	☐
2. Ficar pensando sobre um teste de matemática uma semana antes.	☐	☐	☐	☐	☐
3. Ficar pensando no próximo teste de matemática um dia antes.	☐	☐	☐	☐	☐
4. Ficar pensando no teste de matemática uma hora antes.	☐	☐	☐	☐	☐
5. Ficar pensando no próximo teste de matemática cinco minutos antes.	☐	☐	☐	☐	☐
6. Ficar esperando pelo resultado do teste de matemática no qual você acha que se saiu bem.	☐	☐	☐	☐	☐
7. Receber sua nota final de matemática por e-mail.	☐	☐	☐	☐	☐
8. Perceber que você precisa de mais aulas de matemática para completar sua carga horária de aulas.	☐	☐	☐	☐	☐
9. Ter que fazer um teste surpresa de matemática.	☐	☐	☐	☐	☐
10. Estudar para um teste de matemática.	☐	☐	☐	☐	☐
11. Fazer a seção de matemática e suas tecnologias da prova do Enem ou Vestibular.	☐	☐	☐	☐	☐
12. Participar de um “Quiz” de matemática.	☐	☐	☐	☐	☐
13. Pegar o livro de matemática para fazer o dever de casa.	☐	☐	☐	☐	☐

14. Ter que fazer um dever de casa com diversos problemas de matemática difíceis para entregar na próxima aula.	☐	☐	☐	☐	☐
15. Preparar-se para fazer um teste de matemática.	☐	☐	☐	☐	☐
16. Fazer uma divisão com números de cinco dígitos por números de dois dígitos usando somente lápis e papel.	☐	☐	☐	☐	☐
17. Somar $976+777$ no papel.	☐	☐	☐	☐	☐
18. Ler uma nota fiscal de compra após a compra.	☐	☐	☐	☐	☐
19. Calcular o imposto sobre a venda de uma compra que custou mais de três reais.	☐	☐	☐	☐	☐
20. Calcular o seu orçamento mensal.	☐	☐	☐	☐	☐
21. Solucionar uma série de problemas numéricos envolvendo adição para ser resolvido em um papel.	☐	☐	☐	☐	☐
22. Ser observado enquanto desenha um gráfico de barras.	☐	☐	☐	☐	☐
23. Fazer um cálculo de uma conta no restaurante na qual você acha que teve um valor excessivo.	☐	☐	☐	☐	☐
24. Ser responsável pela cobrança de uma organização e ter que acompanhar o montante final de dinheiro.	☐	☐	☐	☐	☐
25. Estudar para um exame de direção e memorizar o valor envolvido, como por exemplo: a distância que leva para parar um carro em diferentes velocidades.	☐	☐	☐	☐	☐
26. Somar as divisões de cotas recebidas e as despesas de um clube ao qual você pertence.	☐	☐	☐	☐	☐
27. Observa alguém usando uma calculadora.	☐	☐	☐	☐	☐
28. Solucionar uma série de problemas de divisão.	☐	☐	☐	☐	☐
29. Solucionar uma série de problemas de subtração.	☐	☐	☐	☐	☐
30. Solucionar uma série de problemas de multiplicação.	☐	☐	☐	☐	☐

7.5 Escala de Afetos Positivos e Negativos

Nome: _____ Data: ____/____/____

Escala de Afetos Positivo e Negativo (PANAS)

Este questionário consiste num conjunto de sentimentos e emoções. Leia cada item e marque a resposta correta no espaço à frente de cada palavra, para como se sente neste momento, de acordo com as seguintes opções de resposta: 1 “Nada ou muito pouco”; 2 “Um pouco”; 3 “Médio”; 4 “Muito”; 5 “Bastante/Sempre”.

Ativo(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Envergonhado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Atento(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Aflito (a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Determinado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Culpado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Empolgado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Irritado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Interessado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Com medo	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Com orgulho de si	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Hostil	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Alerta	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Inquieto (a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Entusiasmado (a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Nervoso(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Forte	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Apavorado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Inspirado(a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre
Chateado (a)	☐	Nada ou muito pouco	☐	Um pouco	☐	Médio	☐	Muito	☐	Bastante/Sempre

PONTUAÇÃO TOTAL DO QUESTIONÁRIO: _____

7.6 Inventário de Ansiedade Traço

Nome: _____ Sexo: () masculino () feminino

Idade: _____ anos

Data: ____/____/____ HORA: ____

IDATE – T Questionário de autoavaliação para traço de ansiedade

Instruções: Por favor, leia cada um dos itens abaixo e assinale o número que melhor indica como você geralmente se sente. Não gaste muito tempo em um único item.

Quase nunca - 1	Às vezes - 2	Frequentemente - 3	Quase sempre - 4	
1. Sinto-me bem.....	1	2	3	4
2. Canso-me com facilidade.....	1	2	3	4
3. Tenho vontade de chorar.....	1	2	3	4
4. Gostaria de ser tão feliz como os outros parecem ser.....	1	2	3	4
5. Perco oportunidades porque não consigo tomar decisões rapidamente	1	2	3	4
6. Sinto-me descansada (o)	1	2	3	4
7. Sou calma (o), ponderada (o) e senhora (o) de mim mesma (o)	1	2	3	4
8. Sinto que as dificuldades estão acumulando de tal forma que não consigo resolvê-las.....	1	2	3	4
9. Preocupo-me demais com coisas sem importância.....	1	2	3	4
10. Sou feliz.....	1	2	3	4
11. Deixo-me afetar muito pelas coisas.....	1	2	3	4
12. Não tenho confiança em mim mesma (o)	1	2	3	4
13. Sinto-me segura (o)	1	2	3	4
14. Evito ter que enfrentar crises ou problemas.....	1	2	3	4
15. Sinto-me deprimida (o)	1	2	3	4
16. Estou satisfeita (o)	1	2	3	4
17. Ideias sem importância me entram na cabeça e ficam me pressionando.....	1	2	3	4
18. Levo os desapontamentos tão a sério que não consigo tirá-los da cabeça.....	1	2	3	4
19. Sou uma pessoa estável.....	1	2	3	4
20. Fico tensa(o) e perturbada(o) quando penso em meus problemas no momento.....	1	2	3	4

ID: _____

7.7 Inventário de Ansiedade Estado

Nome: _____ Sexo: () masculino () feminino

Idade: _____ anos

Data: ____/____/____

IDATE – E Questionário de autoavaliação para estado de ansiedade

Instruções: Por favor, leia cada um dos itens abaixo e assinale o número que melhor indica como você se sente. Não gaste muito tempo em um único item.

	Absolutamente não - 1	Um pouco - 2	Bastante - 3	Muitíssimo - 4
1. Sinto-me calma (o).....	1	2	3	4
2. Sinto-me segura (o).....	1	2	3	4
3. Estou tensa (o).....	1	2	3	4
4. Estou arrependida (o).....	1	2	3	4
5. Sinto-me à vontade.....	1	2	3	4
6. Sinto-me perturbada (o)	1	2	3	4
7. Estou preocupada (o) com possíveis infortúnios.....	1	2	3	4
8. Sinto-me descansada (o).....	1	2	3	4
9. Sinto-me ansiosa (o).....	1	2	3	4
10. Sinto-me “em casa”	1	2	3	4
11. Sinto-me confiante	1	2	3	4
12. Sinto-me nervosa (o)	1	2	3	4
13. Estou agitada (o)	1	2	3	4
14. Sinto-me uma “pilha de nervos”	1	2	3	4
15. Estou descontraindo (o)	1	2	3	4
16. Estou satisfeita (o)	1	2	3	4
17. Estou preocupada (o).....	1	2	3	4
18. Sinto-me superexcitada (o) e confusa (o).....	1	2	3	4
19. Sinto-me alegre.....	1	2	3	4
20. Sinto-me bem.....	1	2	3	4

ID: _____

7.8 Ficha de Anamnese

FICHA DE ANAMNESE

Dar as boas-vindas, instalar o Cardíofrequencímetro¹ no(a) participante, indicar a cadeira onde será realizado o teste. Preencher cabeçalho da ficha de registro diário do protocolo.

Orientar que coloque o celular no modo avião e iniciar gravação.

REGISTRO DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA (VFC)

Início:	Final:
----------------	---------------

OBS: Registro da frequência cardíaca (bpm) em estado basal (após 6 minutos² de completo repouso iniciar os testes).

Questionário

Nome: _____ Sexo: _____ Idade: _____ anos

Data de nascimento: ____/____/____ Data da coleta: ____/____/____

HORA: ____

Dormiu bem? Sim () Não ()

Fez atividade física de alta intensidade nas últimas 48 horas? Sim () Não ()

Passou por algum evento estressante nas últimas 24 horas? Sim () Não ()

Qual o seu estado de saúde atualmente, você está bem? Sim () Não ()

Consumiu caféina? Sim () Não ()

Consumiu chocolate? Sim () Não ()

Toca algum instrumento musical ou canta? Sim () Não ()

Está acostumado a usar teclado do computador? Sim () Não ()

Orientar o participante quanto as teclas “Shift Direito”, “Shift Esquerdo” e “Linha numérica” do teclado.

Tarefas do avaliador durante a realização dos testes:

_ Antes de iniciar os testes o avaliador deverá observar se o(a) participante está sem nenhum objeto na mão que possa atrapalhar a realização da atividade.

_ Acomodar o(a) participante de maneira confortável na cadeira e centralizar o teclado e a tela do computador diante do(a) participante.

_ Durante a realização dos testes o avaliador deverá se posicionar ao lado do(a) participante e antes de cada teste deverá repassar todas as informações de como será realizado cada teste. Iniciar o teste somente após a confirmação de que o participante realmente compreendeu as orientações.

¹ Em casos de participante do sexo feminino, homens deverão se retirar da sala.

² 5 minutos é o tempo mínimo recomendado para começar a verificar a Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC).

ID: _____

7.9 Ficha de Registro Diário

FICHA DE REGISTRO DIÁRIO
EFEITO AGUDO DA MÚSICA SOBRE A ANSIEDADE MATEMÁTICA: análise do estado emocional a partir de registro da Variabilidade da Frequência Cardíaca
DADOS DO PARTICIPANTE

Nome:				ID:			
Sexo		Idade:		Curso			
OBSERVAÇÕES:							
Registro do tempo indicado pelo Aplicativo Elite HRV.							
ID – data de nascimento; iniciais do nome; dia e mês da coleta; condição experimental.							
EX: 290387RSS1604_IC							
Entregar escalas uma a uma.							

REPOUSO (5 MINUTOS):
 Início ____:____ Fim ____:____

SCORES AUTORELATADOS

	IDATE-E -1	PANAS - 1
Início		
Fim		

TESTE MATEMÁTICO:

	MATHPROC-1
Início	
Fim	

TESTE DE FUNÇÕES EXECUTIVAS:

	STROOP-1	N-BACK-1
Início		
Fim		

INTERVENÇÃO (5 MINUTOS):
 Início ____:____ Fim ____:____

SCORES AUTORELATADOS

	IDATE-E - 2	PANAS - 2
Início		
Fim		

TESTE MATEMÁTICO:

	MATHPROC-2
Início	
Fim	

TESTE DE FUNÇÕES EXECUTIVAS:

	STROOP-2	N-BACK-2
Início		
Fim		

I
N
T
E
R
V
A
L
O

A música ouvida tem algum significado pessoal para você?

Sim () Não ()

FIM: ____:____

Condição Experimental: _____ Data: ____/____/____ Dia: _____