Mario André Leocadio Miguel

**Estimativa de tempo em humanos: ontogênese e
variação circadiana**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

São Paulo
2012

Mario André Leocadio Miguel

**Estimativa de tempo em Humanos: Ontogênese e
variação circadiana**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisiologia Humana

Orientador: Prof. Dr. Luiz Silveira Menna Barreto

Versão original

São Paulo
2012

DADOS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
Serviço de Biblioteca e Informação Biomédica do
Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo

© reprodução total

Miguel, Mario André Leocadio.

Estimativa de tempo em humanos: ontogênese e variação circadiana /
Mario André Leocadio Miguel. -- São Paulo, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Silveira Menna Barreto.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências
Biomédicas. Departamento de Fisiologia e Biofísica. Área de
concentração: Fisiologia Humana. Linha de pesquisa: Cronobiologia.

Versão do título para o inglês: Time estimation in humans:
ontogenesis and circadian variation.

1. Cronobiologia 2. Ritmos biológicos em humanos 3. Ritmos
circadianos 4. Estimativa de tempo 5. Percepção de tempo 6.
Envelhecimento I. Barreto, Prof. Dr. Luiz Silveira Menna II.
Universidade de São Paulo. Instituto de Ciências Biomédicas. Programa
de Pós-Graduação em Fisiologia Humana. III. Título.

ICB/SBIB0153/2012

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

Candidato(a): Mario André Leocadio Miguel.

Título da Tese: Estimativa de tempo em humanos: ontogênese e variação circadiana.

Orientador(a): Prof. Dr. Luiz Silveira Menna Barreto.

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa da Tese de Doutorado, em sessão pública realizada a/...../....., considerou

() Aprovado(a)

() Reprovado(a)

Examinador(a): Assinatura:
Nome:
Instituição:

Examinador(a): Assinatura:
Nome:
Instituição:

Examinador(a): Assinatura:
Nome:
Instituição:

Examinador(a): Assinatura:
Nome:
Instituição:

Presidente: Assinatura:
Nome:
Instituição:

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS

Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
Av. Prof. Lineu Prestes, 2415 - cep. 05508-000 São Paulo, SP - Brasil
Telefone : (55) (11) 3091.7733 telefax : (55) (11) 3091-7438
e-mail: cep@icb.usp.br

São Paulo, 26 de fevereiro de 2009.

PARECER 877/CEP

Prezado Senhor,

Atendendo à sua solicitação, a *Comissão de Ética em Pesquisas com Seres Humanos do ICB*, em sua 92ª reunião realizada em 19.02.09, analisou o projeto de sua responsabilidade intitulado: "*Ontogênese da ritmicidade biológica e do comportamento de partição da atenção em julgamento de intervalo de tempo*".

Informo a V.Sa. que, após análise e discussão, o referido projeto foi **aprovado por esta Comissão**, com a recomendação que acrescente, no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, os procedimentos nos quais o sujeito da pesquisa irá participar.

Lembramos que cabe ao pesquisador elaborar e apresentar a este Comitê, relatórios anuais (parciais ou final), de acordo com a resolução 196/06 do Conselho Nacional da Saúde, item IX.2 letra c.

O primeiro relatório deverá ser encaminhado à Secretaria deste CEP em **19 de fevereiro de 2010**.

Atenciosamente,

Prof. Dr. PAULO M.A. ZANOTTO
Vice-Coordenador da Comissão de Ética em
Pesquisas com Seres Humanos - ICB/USP

Ilmo Sr.
MARIO ANDRÉ LEOCADIO MIGUEL
Departamento de Fisiologia e Biofísica
Instituto de Ciências Biomédicas -USP

Ao meu querido Pedro,
filho amado e constante fonte
de alegria e perseverança nesta jornada.

Beijos do Papis!

AGRADECIMENTOS

Aos queridos amigos e companheiros do eterno GMDRB, cujo exemplo e admiração serviram de alicerce para trilhar este árduo caminho rumo ao exercício da carreira docente. Das reuniões do laboratório aos encontros circaseptanos, todos vocês, novos ou antigos integrantes do grupo, têm lugar especial nas minhas memórias.

Em especial, agradeço ao Professor Menna pelo constante desafio intelectual, longa amizade e acolhimento em seu grupo. Muito obrigado por estabelecer a nossa relação de confiança que ambos nutrimos e por apoiar todas as minhas iniciativas.

Ao Professor Mario Pedrazzoli, pelo apoio e amizade nestes últimos anos.

Aos Professores membros da banca, amigos que sempre serviram de inspiração, propiciaram momentos de reflexão e ajudaram a consolidar a minha carreira. Ao Professor Ranvaud, pelas frutíferas discussões e pelo carinho.

Aos voluntários que participaram da minha pesquisa, não apenas desta, mas de todos os experimentos que realizamos no grupo. Sem vocês não há pesquisa! Finalizando com o mais importante, agradeço todo o enorme e incessante apoio que sempre recebi da minha querida família, meus fantásticos pais e minha eterna paixão, minha esposa querida.

RESUMO

MIGUEL, M. A. L. **Estimativa de tempo em humanos: ontogênese e variação circadiana.** 2012. 100 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Humana) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Julgar a passagem do tempo é elemento fundamental nos mais diversos comportamentos humanos, do ato de falar ao desempenho esportivo. Uma intrincada e, até o momento, velada rede neural é responsável por essa capacidade. Fatores como a idade, o sono e a habilidade de direcionar a atenção ao tempo contribuem para a estimativa subjetiva da passagem do tempo. A partir de um protocolo longitudinal de produção de intervalos curtos de tempo, em associação ao acompanhamento de metodologia cronobiológica, buscamos descrever a modulação diária na produção de intervalo de tempo em função do envelhecimento, visando, ainda, determinar as associações entre os perfis temporais deste desempenho, o ritmo circadiano de temperatura periférica e ciclo vigília/sono dos indivíduos. Essencialmente, descrevemos: (1) a prevalência de *Jet-lag* social para a amostra de jovens adultos, sua associação com o caráter de matutinidadade/vespertinidade e o escore do Índice de qualidade de sono de Pittsburgh, sugerindo vulnerabilidade para distúrbios de sono nesta população jovem; (2) a ausência de diferenças entre os grupos na amplitude rítmica e na potência do espectro de 24 horas das séries temporais de temperatura do pulso e atividade/repouso, mesmo diante de um diferente ângulo de fase médio para cada grupo, implicando em um distinto arranjo na organização temporal interna em função da idade; (3) embora ambos os grupos estudados tenham demonstrado diferença entre as fases do dia quanto ao coeficiente de variação da produção do intervalo de tempo de 10 segundos, apenas o grupo de adultos aposentados apresentou associação com o ritmo diário de temperatura do pulso, sugerindo que a influência homeostática sobre este comportamento é mais pronunciada para o grupo de adultos jovens, enquanto o resultado dos indivíduos aposentados sugere maior influência proveniente do controle circadiano, refletindo na alteração da velocidade do sistema de controle da passagem do tempo ao longo do dia.

Palavras-chave: Cronobiologia. Ritmos biológicos em humanos. Ritmos circadianos. Estimativa de tempo. Percepção de tempo. Envelhecimento.

ABSTRACT

MIGUEL, M. A. L. **Estimativa de tempo em humanos: ontogênese e variação circadiana**. 2012. 100 p. Ph. D. Thesis (Human Physiology) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Timing is a key element in the most diverse human behaviors, from speaking to sport performance. An intricate and, still uncertain neural network is responsible for this capacity. Factors such as age, sleep and the ability to engage attention to time contribute to the subjective measure of the time flow. Based on a longitudinal approach of production of short time intervals, we aimed to describe the daily modulation in the production of time as a function of aging and to determine associations between temporal profiles of this behavior and the circadian rhythm of peripheral temperature and sleep/wake cycle. Essentially, we have described: (1) the prevalence of social Jet-lag in young adults, its association with morningness/eveningness and the score of Pittsburgh Sleep Index, suggesting a vulnerability to sleep disturbances in young adults; (2) the absence of differences between groups regarding rhythmic amplitude and spectral power density of wrist temperature and rest/activity rhythms, even in the presence of distinct phase angles as a function of age, which implies in a distinct arrangement in the internal temporal organization for each group; (3) although it has been described a daily modulation in the coefficient of variation for the task of production of time, only for the group of retired adults it was possible to identify an association with the circadian rhythm of wrist temperature, suggesting a prevalence of the homeostatic sleep influence over timing behavior for young adults, while the results for retired adults are in line with a prominent influence of the circadian drive, reflecting on changes in the speed of the system that keeps track of time throughout the day.

Keywords: Chronobiology. Biological rhythms in humans. Circadian rhythms. Time estimation. Time perception. Ageing.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação intragrupos de horários de início de sono, final de sono e duração de sono.....	35
Quadro 2 - Análise dos domínios do WHOQOL-BREF por grupos e por variável (domínio).....	41
Quadro 3 - Análise estatística dos parâmetros rítmicos provenientes da análise pelo Método Cosinor	43
Quadro 4 - Análise estatística dos parâmetros rítmicos das séries de dados de atividade/repouso provenientes da análise pelo Método Cosinor.	46
Quadro 5 - Coeficiente de variação e erro direcional dos dois grupos estudados.	49
Quadro 6 - Disposição das sessões de coleta de dados de estimativa de tempo ao longo das fases do dia.....	53
Quadro 7 - Coeficiente de variação e erro direcional por grupo e fase do dia.....	57

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de relógio interno proposto por Treisman (1963).....	14
Figura 2 - Protocolo de coleta de dados de produção de intervalo de tempo.	30
Figura 3 - Algoritmo de seleção de ferramentas para análise de séries temporais. .	33
Figura 4 - Questionário de Cronotipo. Comparação entre os diferentes grupo estudados.....	37
Figura 5 - Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh. Médias e respectivos desvios para os grupos estudados.	39
Figura 6 - Questionário WHOQOL-BREF para o grupo de aposentados.	40
Figura 7 - Questionário WHOQOL-BREF para o grupo de Adultos Jovens.....	40
Figura 8 - Termograma dos dados provenientes do voluntário CVFI.	42
Figura 9 - Teste de Rayleigh para alocação de acrofases do ritmo de temperatura do punho dos dois grupos estudados.....	43
Figura 10 - Teste de Correlação de Pearson para a associação entre o escore do questionário de cronotipo e a acrofase do ritmo de temperatura do punho para o grupo de adultos aposentados.	44
Figura 11 - Ritmo de temperatura do punho: comparação entre os grupos estudados quanto ao dado de potência do componente de 24 horas.....	45
Figura 12 - Teste de Rayleigh para alocação de acrofases do ritmo de atividade/repouso para os dois grupos estudados.	47
Figura 13 - Dados brutos de estimativa de tempo do voluntário NCFI, pertencente ao grupo de adultos aposentados.	50
Figura 14 - Regressão linear entre as médias de intervalo de tempo produzido e as sessões de coleta de dados do sujeito RBMI, do grupo de adultos aposentados.....	51
Figura 15 - Dispersão das médias das produções de intervalo de tempo para o grupo de adultos aposentados.	52
Figura 16 - Dispersão das médias da produção de intervalo de tempo para o grupo de adultos jovens.	52
Figura 17 - ANOVA de Friedman para comparação da dispersão dos desvios-padrão das sessões de produção de intervalo de tempo realizadas em diferentes as fases do dia para o voluntário JBFJ do grupo de adultos jovens.	54
Figura 18 - Comparação do coeficiente de variação entre as diferentes fases. Grupo de adultos aposentados.	55
Figura 19 - Comparação do coeficiente de variação entre as diferentes fases. Grupo de adultos jovens.	56
Figura 20 - Forma de onda do ritmo de temperatura do punho do indivíduo AMMI, do grupo de adultos aposentados.	57
Figura 21 - Forma de onda do ritmo de temperatura do punho do indivíduo VCFJ, do grupo de adultos jovens.	58
Figura 22 - Associação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos aposentados.....	59
Figura 23 - Associação entre intervalos de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos jovens.	60
Figura 24 - Correlação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos aposentados.....	61
Figura 25 - Correlação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos jovens.	61

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Bases do comportamento de estimativa de tempo	13
1.2 Ontogênese do comportamento de estimativa de tempo	18
1.3 A Cronobiologia e a estimativa de intervalo de tempo	20
1.4 Objetivos	25
2 MATERIAIS E MÉTODOS	26
2.1 Voluntários	26
2.2 Instrumentos selecionados	27
2.3 Proposta de análise de dados	30
3 RESULTADOS	34
3.1 Ciclo Vigília/Sono	34
3.2 Cronotipo	36
3.3 Qualidade de sono	38
3.4 Qualidade de Vida	39
3.5 Ritmo de temperatura do punho	41
3.6 Ritmo de atividade/repouso	45
3.7 Comportamento de estimativa de tempo	48
4 DISCUSSÃO	62
4.1 Ciclo vigília/sono, cronotipo e qualidade do sono	62
4.2 Ritmos de temperatura do punho e atividade/repouso	65
4.3 Comportamento de estimativa de tempo	68
4.4 Modulação diária da estimativa de tempo?	70
5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	75
6 CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS	78

ANEXO A – TCLE	86
ANEXO B – diário de sono	88
ANEXO C – questionário de cronotipo	90
ANEXO D - IQSP	95
ANEXO E - WHOQOL-BREF	99

1 INTRODUÇÃO

1.1 Bases do comportamento de estimativa de tempo

De acordo com Buhusi e Meck (2005), Tempo e Espaço são dimensões fundamentais de nossa existência. Embora esteja o Espaço perdendo seu valor em uma realidade dominada pelas redes de computadores e bibliotecas virtuais, o Tempo está se tornando a essência de nosso cotidiano, sendo crucial para as atividades rotineiras, como nos horários de dormir e acordar, na prática esportiva, na apreciação da música e, principalmente, na compreensão da fala.

Em 1951, Karl Lashley já defendia que a integração temporal não é encontrada exclusivamente na linguagem, mas também na coordenação de movimentos de membros em insetos, o canto dos pássaros, o controle da marcha em cavalos, no rato correndo através de um labirinto, no carpinteiro serrando uma madeira. Todas estas tarefas apresentam um problema de sequenciamento de ações que não podem ser explicadas em termos de simples sucessões de estímulos externos (MAUK; BUONOMANO, 2004). Ainda segundo este autor, o conhecimento dos mecanismos neurais subjacentes à habilidade de processar a ordem, o intervalo e a duração dos eventos sensoriais e motores permite o entendimento de como o sistema nervoso processa os estímulos complexos do mundo real.

A abordagem tradicional utilizada para descrever a capacidade de um organismo em estimar a passagem do tempo é baseada no modelo de processamento de informação ou modelo marcapasso-acumulador, descrito por Treisman (1963). Este modelo se desenvolveu para descrever o funcionamento de um “relógio interno” que, presumidamente, medeia a habilidade de estimar intervalos de tempo em humanos e outros animais. Este modelo é baseado nas primeiras tentativas de se criar uma modelagem para o comportamento de estimativa de tempo, especialmente nos esforços de Creelman (1962), que chegou a propor que a capacidade de um organismo em estimar a passagem do tempo era dependente da presença de um mecanismo interno responsável pelo acúmulo de pulsos gerados por um marcapasso. O modelo de Treisman compreende três componentes distintos, um marcapasso, responsável por gerar pulsos em uma determinada frequência, um acumulador, dedicado à contagem dos pulsos gerados, e um comparador, que faz a ligação entre o número de pulsos presentes no acumulador e

as representações de memória de intervalos de tempo anteriormente experimentados. Um detalhe interessante no modelo é a presença de um mecanismo de controle do marcapasso, o qual tem o seu funcionamento dependente de um estado geral de excitabilidade do sistema nervoso, controlando assim a frequência dos pulsos gerados (figura 1).

Figura 1 - Modelo de relógio interno proposto por Treisman (1963).

Fonte: Adaptado de Droit-Volet e Meck (2007).

Embora o modelo de Treisman seja capaz de dar suporte à existência de uma variabilidade no comportamento de estimativa de tempo de acordo com as variações do metabolismo e no grau de excitabilidade do sistema nervoso, ele não compreende a capacidade de partição da atenção entre diferentes aspectos de um determinado contexto. Como exemplo, consideremos um indivíduo parado no passeio e aguardando para atravessar a rua. Neste contexto, além de ser capaz de descrever em detalhes a situação, como quais carros estão passando, se há ou não pessoas por perto, este indivíduo também consegue estimar o tempo de chegada de um carro vindo em sua direção, assim determinando o grau de segurança para o ato de atravessar a rua naquele exato momento. Portanto, assumindo que o processamento da informação ocorre, em situações cotidianas, imerso em um intrincado contexto temporal e não temporal, no qual diversas tarefas são realizadas simultaneamente, há a necessidade de uma divisão contínua dos recursos atencionais entre os diferentes aspectos de um contexto por meio de estratégias de alocação de recursos. Na tentativa de preencher esta lacuna foi proposto o modelo

do portão atencional (BLOCK; ZAKAY, 1996) o qual adiciona ao modelo tradicional de Treisman um mecanismo de controle da partição da atenção. De maneira geral, quanto mais atenção é despendida ao aspecto temporal, maior o número de pulsos gerados pelo marcapasso, resultando em uma superestimação do tempo.

No entanto, nós possuímos a capacidade de estimar com incrível precisão a duração de um evento que já ocorreu, independente de termos sido avisados sobre a importância de atentarmos para a duração e, conseqüentemente, de tornarmos saliente no contexto a questão temporal, o que implica dizer que a atenção ao aspecto temporal não é necessária. Neste sentido, o modelo anterior de Gibbon (1977) é também de três componentes ou níveis, sendo que um mecanismo marcapasso intrínseco produz uma série de pulsos que são concatenados para a formação de pacotes maiores, os quais podem ser subsequentemente computados para a estimativa de durações. Finalmente, um mecanismo comparador conecta este resultado às representações de tempo memorizadas anteriormente. A diferença primordial entre este modelo e os descritos acima (BLOCK; ZAKAY, 1996; TREISMAN, 1963) é que o modelo de Gibbon assume que o mecanismo de concatenação pode ser disparado automaticamente por estímulos externos e passa a monitorar a sua dimensão temporal independentemente da tarefa executada. Apenas os processos de contagem e comparação são executados sob o controle ou demanda atencional.

Muito embora os modelos acima descritos sejam capazes de propiciar o entendimento de muitos dos fenômenos envolvidos com a capacidade de se estimar a passagem de tempo, existe uma corrente intelectual que aponta dúvidas quanto à eficácia desses modelos em se ajustar aos dados experimentais coletados na área. Um dos problemas fundamentais dos modelos baseados em marcapasso-acumulador é o fato do acumulador não possuir, fundamentalmente, um limite para o acúmulo de pulsos. Neste sentido, os autores acreditam ser difícil compreender um sistema biológico que possa acumular algo ou aumentar sem limite (STADDON; HIGA, 1999).

Independente das potenciais fontes de controvérsia advindas dos diferentes modelos existentes para explicar a capacidade de se estimar o tempo, distintos fatores influenciam no ajuste dos modelos aos dados experimentais coletados, principalmente com relação ao tipo de protocolo utilizado, se é solicitado ao voluntário para prestar atenção ao tempo ou não e qual a faixa de duração dos

estímulos apresentados (WITTMANN, 2009). De acordo com Ades (2002), quando um indivíduo é previamente avisado acerca da necessidade futura de relatar a duração de um dado evento apresentado, o intervalo subjetivo é relatado como de maior duração, quando comparado a um experimento no qual o sujeito não é avisado de antemão, prestando, portanto, maior atenção ao tempo na condição na qual é avisado. Contudo, seja qual for o modelo experimental aplicado, prospectivo ou retrospectivo, a busca pelas bases neurais que suportam a capacidade de estimar o tempo é a tendência atual mais evidente desta área de estudo.

A atividade sinérgica de diferentes áreas do sistema nervoso, como os gânglios da base, a área motora suplementar, o cerebelo e o córtex frontal anterior (ou pré-frontal), está intrinsecamente relacionada com a estimativa da duração de intervalos de tempo em humanos, constituindo a base neural para este comportamento (COULL; CHENG; MECK, 2010).

De acordo com Matell e Meck (2000), a representação interna do Tempo deve-se à habilidade do corpo estriado dos núcleos da base em detectar padrões coincidentes de oscilações corticais e talâmicas, ou seja, sincronização de disparos neuronais destas áreas em resposta às tarefas de percepção da passagem de tempo. Esta proposição é baseada nos achados descritos por Rao et al. (1997), que estudaram indivíduos em uma das tarefas clássicas da área, a sincronização de movimentos de dedos à estímulos apresentados, auditivos ou visuais, tarefa conhecida como “*finger-tapping*”. O estudo compreendeu uma primeira fase, quando os voluntários foram solicitados a sincronizar o movimento de dedos à frequência dos estímulos apresentados, e uma segunda fase, quando deveriam manter a mesma frequência apresentada anteriormente, mas na ausência do estímulo externo. A idéia era observar o padrão de ativação cerebral através de imageamento funcional por ressonância magnética e compará-lo entre as fases. Os autores observaram que o tálamo, o córtex e o núcleo estriado apresentaram atividade sincronizada apenas na segunda etapa do experimento, quando a capacidade de estimativa de tempo era fundamental.

Meck (1986) e Rammsayer (1997) encontraram desvios na estimativa de tempo em testes realizados sob o efeito de agonistas e antagonistas dopaminérgicos, como metanfetaminas e haloperidol, resultando, respectivamente, em subestimação ou superestimação nos intervalos de tempo. Estes testes serviram como base para o estudo do papel dos núcleos da base no comportamento de

estimativa de tempo. Os estudos em portadores da doença de Parkinson também ajudaram a elucidar os mecanismos neurais deste comportamento. Estes indivíduos têm seus núcleos da base afetados por apresentarem neurodegeneração das células dopaminérgicas da substância nigra pars compacta e conseqüente alteração funcional do corpo estriado, afetando negativamente o desempenho no comportamento de estimativa de tempo. Pacientes portadores desta doença apresentam déficit na habilidade de sincronizar toques de dedos com um estímulo sonoro de intervalos entre 300 e 600ms (HARRINGTON; HAALAND; HERMANOWICZ, 1998). Ainda, a estimativa de intervalos de tempo da ordem de poucos segundos, entre 1 e 5 segundos, também é afetada pelo desenvolvimento do Parkinson, confirmando o papel dos núcleos da base na percepção temporal em nível mediado pela atenção e memória, além de protocolos com intervalos da ordem de décimos de segundo (SMITH et al., 2007). Ademais, Malapani et al. (1998) confirmaram a previsão de déficit e acrescentaram que o efeito da fisiopatologia da doença de Parkinson sobre a estimativa de tempo pode ser reduzido pela ação da medicação para o controle da evolução do Parkinson.

O cerebelo também parece possuir um papel na estimativa de intervalo de tempo, com base nos achados experimentais de Ivry et al. (1988), baseados em um paradigma onde o voluntário deveria encostar seu dedo sobre uma plataforma de forma rítmica, seguindo um estímulo sonoro. Estes autores demonstraram que pacientes com lesões no cerebelo medial apresentam mais erros na fase motora da tarefa, enquanto que lesões nas áreas laterais acarretam em distúrbio na ritmicidade. Jueptner et al. (1995), utilizando neuroimagem funcional, demonstraram haver uma possível relação entre a estimativa de tempo e a porção do neo-cerebelo em humanos, através de um protocolo de discriminação de intervalos temporais. Mais recentemente foram demonstrados déficits mais significativos em indivíduos portadores de lesões nas áreas superiores dos hemisférios laterais e no núcleo denteado, reafirmando o papel destas estruturas na estimativa de tempo, necessárias portanto para tarefas de sincronização a uma dada frequência e manutenção na produção do intervalo de tempo (GOOCH et al., 2010).

Os avanços mais recentes nesta área de estudo apontam para o envolvimento cada vez maior de grande parte do sistema nervoso no controle da percepção de tempo (MORILLON; KELL; GIRAUD, 2009). Especialmente com o avanço das técnicas de imageamento funcional, estão sendo expostas

particularidades nos padrões de atividades do sistema nervoso de acordo com a duração dos eventos propostos. De acordo com Lewis e Miall (2003), a duração de um dado evento traz consigo a necessidade ou não de um controle cognitivo atencional ou de memória. A estimativa de intervalos da ordem de milissegundos apresenta uma menor necessidade de ativação das áreas corticais relacionadas à atenção e memória, quanto comparada à estimativa de intervalos mais longos.

1.2 Ontogênese do comportamento de estimativa de tempo

Cohen (1967) especulou acerca da impressão de que o tempo parece passar mais rápido com o avanço da idade. Ele atribui esta impressão, em parte, à redução na taxa metabólica, o que afetaria o julgamento de estimativa de tempo. De acordo com Block e Zakay (1996), as diferenças individuais no julgamento da duração de tempo podem derivar de alterações em vários parâmetros fisiológicos e processos cognitivos, incluindo: a velocidade dos processos biológicos, como a velocidade de funcionamento do marcapasso interno; a taxa metabólica basal ou a temperatura cerebral, talvez influenciando o funcionamento do marcapasso; a força, clareza, duração e variabilidade dos processos de memória; e os recursos atencionais ou a alocação da memória, especialmente envolvendo atenção ao tempo.

Droit-Volet e Wearden (2001) estudaram a capacidade de discriminação de intervalos de tempo em crianças entre 03 e 08 anos de idade. Através de seus resultados, os autores demonstraram haver um aumento na capacidade de estimar corretamente a duração de um dado intervalo de tempo com o avanço da idade. Na tentativa de melhor explorar este comportamento em crianças, Droit-Volet (2008) comparou-o ao de adultos em um paradigma similar, demonstrando uma tendência à maior variabilidade nos resultados obtidos pelas crianças.

Espinosa-Fernandez et al. (2003), avaliaram a capacidade de estimar diferentes intervalos de tempo em uma população de idade variada, num total de 140 voluntários com idade entre 8 e 70 anos. A tarefa consistia em produzir intervalos de 10 segundos, 1 minuto e 5 minutos. A tendência geral encontrada neste estudo foi um aumento na subestimação ou subprodução do intervalo de tempo para os indivíduos de maior idade, ou seja, o tempo passa mais rápido para os indivíduos de maior idade. Esta subestimação, segundo os autores, deve-se à diminuição na velocidade dos processos fisiológicos ou do “relógio interno”. Estes

autores ainda especulam acerca das teorias de julgamento de intervalo de tempo, as quais consideram outras variáveis cognitivas como atenção e memória. O déficit encontrado pelos autores poderia, portanto, ser resultado de uma menor atenção despendida à tarefa temporal.

Este comportamento compensador em função do envelhecimento é abordado pela teoria da otimização seletiva com compensação, proposta por Baltes et al. (1984) e explorada por Baltes e Carstensen (1996). A teoria preconiza que com o avanço da idade os indivíduos se aproveitam de seu desenvolvimento adaptativo para maximizar seus potenciais ganhos e minimizar perdas. Eles atingem o ganho por selecionar os objetivos e aperfeiçoar os meios para atingi-los. Quando perdas ocorrem, a teoria define que os indivíduos devem buscar meios adicionais para lidar com esta demanda repartida. Com o envelhecimento, no entanto, a relação entre estes três processos torna-se especialmente importante. Particularmente, a ênfase nos objetivos mais importantes e a diminuição no foco dos menos importantes, o que é denominado seleção baseada em perda, torna-se prevalente com o declínio nas habilidades cognitivas e recursos atencionais.

Baseados neste modelo e em dados que apontam a alta sensibilidade do comportamento de estimativa de tempo em procedimentos que envolvam atenção e memória, Lustig e Meck (2001) propuseram um paradigma para evidenciar os efeitos do envelhecimento sobre a capacidade de estimar a duração de estímulos de diferentes naturezas, auditiva e visual, apresentados simultaneamente. Este protocolo envolve a tarefa conhecida como bissecção, onde os indivíduos são apresentados a dois eventos de duração definida em uma fase de treino (eventos A e B) e a intervalos intermediários em uma fase de teste, com o objetivo de determinar se a duração de cada intervalo apresentado nesta fase de teste está mais próximo da de A ou de B, apresentados na fase de treino. Pela característica de pluralidade das naturezas dos eventos, é necessário que os indivíduos repartam sua capacidade atencional para lidar com o paradigma. Entre outros resultados, os autores demonstram que os indivíduos idosos apresentam um déficit na tarefa de bissecção, quando comparados com indivíduos adultos jovens. Ademais, curiosamente, tal déficit foi apresentado apenas pelos idosos submetidos aos testes na fase da manhã, em contraste com o desempenho dos submetidos na fase da tarde, trazendo à tona a possibilidade da existência de uma possível interface entre

os mecanismos neurais responsáveis pela percepção subjetiva de tempo e o sistema de temporização circadiano.

1.3 A Cronobiologia e a estimativa de intervalo de tempo

Mesmo nos mais primordiais estágios da organização da matéria viva, as mudanças nas condições físicas externas foram “prejudiciais” ou “úteis”, de certa forma, para os seres da época, de acordo com o critério de importância para a estabilização de seus sistemas. Tal influência serviu como base para modulações comportamentais destes seres, acarretando na capacidade de antecipação dos mesmos às alterações ambientais favoráveis, como a possibilidade de antever a presença de alimento, ou desfavoráveis, como nas mudanças climáticas que precedem o frio do inverno. A seleção de tais características antecipatórias está atrelada ao caráter recorrente, cíclico, das variações ambientais em questão. Foi, portanto, base para o desenvolvimento da vida na Terra, a ação de fenômenos recorrentes deste mundo exterior sobre os organismos vivos. Precisamente, uma ação resultante das propriedades iniciais da estrutura espaço-tempo do mundo inorgânico culminou por determinar toda a organização morfológica e funções adaptativas dos organismos primordiais (ANOKHIN, 1974).

Todo organismo vivo pode ser descrito em relação a dois conjuntos distintos de características. As configurações espaciais da estrutura física de cada organismo e do seu meio ambiente são familiares a todos. Muito mais sutil e menos percebido aos olhos destreinados é a estrutura ou organização temporal de cada indivíduo frente aos elementos cíclicos do seu ambiente. Embora a estrutura espacial – suas células, tecidos, órgãos e sistemas – dê forma à matéria viva, o aspecto temporal promove relevância ao comportamento por relacionar as funções orgânicas aos aspectos rítmicos do ambiente, como o ciclo claro-escuro ambiental (DUNLAP; LOROS; DECOURSEY, 2004).

A adaptação temporal de um organismo ao seu ambiente envolve a capacidade de antecipar eventos cíclicos, o que lhe permite organizar temporalmente recursos e atividades frente aos desafios do ambiente. A harmonização das fases dos ritmos biológicos da espécie com as dos ciclos ambientais implica na associação entre estados fisiológicos e fases mais propícias do ciclo externo ambiental, visando a sobrevivência do organismo (PITTENDRIGH,

1981). Um dos principais marcadores endógenos do funcionamento do sistema de temporização é o ritmo de temperatura central. A medida mais utilizada para se verificar o estado de sincronização entre os ritmos biológicos dos organismos e entre o organismo e o meio-ambiente é a temperatura retal, sendo que durante o dia os valores da temperatura retal são superiores aos valores encontrados durante a noite (ASCHOFF; GERECKE; WEVER, 1967). Recentemente, diante do desafio experimental de se elaborar protocolos longos de coleta de dados, da ordem de vários dias, e considerando o papel fundamental da ritmicidade de temperatura, diferentes grupos de pesquisa têm direcionado esforços à determinação da ritmicidade da temperatura na superfície dos organismos, em especial do humano. Areas et al. (2006) foram um dos precursores deste campo e demonstraram que a temperatura da região do punho expressa ritmicidade circadiana significativa e com uma diferença estável de aproximadamente 12 horas em relação à temperatura oral (usada no presente trabalho para inferir os valores da temperatura central).

A maioria dos animais superiores possui dois sistemas endógenos e complementares de controle da temporização: um sistema que mede a passagem do tempo sob a forma de um cronômetro – envolvido na percepção subjetiva de tempo e um sistema de temporização circadiano, cujo papel é a geração das variações ou ritmos biológicos frente às oscilações ambientais (MORELL, 1996). A avaliação de diversos aspectos do desempenho cognitivo revelou variação ao longo do dia. Alerta, vigilância, percepção visual e respostas motoras são exemplos de variáveis expressas diferentemente ao longo do dia sob a forma de ritmos circadianos (FOLKARD, 1990).

Desde o início do século XX investigadores interessaram-se na mudança do desempenho cognitivo ao longo do dia, primariamente sob uma perspectiva educacional. Estudos mais recentes, como os de Kleitman e Jackson (1950) e Colquhoun (1971), resultaram na determinação de um paralelismo entre os ritmos de desempenho em tarefas cognitivas e o ritmo da temperatura central.

Johnson et al. (1992) demonstraram haver um declínio ao longo do dia no desempenho de tarefas envolvendo a memória de curto prazo. Entretanto, quando os sujeitos foram submetidos a um protocolo de rotina constante de 40 horas, emergiu o paralelismo entre desempenho e temperatura central, ou seja, uma coincidência entre o aumento de temperatura e a melhora no desempenho. Monk et al. (1997) exploraram a relação entre os ritmos circadianos da temperatura retal, do

desempenho, do cortisol, da melatonina plasmática e do alerta em indivíduos submetidos ao protocolo de rotina constante durante 36 horas. Como resultado, os autores demonstraram uma significativa correlação positiva entre a temperatura retal, o alerta e o desempenho, bem como uma correlação negativa entre o último e o nível plasmático de cortisol.

Mudanças nos valores da temperatura podem refletir alterações nos processos metabólicos que poderiam facilitar o desempenho pelo simples aumento na velocidade do processamento da informação. Kleitman (1963) acreditava em uma relação causal entre temperatura e desempenho e argumentou que testes de desempenho poderiam até mesmo serem substituídos por termômetros. Em contraste, Colquhoun (1971) foi cuidadoso ao definir esta relação como um paralelismo entre os processos e não como um fenômeno de causa e efeito.

Da mesma forma que o sistema de temporização endógeno tem a função precípua de servir como interface entre o comportamento do indivíduo e o mundo que o rodeia ao longo das 24 horas, no exato instante da ação ou do evento, segundo Aschoff (1998), é a interação deste sistema com a capacidade cognitiva de estimar ou perceber curtos intervalos de tempo, na ordem de segundos, que garante o sucesso do organismo frente aos desafios temporais. Aschoff (1978) demonstraram variação dependente do horário do dia em tarefas envolvendo estimativa de tempo. Na tentativa de encontrar uma correlação entre a percepção de curtos e longos intervalos de tempo e a temperatura central, Aschoff (1998) submeteu indivíduos a um protocolo de isolamento temporal, ou seja, livre de pistas que indiquem a passagem do tempo, como a variação claro/escuro e o convívio social. Foi determinado que estes indivíduos estimassem os intervalos de uma hora, cinco e dez segundos, durante três semanas de isolamento, com monitoramento da temperatura retal. Como resultado, obteve-se que a estimativa do intervalo de uma hora não apresentava correlação com a flutuação da temperatura central, em contraste com a estimativa dos demais intervalos. Segundo o autor, a percepção de intervalos menores segue a regra geral dos processos fisiológicos, ou seja, é acelerada com o aumento da temperatura. Tal relação já havia sido explorada por François (1927) e Hoagland (1933), pioneiros na tentativa de estabelecer um link entre temperatura e estimativa de tempo. Estes autores demonstraram que modificações na temperatura corporal promovem alterações na percepção de tempo: quando a temperatura é elevada, os indivíduos produzem intervalos mais curtos e percebem estímulos mais

longos. Em adição, Schaefer e Gilliland (1938) buscaram entender a relação entre a produção de intervalos curtos de tempo (de 4 a 27 segundos) e parâmetros fisiológicos, precisamente a frequência cardíaca, a frequência respiratória e a pressão arterial. Contrariamente ao achado de relação entre a variação da temperatura e a estimativa de tempo, os autores não encontraram relação entre esses parâmetros fisiológicos e a produção de intervalo de tempo.

Não apenas as variáveis endógenas, como a temperatura, mas também o ambiente merece papel na modulação da estimativa da passagem de tempo ao longo do dia. Voluntários submetidos ao protocolo de isolamento temporal submetidos a diferentes intensidades na iluminação ambiental estimam a passagem de um intervalo de tempo com correlação positiva com a intensidade luminosa (ASCHOFF; DAAN, 1997; MORITA et al., 2007).

Particularmente quanto à estimativa de intervalos curtos de tempo, da ordem de segundos, e corroborando os resultados de Aschoff (1998), indivíduos mantidos em ambiente controlado entre 09 h e 21 h estimaram intervalos de tempo de 10 segundos com correlação negativa com a temperatura central (KURIYAMA et al., 2003). Em um protocolo similar, caracterizado pela rotina constante por 30 horas, (KURIYAMA; UCHIYAMA; SUZUKI, 2005) objetivaram caracterizar a variação circadiana na estimativa de tempo em situação de controle do ciclo vigília-sono. Precisamente, os voluntários deste estudo ficaram impedidos de dormir durante todo o experimento, revelando que o ritmo de estimativa de tempo é mantido mesmo sob uma condição de aumento da pressão homeostática do sono. Contudo, embora esses autores tenham obtido sucesso em determinar o paralelismo entre a temperatura central e a percepção de tempo, não há consenso nesta relação. Thor e Crawford (1964) já haviam apontado para uma relação oposta à descrita pelos autores supracitados, descrevendo um aumento na duração dos intervalos produzidos conforme a temperatura central apresenta elevação ao longo do dia. Tal achado foi corroborado por Pati e Gupta (1994), que estudaram trabalhadores em um longo protocolo de 21 dias em vida livre. Em adição, diversos autores relataram ausência de ritmicidade na produção de intervalos curtos de tempo ao longo do dia, utilizando protocolos de isolamento temporal (HANCOCK; VERCRUYSEN; RODENBURG, 1992), rotina livre (KIRKCALDY, 1984) e rotina constante (SPATI, 2011).

Da mesma forma que o comportamento de estimativa de tempo apresenta modificações ao longo da ontogênese, é notória a existência de elementos na literatura que descrevem alterações na expressão dos ritmos biológicos em decorrência dos processos envolvidos na senescência. Com o avanço da idade, os ritmos circadianos são progressivamente afetados em humanos e em outros mamíferos, tendo sido relatados redução na amplitude e mudança no espectro de frequências dos ritmos circadianos, este último levando a perda da potência do espectro de 24 horas. Em humanos, as alterações nestes parâmetros rítmicos relacionados ao envelhecimento saudável têm sido descritas para os ritmos hormonais, de temperatura central, para o ciclo vigília-sono e outros ciclos comportamentais (AUJARD et al., 2006). Especificamente quanto ao ritmo de temperatura, Weitzman et al. (1982) e Van Someren et al. (1996) estudaram jovens e idosos mantidos sob condições de isolamento temporal e encontraram redução na amplitude da oscilação e do período do ritmo de temperatura nos idosos.

Historicamente, as abordagens cronobiológicas de estudo do comportamento de estimativa de tempo privilegiaram rotinas de isolamento temporal, sob o pretexto de minimizar os efeitos da pluralidade de atividades do cotidiano dos indivíduos sobre a expressão dos ritmos biológicos, assim “desmascarando-os”. No entanto, no campo da neurofisiologia, a justificativa primária para o estudo da estimativa de tempo encontra-se na sua característica vital para a sobrevivência do organismo no ambiente real, no cotidiano singular de cada indivíduo, desde a percepção temporal necessária ao idoso para atravessar uma rua movimentada até o comprometimento de tarefas simples como o andar de um paciente portador da doença de Parkinson.

Há, portanto, um aparente paradoxo entre os interesses dessas diferentes áreas do conhecimento humano, uma vez que os dados obtidos por ensaios cronobiológicos não podem ser totalmente aproveitados ou inseridos num contexto marcado pelas adversidades e peculiaridades do mundo real, não controlado cronobiologicamente. Este projeto visa preencher esta lacuna entre as duas áreas do conhecimento humano, fornecendo dados acerca da interação entre os dois “relógios” ou sistemas de temporização, o circadiano e o responsável pela estimativa de tempo.

1.4 Objetivos

Objetivo geral: neste projeto pretendemos avaliar o desempenho ao longo do dia de adultos jovens e adultos aposentados submetidos à tarefa de produção de intervalo de tempo. Ademais, visamos determinar as associações entre os perfis temporais deste desempenho, o ritmo circadiano de temperatura periférica e ciclo vigília/sono dos indivíduos.

Objetivos específicos:

- determinar as diferenças na capacidade de produzir intervalos curtos de tempo em função do envelhecimento, com foco nas possíveis diferenças na velocidade do sistema de temporização dedicado ao comportamento de percepção de tempo;
- descrever o perfil temporal do comportamento de percepção de tempo e sua associação com o ritmo de temperatura periférica;
- descrever o perfil temporal do comportamento de percepção de tempo e a sua associação com o ciclo vigília/sono.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 *Voluntários*

Inicialmente foram selecionados 41 voluntários de duas faixas etárias distintas, indivíduos entre 18 e 25 anos e entre 55 e 75 anos. Os adultos jovens foram recrutados entre os alunos de graduação dos cursos de Gerontologia e Obstetrícia do campus da USP Leste. Os indivíduos mais velhos foram convidados entre a comunidade que frequenta a universidade aberta à terceira idade (UNATI), no mesmo campus da USP através de um curso sobre biologia do sono ministrado pelo nosso grupo de pesquisa. Após serem informados sobre os objetivos deste estudo e sobre a metodologia a ser adotada, os interessados receberam e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Esse termo, integrante do projeto de pesquisa em questão, foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa com seres humanos do ICB-USP, sob parecer número 877/CEP.

Como critérios para admissão neste estudo, todos os voluntários deveriam possuir visão e audição normais ou corrigidas, apresentar estado normal de saúde, em especial quanto aos distúrbios neuromotores e neurodegenerativos, como Parkinson ou Alzheimer, não fazerem uso de medicamentos para distúrbios do sono, depressão ou outras patologias psiquiátricas, possuírem uma rotina de trabalho e/ou estudo na fase diurna do dia.

A primeira etapa do estudo foi realizada em agosto de 2010. Do total de indivíduos aposentados selecionados inicialmente para o estudo, 03 (três) voluntários foram excluídos por fazerem uso crônico de ansiolíticos e indutores de sono, 03 (três) foram excluídos por falhas nos instrumentos de aquisição de dados de estimativa de tempo, e 02 (dois) abandonaram a coleta de dados já iniciada alegando motivos de saúde, resultando em 17 (dezessete) voluntários estudados. Do grupo de jovens, apenas 01 (um) indivíduo foi excluído da amostra antes de iniciar a coleta de dados por possuir uma rotina extremamente diferente dos restantes, aliando o curso universitário com plantões noturnos de trabalho, resultando em 15 (quinze) indivíduos estudados.

Numa segunda etapa, realizada em agosto de 2011 e com o propósito de elevar o número os participantes de ambos os grupo, foram selecionados mais voluntários para ambos os grupos, totalizando 08 (oito) indivíduos para o grupo de

adultos jovens e 08 (oito) indivíduos para o grupo de aposentados. Destes 16 (dezesseis) novos voluntários, 03 (três) indivíduos do grupo de adultos jovens foram excluídos por falhas nos instrumentos, especificamente no Palmtop; 02 (dois) indivíduos do grupo de aposentados foram excluídos por falhas no actímetro 02 (dois) indivíduos deste mesmo grupo foram excluídos por não coletarem os dados de estimativa de tempo.

Portanto, os dois grupos têm a seguinte caracterização:

- grupo de jovens adultos: formado por 19 (dezenove) indivíduos, com idade média de $21 \pm 1,2$ anos, sendo 15 (quinze) mulheres e 04 (quatro) homens.
- grupo de adultos aposentados: formado por 21 (vinte e um) indivíduos, com idade média de $63 \pm 5,3$ anos, sendo 18 (dezoito) mulheres e 03 (três) homens.

2.2 Instrumentos selecionados

Baseado nos dados de Horne e Ostberg (1976) os indivíduos podem ser classificados como matutinos ou vespertinos quanto à expressão de sua ritmicidade biológica. No caso da comparação entre diferentes faixas etárias, há uma tendência geral dos idosos em apresentarem um avanço de fase de seus ritmos biológicos, quando comparados com adultos jovens. Como exemplo, o ritmo de temperatura central pode apresentar seus valores máximos em um momento anterior para matutinos, enquanto que para vespertinos este máximo tende a ocorrer em uma fase mais tardia do dia. Assim, todos os indivíduos foram submetidos a uma versão traduzida para o Português do Questionário de Matutinidade-Vespertinidade de Horne e Ostberg (1976), com a finalidade de inferir as diferenças individuais na ritmicidade biológica dos voluntários (BENEDITO-SILVA et al., 1990). Este questionário é composto por 19 questões de múltipla escolha acerca das preferências de horários para a realização de atividades cotidianas, como realização de exercício físico e alocação de sono e vigília.

Com a finalidade de inferir acerca da qualidade subjetiva de sono e apontar a existência de seus distúrbios na população estudada, foi adotado o uso do instrumento denominado Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh (IQSP), o qual foi respondido por todos os participantes deste projeto. Este questionário é composto por 19 itens que são agrupados em sete componentes, cada qual

pontuado em uma escala de 0 a 3. Os componentes são, respectivamente: (1) a qualidade subjetiva do sono; (2) a latência do sono; (3) a duração do sono; (4) a eficiência habitual do sono; (5) as alterações do sono; (6) o uso de medicações para o sono; e (7) a disfunção diurna. Os escores dos sete componentes são somados para conferir uma pontuação global do IQSP, a qual varia de 0 a 21. Pontuações de 0-4 indicam boa qualidade do sono, de 5-10 indicam qualidade ruim e acima de 10 indicam distúrbio do sono (BUYSSE et al., 1989). Neste estudo, foi utilizada a versão validada deste instrumento em português (CEOLIM; MENNA-BARRETO, 2000).

Com o intuito de avaliar a qualidade de vida dos sujeitos estudados, foi solicitado aos voluntários que respondessem ao instrumento desenvolvido por um projeto multicêntrico da Organização Mundial da Saúde denominado WHOQOL (World Health Organization Quality of Life), na sua versão resumida, traduzida e validada no Brasil (FLECK et al., 2000). Este questionário aborda a qualidade de vida através da avaliação de diferentes aspectos da vida, os domínios físico, psicológico, de relação social e de ambiente, sendo amplamente utilizado como ferramenta para a avaliação multidimensional da qualidade de vida.

Após estes procedimentos iniciais foi iniciada a coleta de dados cronobiológicos, por meio do monitoramento da atividade locomotora, da temperatura da superfície dorsal do punho e da exposição à luminosidade, através da utilização contínua do *Tempatilumi* (ACT 10, CE Brasil, São Paulo – Brasil), um aparelho que associa um detector de movimento (actímetro), um termistor e um luxímetro. Este instrumento é capaz de armazenar em memória por até 30 dias as informações de cada um dos sensores coletadas a intervalos de 01 minuto. No presente estudo cada voluntário utilizou este instrumento por 11 dias consecutivos.

Adicionalmente, foi determinado que os voluntários preenchessem, diariamente, um diário de sono contendo informações sobre horário de início e final de sono, duração de sono, ocorrência de despertares noturnos e latência de sono.

Diante da necessidade de geração de uma série temporal de dados sobre a capacidade de estimativa de tempo dos voluntários, a plataforma Palm® foi selecionada como meio ideal para a coleta dos dados, uma vez que o instrumento pode ser emprestado aos voluntários para poder ser acessado diversas vezes ao dia e armazenar os resultados dos experimentos até o acesso pelo pesquisador responsável. Precisamente, foi selecionado o instrumento denominado Palm Zire 22, aparelho de 96g, com dimensões 103 x 68 x 15mm, que possui sistema operacional

Palm OS® Garnet 5.4, memória interna de 32MB, processador 200 MHz, tela 160 x 160 colorida (4096 cores) e sensível a toque. Esta plataforma serviu como base para a implementação de um software para produção de intervalo de tempo, adaptado à partir de um software produzido pelo Walter Reed Army Institute of Research (WRAIR) dos Estados Unidos da América e disponível para download através do sítio de internet <http://www.corware.com>. Este programa foi, originalmente, idealizado para a avaliação de uma variável cognitiva conhecida como vigilância psicomotora – PVT, do inglês “Psychomotor Vigilance Test”, a qual consiste na avaliação seriada de tempo de reação simples em experimentos de privação de sono. Ele foi validado contra a ferramenta padrão de coleta destes dados, demonstrando não haver discrepâncias nos valores de tempo de reação (THORNE et al., 2005) e habilitando o seu uso seguro para tarefas envolvendo variáveis temporais, como é foco do presente estudo.

Na presente pesquisa foi solicitado aos voluntários para produzirem, durante 11 dias, 10 intervalos de 10 segundos, 05 vezes ao dia, em horários livres e relacionados ao cotidiano de cada indivíduo: ao acordar, no meio da fase da manhã, após o almoço, no final da tarde e antes de dormir. Os indivíduos eram solicitados a sentar em posição confortável, permanecer nesta posição por aproximadamente 05 minutos e então iniciar o protocolo de coleta de dados. Para tanto, deveriam segurar o aparelho com as duas mãos, fixar o olhar na tela, apertar o botão determinado para início da tarefa e aguardar o surgimento de um grande círculo de cor preta no centro da tela, instante de início da estimativa da passagem de 10 segundos. Então, após a estimativa do intervalo, o botão deveria ser novamente apertado, dando início à próxima estimativa. Ao término das 10 produções o aparelho desligaria automaticamente, conforme demonstrado no esquema abaixo. O intervalo entre o apertar do botão e o aparecimento do círculo preto na tela era fixo, com 2 segundos de duração. A interface gráfica do teste utilizado, bem como as características físicas do instrumento utilizado, está disposta na figura 2.

Figura 2 - Protocolo de coleta de dados de produção de intervalo de tempo.

2.3 Proposta de análise de dados

A cronobiologia privilegia séries longas de dados sob a premissa de permitir a utilização de um arsenal mais completo de ferramentas estatísticas próprias deste campo. Atualmente, diante do desenvolvimento tecnológico da área, é possível a coleta de dados continuamente por prazos de até 30 dias, com uma frequência de amostragem máxima próxima de 01 por minuto. Tais séries longas de dados são, no entanto, caracterizadas por amplas “janelas” compostas por falhas na coleta de dados ou por retirada ou desligamento dos instrumentos. A fim de ilustrar a questão, cada indivíduo portando um actímetro – instrumento dedicado à coleta de atividade locomotora – deve retirar o aparelho em qualquer situação que envolva imersão em água, como um simples banho. Este comportamento, no entanto, acarreta no surgimento de lacunas com dados irreais da ordem de minutos ou horas, os quais devem ser retirados da série original de dados, visando eliminar algum possível viés

estatístico decorrente da leitura errônea do comportamento estudado. Basicamente possuímos duas alternativas iniciais para o tratamento prévio dos dados:

- retirar da série temporal todos os dados erroneamente coletados (ex: quando o voluntário retira o aparelho por tempo prolongado);
- localizar e substituir os dados por meio de interpolação por média móvel simples, assim aumentando a densidade de dados e permitindo uma análise mais acurada.

Nós optamos por utilizar a interpolação linear por média móvel de 60 minutos, conforme preconizado por Wey et al. (2012), o que permitiu o preenchimento de “janelas” de dados de até 60 minutos. Muito embora fosse interessante uma média móvel composta por mais pontos, por exemplo, 120 minutos, o erro médio quadrático seria maior, acarretando na estimativa errônea dos dados e levando a resultados distorcidos na análise.

Então, diante das especificidades dos dados cronobiológicos coletados a partir do *Tempatilumi*, constituindo uma série temporal estacionária, longa, com múltiplos ciclos e com dados não-igualmente espaçados (pela necessidade da retirada forçada de dados) esses foram submetidos à interpolação por média móvel e às ferramentas estatísticas destinadas à detecção da presença de ritmos biológicos, à determinação do espectro de frequências presente e à determinação dos principais parâmetros rítmicos, como amplitude, período e acrofase (instante de maior probabilidade de ocorrência dos valores máximos de uma variável observada).

Para tanto, foram empregados o métodos Cosinor (NELSON et al., 1979), que consiste no ajuste de curvas coseno às séries temporais de dados e proporciona inferir acerca da amplitude, período e acrofase da curva ajustada; o periodograma de Lomb-Scargle (LOMB, 1976; SCARGLE, 1982), direcionado à detecção de padrões periódicos em séries temporais com dados não igualmente espaçados e o teste de Rayleigh, destinado ao teste de padrão de direção ou coincidência de fase na distribuição circular de determinados eventos, neste caso utilizado para os eventos de acrofase (proveniente da estimativa de parâmetros rítmicos pelo método Cosinor). A determinação dos testes e métodos utilizados seguiu as recomendações da extensa revisão publicada por Refinetti et al. (2007) - Figura 3.

Posteriormente, foram testadas correlações entre os parâmetros rítmicos encontrados, a idade, o resultado do questionário de Matutividade-Vespertinidade

dos indivíduos, o índice de qualidade do sono e o escore de qualidade de vida com intuito de se comparar a estabilidade rítmica entre os dois grupos de indivíduos.

Quanto aos dados do comportamento de estimativa de tempo, a análise primária foi direcionada à determinação de um período significativo, ao estudo da relação de fase entre a acrofase dos ritmos de temperatura do punho e a fase de máximo desempenho na produção do intervalo de tempo.

Figura 3 - Algoritmo de seleção de ferramentas para análise de séries temporais.

Fonte: Adaptado de Refinetti et al. 2007.

3 RESULTADOS

3.1 *Ciclo Vigília/Sono*

Todos os voluntários responderam adequadamente ao diário de sono por toda a duração da coleta de dados, ou seja, por 11 dias consecutivos (início em uma sexta-feira), proporcionando dados acerca dos dias de semana e finais de semana. Foram então extraídas as seguintes variáveis para efeito de comparações: horário de início do sono, duração de sono, horário de final do sono e meia fase do sono.

Primeiramente quanto ao grupo de adultos jovens, a média do horário de início do sono durante a semana foi de 23 h e 28 min $\pm$ 61 min, enquanto nos finais de semana foi de 0 h e 22 min $\pm$ 44 min. A aplicação do teste *t* de student apontou para uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A média da duração de sono durante a semana foi de 425 $\pm$ 48 min, enquanto nos finais de semana foi de 503 $\pm$ 48 min. Da aplicação do teste estatístico acima citado resultou diferença significativa ($p < 0,05$). Em relação ao horário de final de sono, a média nos dias de semana foi de 6 h e 43 min $\pm$ 36 min, também significativamente diferente da média nos finais de semana, 8 h e 53 min $\pm$ 74 min, ($p < 0,05$).

Quanto ao grupo dos adultos aposentados, a média do horário de início do sono durante a semana foi de 23 h e 10 min $\pm$ 59 min, enquanto nos finais de semana foi de 23 h e 21 min $\pm$ 55 min. A aplicação do teste *t* de student não apontou para uma diferença estatisticamente significativa ($p = 0,29$). A média da duração de sono durante a semana foi de 494 $\pm$ 56 min, enquanto nos finais de semana foi de 494 $\pm$ 45 min. Com a aplicação do teste estatístico acima citado, não foi encontrada diferença significativa ($p = 0,49$). Em relação ao horário de final de sono, a média nos dias de semana foi de 7 h e 09 min $\pm$ 44 min, também não significativamente diferente da média nos finais de semana, 7 h e 21 min $\pm$ 45 min, ($p = 0,34$).

O quadro abaixo resume os dados e testes referentes às análises intragrupos do ciclo vigília/sono.

Quadro 1 - Comparação intragrupos de horários de início de sono, final de sono e duração de sono.

Adultos jovens			
	Início do sono	Final do sono	Duração do Sono
Dias semana	23 h 28 min $\pm$ 61 min*	6 h 43 min $\pm$ 36 min*	425 $\pm$ 48 min*
Final semana	0 h 22 min $\pm$ 44 min	8 h 53 min $\pm$ 74 min	503 $\pm$ 48 min
Adultos aposentados			
Dias semana	23 h 10 min $\pm$ 59 min	7 h 09 min $\pm$ 44 min	464 $\pm$ 56 min
Final semana	23 h 21 min $\pm$ 55 min	7 h 21 min $\pm$ 45 min	464 $\pm$ 45 min

*Teste T de Student, $p < 0,05$.

Da comparação entre os dois grupos estudados, ficou demonstrado que há diferença estatisticamente significativa na média do horário de início de sono nos finais de semana entre os grupos, sendo que os aposentados iniciam o sono, em média, mais cedo (Teste t de Student, $p < 0,05$). A média do horário de acordar nos finais de semana também é mais cedo para o grupo de adultos aposentados (Teste t de Student, $p < 0,05$), enquanto a comparação da duração do sono entre os grupos, nos finais de semana, não se apresentou significativa (Teste t de Student, $p < 0,05$).

Procedemos, então, à busca por correlações entre as diferentes variáveis durante a semana e nos finais de semana, para ambos os grupos estudados. Quanto aos dados dos adultos aposentados, durante a semana, foi possível demonstrar correlação negativa entre o horário de início do sono e a duração do sono, ou seja, os indivíduos que apresentaram início do sono mais tardio tiveram menor duração do sono (Pearson, $r = -0,72$, $p < 0,05$). Já durante o final de semana, além da correlação negativa entre horário de início do sono e a sua duração (Pearson, $r = -0,74$, $p < 0,05$), foi possível evidenciar uma tendência de correlação positiva entre o horário de início do sono e o horário de acordar, ou seja, os indivíduos com horários mais tardios de início do sono apresentaram também horários mais tardios de acordar (Pearson, $r = 0,65$, $p < 0,05$).

Para os dados provenientes do grupo de adultos jovens, foram demonstradas as seguintes correlações e tendências: correlação negativa entre o horário de início do sono e a sua duração durante a semana (Pearson, $r = 0,8$, $p < 0,05$), tendência de correlação positiva entre o horário de início do sono e o horário de acordar (Pearson, $r = 0,61$, $p < 0,05$). Com relação ao final de semana, houve correlação positiva entre o

horário de início do sono e o horário de final do sono (Pearson, $r=0,80$, $p<0,05$) e entre o acordar e a duração do sono (Pearson, $r=0,78$, $p<0,05$), ou seja, os indivíduos que iniciaram o sono mais tardiamente apresentaram também horários de acordar mais tardios, enquanto que os voluntários que acordaram mais tarde tiveram uma maior duração do sono.

Adicionalmente, dos dados provenientes dos diários de sono dos sujeitos de ambos os grupo estudados obtivemos a variável meio da fase de sono (MFS). A média da diferença da MFS entre finais de semana e dias da semana, para o grupo de adultos aposentados, foi de 16 ± 44 minutos, enquanto para o grupo de adultos jovens esta diferença atingiu, na média, 118 ± 90 minutos. Da análise de variância da MFS dos diferentes grupos entre dias de semana e finais de semana obtivemos diferença significativa para MFS dos finais de semana, para o grupo de jovens adultos, quando comparados aos dados de ambos os grupos durante a semana e aos finais de semana do grupo de adultos aposentados (ANOVA, $F(3,58) = 8.2805$, $p<0.05$).

3.2 Cronotipo

Todos os indivíduos selecionados para o presente estudo preencheram o questionário de cronotipo através de sua versão impressa ou através da sua versão disponibilizada na internet na página do nosso grupo de pesquisa (<http://www.each.usp.br/crono>). O resultado do questionário se dá através de um escore que varia entre 16 e 86 pontos, sendo que escores maiores estão associados a preferências mais matutinas nos comportamentos, enquanto escores mais baixos estão associados à vespertinidade. A média dos escores do grupo de adultos jovens foi de 44 ± 7 , sendo de 53 ± 9 para o grupo dos aposentados. Os dados de ambos os grupos foram submetidos ao teste t de Student, podendo ser evidenciada diferença estatisticamente significativa entre as distribuições dos dois grupos ($p<0,05$).

Figura 4 - Questionário de Cronotipo. Comparação entre os diferentes grupos estudados.

Diante do forte relacionamento entre o escore do questionário de cronotipo e os hábitos de sono, foram testadas correlações entre as variáveis obtidas a partir do diário de sono (horários de início e final do sono, duração do sono) e a pontuação do questionário para todos os sujeitos.

Para os indivíduos do grupo de aposentados, a pontuação do questionário apresentou correlação positiva com a duração do sono, ou seja, os mais matutinos apresentaram maior duração de sono, tanto durante a semana (Pearson, $r=0,72$, $p<0,05$), quanto nos finais de semana (Pearson, $r=0,73$, $p<0,05$). Ainda, foram encontradas correlações negativas entre a pontuação do questionário e início do sono durante a semana (Pearson, $r=-0,69$, $p<0,05$), e entre a pontuação do questionário e o horário de final do sono durante a semana (Pearson, $r=-0,76$, $p<0,05$) e nos finais de semana (Pearson, $r=-0,75$, $p<0,05$).

O mesmo conjunto de correlações testadas para o grupo dos aposentados foi testado para o grupo de adultos jovens. A associação negativa entre a pontuação ou escore do questionário de cronotipo e o horário de início do sono nos finais de semana foi significativa (Pearson, $r=-0,75$, $p<0,05$), ou seja, quanto mais vespertino – pontuação menor – início mais tardio de sono. Ainda, de forma similar, foi encontrada correlação negativa entre o escore do questionário de cronotipo e a

diferença na meia-fase do sono entre dias de semana e final de semana (MFS), (Pearson, $r=0,65$, $p<0,05$).

3.3 Qualidade de sono

Da aplicação Índice de qualidade de sono de Pittsburgh (IQSP) obtivemos a média e variância dos dois grupos de voluntários estudados. O grupo de aposentados obteve uma média de $6,00 \pm 2,95$ pontos, enquanto que a média para o grupo de jovens adultos foi de $4,64 \pm 1,54$ pontos. A figura 03, abaixo, explicita a ausência de diferença estatisticamente significativa entre a pontuação dos grupos (teste t Student, $p=0,13$). Não foram encontradas correlações significativas entre a pontuação do IQSP e o escore do questionário de cronotipo. Com relação às variáveis do ciclo vigília-sono, para o grupo de adultos aposentados, foram encontradas correlações negativas entre o resultado do IQSP e a duração de sono nos dias de semana (Pearson, $r=-0,64$, $p<0,05$) e nos finais de semana (Pearson, $r=-0,56$, $p=0,05$), ou seja, quanto maior a duração do sono, menor a queixa de distúrbios do sono. Ainda, houve tendência de correlação positiva entre a magnitude da diferença na meia fase do sono entre dias de semana e final de semana e o escore do IQSP para o grupo de adultos jovens (Pearson, $r=0,42$, $p=0,07$).

Figura 5 - Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh. Médias e respectivos desvios para os grupos estudados.

3.4 Qualidade de Vida

A qualidade geral de vida foi avaliada através da aplicação do questionário WHOQOL abreviado, conforme previamente descrito neste texto. Ele é composto por uma série de questões relacionadas ao cotidiano dos voluntários que são agrupadas em quatro domínios independentes, especificamente: (1) físico, com foco na dor, sono e mobilidade; (2) psicológico, com foco nos pensamentos negativos, autoestima e crenças; (3) relações sociais, envolvendo relacionamentos e suporte; (4) ambiental, com questões acerca de transporte, moradia, serviços e desenvolvimento. Todos os voluntários responderam ao questionário e os resultados, divididos por domínios, estão dispostos nas figuras e tabela abaixo dispostas, bem como a comparação entre os grupos de diferentes faixas etárias, adultos jovens e aposentados.

Figura 6 - Questionário WHOQOL-BREF para o grupo de aposentados.

Figura 7 - Questionário WHOQOL-BREF para o grupo de Adultos Jovens.

Quadro 2 - Análise dos domínios do WHOQOL-BREF por grupos e por variável (domínio).

Domínio	Adultos Jovens	Aposentados	Valor de p
	Média ± dp	Média ± dp	Teste T Student
Participantes (n)	19	21	
Físico	77,67±11,53	74,04±7,43	0,34
Psicológico	82,14±10,27	75,03±7,70	0,12
Relações Sociais	74,16±13,02	69,28±11,86	0,22
Ambiental	77,85±15,47	75,35±13,15	0,58

Além da busca pela descrição dos índices de qualidade de vida para ambos os grupos e pela determinação das diferenças entre adultos aposentados e jovens, buscamos identificar possíveis correlações entre as diferentes dimensões do WHOQOL-BREF, a pontuação do IQSP e as variáveis obtidas através do diário de sono. Obtivemos, como resultado, nenhum sinal de associação entre todas as variáveis descritas acima.

3.5 Ritmo de temperatura do punho

As séries temporais de temperatura do punho foram construídas com base nos dados obtidos através do actímetro com termistor. Todos os voluntários foram instruídos a utilizar o aparelho pela duração total do experimento de estimativa de tempo, ou seja, durante 11 dias.

O sucesso na obtenção destes dados é dependente de dois fatores distintos, mas igualmente sujeitos à intercorrências: possíveis falhas no instrumento de coleta e uso inapropriado pelo voluntário. Do total de indivíduos estudados até o presente momento e já computado o número de falhas completas no instrumento de coleta (*actímetro e computador de mão*) obtivemos 21 (vinte e um) sujeitos para o grupo de adultos aposentados e 19 (dezenove) para o grupo de adultos jovens. Quanto ao fator “uso inapropriado pelo voluntário”, consideramos aptas para as análises todas as séries temporais que apresentaram ao menos 8 (oito) dias completos de coleta de dados, totalizando 11520 pontos com intervalo de 1 (um) minuto. Arbitrariamente, foram consideradas aceitáveis “janelas” nas séries temporais com ausência de dados de até 2 (duas) horas, desde que seja atingido o valor total de 11520 pontos

válidos. Diante dos critérios adotados, 19 (dezenove) indivíduos do grupo de adultos aposentados apresentaram para análise séries temporais de temperatura do punho, enquanto este número foi de 16 (dezesesseis) para o grupo de adultos jovens.

Após a etapa de preparação dos dados estes foram dispostos em termogramas para visualização dos dados brutos. Tal representação é padrão na área da cronobiologia e um exemplo de um dos voluntários do grupo de adultos aposentados está disposto na figura 8.

Figura 8 - Termograma dos dados provenientes do voluntário CVFI.

Cada linha representa 01 dia de dados. Os tons claros indicam temperatura mais baixa, enquanto os mais escuros indicam temperaturas altas.

O segundo passo foi a análise de dados baseada no método Cosinor, especificamente o ajuste de uma curva coseno com período de 1440 minutos aos dados brutos, para determinação dos parâmetros rítmicos. Todas as séries temporais dos 35 (trinta e cinco) indivíduos estudados apresentaram ajuste significativo ao período de 24 horas, possibilitando a determinação de amplitude, mesor e acrofase do ritmo de temperatura do punho. A média dos valores de amplitude do ritmo de temperatura do punho para o grupo de adultos jovens foi de $1,25 \pm 0,58$ °C; a média do mesor foi de $31,03 \pm 0,77$ °C e a média da acrofase foi de $04h$ e 07 min ± 122 min. Já para o grupo de adultos aposentados, a média dos valores de amplitude do ritmo de temperatura do punho foi de $1,51 \pm 0,69$ °C; a

média do mesor foi de $29,75 \pm 0,93$ °C e a média da acrofase foi de 02h e 28 min $\pm$ 66 min. O quadro abaixo contém os resultados da aplicação do teste *t* de Student para comparação das variáveis rítmicas entre os dois grupos etários estudados.

Quadro 3 - Análise estatística dos parâmetros rítmicos provenientes da análise pelo Método Cosinor.

Parâmetro Rítmico	Adultos Jovens Média $\pm$ dp	Aposentados Média $\pm$ dp	Teste T Student
Participantes	16	19	
Mesor	$31,03 \pm 0,77$ °C	$29,75 \pm 0,93$ °C	0,171
Amplitude	$1,25 \pm 0,58$ °C	$1,51 \pm 0,69$ °C	0,134
Acrofase	04 h 07 min $\pm$ 122 min	02h 28 min $\pm$ 66 min	0,005

O teste de Rayleigh é usado para verificar se uma população está distribuída uniformemente em torno da circunferência ou se existe uma direção preferida na distribuição de um conjunto de dados. Da sua aplicação foi possível evidenciar um padrão na ocorrência das acrofases de acordo com o grupo estudado. Através do teste de estatística circular de Watson-Williams pudemos comprovar que há diferença estatisticamente significativa nos agrupamentos de acrofase para a variável estudada entre os grupos de diferentes faixas etárias (Watson-Williams, $F=6,91$, $p<0,05$).

Figura 9 - Teste de Rayleigh para alocação de acrofases do ritmo de temperatura do punho dos dois grupos estudados.

Padrão de alocação das acrofases estatisticamente significativo para ambos os grupos ($p<0,05$) Grupo de adultos aposentados (à esquerda, $r=0,96$); grupo de adultos jovens (à direita, $r=0,88$).

Ainda, testamos a associação entre os parâmetros rítmicos acima descritos e a pontuação do questionário de cronotipo dos respectivos voluntários, obtendo como resultado, para o grupo de adultos aposentados, a correlação negativa estatisticamente significativa entre a acrofase do ritmo de temperatura do punho e o questionário de cronotipo ou matutinidad-vespertinidade (Pearson, $r=-0,60$, $p<0,05$), conforme evidenciada na figura 10. Não foram encontradas associações entre o cronotipo e as demais variáveis rítmicas para o grupo dos aposentados, bem como entre todas as variáveis e o escore do questionário de cronotipo para o grupo de adultos jovens.

Figura 10 - Teste de Correlação de Pearson para a associação entre o escore do questionário de cronotipo e a acrofase do ritmo de temperatura do punho para o grupo de adultos aposentados.

Outra importante variável explorada a partir dos dados de temperatura do punho é a potência do componente de 24 horas. Para tanto, utilizamos o periodograma de Lomb-Scargle, conforme descrito na sessão Materiais e Métodos. A média da potência do espectro de 24 horas da série temporal de temperatura do punho, para o grupo dos adultos aposentados foi de $1633,40 \pm 1089,71$, enquanto para o grupo de adultos jovens foi de $957,13 \pm 668,96$. Diante do fato da distribuição dos dados do grupo de adultos jovens não possuir distribuição normal (teste de

Shapiro-Wilk, $p=0,01$), a comparação entre os grupos de diferentes faixas etárias foi realizada através do teste de Mann-Whitney, não sendo encontrada diferença estatisticamente significativa ($U=105,500$, $p=0,12$). A figura 11 expõe esta comparação entre os grupos.

Figura 11 - Ritmo de temperatura do punho: comparação entre os grupos estudados quanto ao dado de potência do componente de 24 horas.

Dados obtidos pela análise espectral através do algoritmo de Lomb-Scargle.

3.6 Ritmo de atividade/repouso

Tendo como base a mesma fonte de dados do ritmo de temperatura periférica, as séries temporais de atividade/repouso foram submetidas aos mesmos testes aplicados aos dados de temperatura, ou seja, a detecção das frequências presentes na série, em especial na faixa das oscilações circadianas, e a determinação dos parâmetros rítmicos estimados através do método de ajuste de curvas coseno, o método Cosinor, implementado via software El Temps (Diez-Noguera, 1999). O foco desta etapa de análises é, primeiramente, comparar os parâmetros rítmicos entre os diferentes grupos etários e, posteriormente, estudar a relação de fase entre o ritmo de atividade/repouso e temperatura do punho de ambos os grupos.

Todos os indivíduos de ambos os grupos apresentaram ritmicidade circadiana significativa para os dados de atividade/repouso, conforme evidenciado através da análise de detecção de períodos significativos pelo periodograma de Lomb-Scargle. De forma similar aos resultados obtidos para o ritmo de temperatura do punho, diante do fato da distribuição dos dados do grupo de adultos jovens não possuir distribuição normal (teste de Shapiro-Wilk, $p=0,04$), a comparação entre os grupos de diferentes faixas etárias foi realizada através do teste de Mann-Whitney, não sendo encontrada diferença estatisticamente significativa para a potência do espectro de 24 horas ($U=99,00$, $p=0,28$). Através da aplicação do método Cosinor, ou seja, do ajuste de curva cosseno aos dados de atividade/repouso, foram obtidos os parâmetros rítmicos da variável, especificamente o mesor, a amplitude e a acrofase. Da comparação entre os grupos, sendo utilizado o teste t de Student para cada variável, não foram encontradas diferenças significativas, conforme explicitado no quadro 4.

Quadro 4 - Análise estatística dos parâmetros rítmicos das séries de dados de atividade/repouso provenientes da análise pelo Método Cosinor.

Parâmetro Rítmico	Adultos Jovens Média ± dp	Aposentados Média ± dp	Valor de p Teste T Student
Participantes	16	19	
Mesor	79,12 ± 11,24	81,25 ± 16,27	0,340
Amplitude	52,51 ± 12,00	56,21 ± 15,46	0,234
Acrofase	15h 49 min ± 50 min	15 h 06 min ± 96 min	0,424

O teste de Rayleigh é usado para verificar se uma população está distribuída uniformemente em torno da circunferência ou se existe uma direção preferida na distribuição de um conjunto de dados. Da sua aplicação foi possível evidenciar um padrão na ocorrência das acrofases de acordo com o grupo estudado. Através do teste de estatística circular de Watson-Williams pudemos comprovar que não há diferença nos agrupamentos de acrofase para a variável estudada entre os grupos de diferentes faixas etárias (Watson-Williams, $F=0,01$, $p=0,91$).

Figura 12 - Teste de Rayleigh para alocação de acrofases do ritmo de atividade/repouso para os dois grupos estudados.

Padrão de alocação das acrofases estatisticamente significativo para ambos os grupos ($p < 0,05$) Grupo de adultos aposentados (à esquerda, $r = 0,96$); grupo de adultos jovens (à direita, $r = 0,91$).

O próximo passo foi estudar a relação de fase entre os ritmos de temperatura do punho e atividade/repouso. A média do ângulo de fase entre os ritmos foi de 763 minutos ($dp = 63\text{min}$) para o grupo de adultos aposentados e de 658 minutos ($dp = 131\text{min}$) para o grupo de adultos jovens. Da aplicação do teste T de *Student* foi possível comprovar a diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

Ademais, com posse das variáveis rítmicas de temperatura do punho e atividade/repouso, procedemos aos estudos das possíveis associações entre amplitude rítmica, densidade da potência espectral e ângulo de fase para ambos os grupos estudados. Com relação ao grupo dos adultos aposentados, foram encontradas as seguintes correlações, baseadas no teste de correlação de Pearson: correlação negativa entre amplitude do ritmo de temperatura e o ângulo de fase entre os ritmos ($r = -0,64$, $p < 0,05$); correlação positiva entre potência do espectro e amplitude do ritmo de temperatura ($r = 0,63$, $p < 0,05$) e correlação negativa entre o ângulo de fase e a potência do espectro do ritmo de temperatura ($r = -0,67$, $p < 0,05$). Já para o grupo de adultos jovens, foi encontrada correlação positiva entre a amplitude do ritmo de temperatura e o ângulo de fase entre os ritmos de temperatura do punho e atividade/repouso ($r = 0,58$, $p < 0,05$) e tendência de correlação positiva entre a amplitude do ritmo de atividade/repouso e a potência de espectro do ritmo de atividade/repouso ($r = 0,49$, $p = 0,07$).

Finalmente, buscamos as associações entre as seguintes variáveis: parâmetros rítmicos das séries temporais de atividade/repouso e temperatura do

punho, relação de fase (ângulo de fase) entre acrofases de atividade/repouso e temperatura, escores dos questionários aplicados (HO, IQSP, WHOQOL-BREF) e as variáveis do ciclo vigília/sono. Para o grupo de adultos jovens foi possível evidenciar correlação positiva entre o escore do IQSP e o ângulo de fase entre as acrofases da temperatura do punho e atividade/repouso (Pearson, $r=0,48$, $p<0,05$), correlação negativa entre a pontuação do questionário H.O. e o ângulo de fase entre as acrofases da temperatura do punho e atividade/repouso (Pearson, $r=-0,49$, $p<0,05$) e tendência de correlação positiva entre a diferença na meia-fase de sono entre dias da semana e final de semana (MFS) e a amplitude do ritmo de temperatura do punho (Pearson, $r=0,38$, $p=0,07$). Em contrapartida, nenhuma associação entre as variáveis estudadas foi evidenciada para o grupo de adultos aposentados.

3.7 Comportamento de estimativa de tempo

Do total de indivíduos estudados até o presente momento e já computado o número de falhas completas no instrumento de coleta (actímetro e computador de mão), obtivemos 21 (vinte e um) sujeitos para o grupo de adultos aposentados e 19 (dezenove) para o grupo de adultos jovens. Diante da necessidade de pareamento entre os dados de estimativa de tempo e temperatura do punho com a finalidade de determinar a sua relação de fase, optamos por analisar os dados dos sujeitos que preencheram ambos os requisitos, ou seja, que apresentaram séries temporais válidas de temperatura do punho e que responderam ao teste de estimativa de tempo, resultando em 19 (dezenove) indivíduos do grupo de adultos aposentados e 16 (dezesesseis) para o grupo de adultos jovens.

Da reprodução seriada do experimento de estimativa de tempo, precisamente a produção do intervalo de 10 segundos, realizada 10 vezes por sessão, sendo solicitado 05 vezes ao dia por 11 dias, obtivemos uma média de $44,30 \pm 10,64$ sessões de coleta de dados por sujeito para o grupo de adultos aposentados e de $38,42 \pm 7,13$ para o grupo de adultos jovens.

Da média dos valores de produção de intervalo de tempo para cada sessão, já eliminados os valores extremos, inferior e superior, obtivemos a variável Coeficiente de Variação (CV). Tal variável corresponde à razão entre o desvio padrão da distribuição dos intervalos de tempo produzidos e a respectiva média

multiplicada por 100. Adicionalmente, da razão entre a média dos intervalos produzidos por sessão (tempo subjetivo) e o intervalo originalmente proposto (tempo objetivo, 10 segundos), emergiu outra variável, o Erro Direcional (ED). Para esta variável, valores maiores que 1.0 indicam produção de intervalos maiores que 10 segundos, enquanto valores menores que 1.0 indicam a produção de intervalos menores que 10 segundos. Ambas as variáveis (CV e ED) foram inicialmente descritas por Espinosa-Fernandez et al. (2003) e serviram como base para a comparação do desempenho na produção de intervalo de tempo entre os grupos.

Totalizamos 771 sessões de produção de intervalo de tempo para o grupo de adultos aposentados e 584 para o grupo de adultos jovens. O quadro abaixo apresenta média e desvio padrão das variáveis CV e ED por grupo. Da aplicação do teste *t* de Student obtivemos diferença estatisticamente significativa para ambas as variáveis, sendo que o grupo dos adultos jovens apresentou maior coeficiente de variação e o comportamento de cada um dos grupos foi distinto quanto ao erro direcional.

Quadro 5 - Coeficiente de variação e erro direcional dos dois grupos estudados.

Variável	Adultos Jovens	Aposentados	Valor de p Student <i>t</i>
	Média ± dp	Média ± dp	
Sessões (n)	584	771	
Coeficiente de variação	17,59 ± 10,02%	16,01 ± 5,3%	p<0,05
Erro direcional	1,16 ± 0,49	0,88 ± 0,61	p<0,05

Com a finalidade de obter um primeiro olhar acerca da dinâmica temporal das produções de intervalo do tempo, em especial o possível caráter circadiano de oscilação, os dados brutos de produção de intervalo de tempo foram, inicialmente, dispostos em cronogramas, conforme pode ser evidenciado no exemplo da figura 12. Diante da sugestão da presença de não-estacionariedade nas séries de alguns sujeitos (exemplo exposto na figura 13), todas as séries temporais de produção de intervalo de tempo foram submetidas à regressão linear em função da execução das sessões de testes, com a finalidade de determinar a estacionariedade das séries, fator primordial para a determinação das alternativas estatísticas a serem aplicadas.

Figura 13 - Dados brutos de estimativa de tempo do voluntário NCFI, pertencente ao grupo de adultos aposentados.

Média dos intervalos de tempo produzidos por fase (superior). Respetivos desvios-padrão das sessões de produção de intervalo de tempo (inferior).

Figura 14 - Regressão linear entre as médias de intervalo de tempo produzido e as sessões de coleta de dados do sujeito RBMI, do grupo de adultos aposentados.

O valor de F não é significativo (1,98, com $p=0,163$). Portanto, os intervalos de tempo produzidos não têm sua duração aumentada conforme as sessões são executadas.

Muito embora houvesse indicação, ou melhor, tendência de não-estacionariedade em algumas das séries temporais de sujeitos de ambos os grupos, a análise da totalidade das sessões por grupo evidenciou estacionariedade na análise longitudinal do comportamento de produção de intervalo de tempo, conforme o exposto nas figuras 15 e 16.

Figura 15 - Dispersão das médias das produções de intervalo de tempo para o grupo de adultos aposentados.

Figura 16 - Dispersão das médias da produção de intervalo de tempo para o grupo de adultos jovens.

O próximo passo da análise dos dados de produção de intervalo de tempo foi o teste para determinação de períodos significativos, conforme algoritmo exposto na figura 3. Foram organizadas, por sujeito, duas séries temporais distintas para fins de análise: (1) uma série onde cada ponto equivale à média da produção de intervalo

de tempo por sessão; (2) uma série onde cada ponto equivale ao desvio-padrão da produção de intervalo de tempo por sessão (exemplo na figura 10). Considerando as particularidades das séries temporais extraídas das sessões de teste de cada sujeito, ou seja, séries de aproximadamente 11 dias, com testes realizados a intervalos irregulares, apresentando amplas “janelas” de ausência de dados, iniciamos a exploração dos dados no domínio da frequência, através do Periodograma de Lomb-Scargle (LOMB, 1976; SCARGLE, 1982), testando a presença de períodos significativos entre 500 e 1680 minutos. Posteriormente, procedemos ao ajustamento de curvas com período conhecido aos dados. Para tanto, utilizamos uma implementação do Método de Cosinor através da plataforma EITemps. Foram testados os ajustamentos de curvas com períodos da ordem dos circadianos, ou seja, entre 20 e 28 horas.

Não foram encontrados períodos significativos (Lomb-Scargle) ou ajuste de curva circadiana (Cosinor) na análise das séries temporais de médias e de desvios-padrão de produção de intervalo de tempo de todos os sujeitos estudados, independente do grupo.

Embora não tenhamos conseguido demonstrar ritmicidade circadiana nas variáveis estudadas, optamos por agrupar os dados em três grupos distintos de acordo com a fase do dia. A fase da manhã é composta pelas séries de dados coletados desde o despertar até 5 horas e 59 minutos após o despertar. A fase da tarde compreende o intervalo entre 6 horas após o despertar e 17 horas e 59 minutos de vigília. A fase da noite representa as séries de coleta de dados coletadas no intervalo entre 18 horas após o despertar e o início do sono. Portanto, primeiramente, foram realizadas análises de variância para os dados de cada sujeito e, posteriormente, a análise de variância para cada grupo, esta última utilizando as variáveis ED e CV, próprias para a comparação intersujeitos.

Quadro 6 - Disposição das sessões de coleta de dados de estimativa de tempo ao longo das fases do dia.

Fases do dia		
Manhã	Tarde	Noite
despertar – 5 h e 59 min	6 h – 11 h e 59 min	12 h – início do sono

O gráfico abaixo (figura 16) ajuda a demonstrar a existência de diferença entre as três fases do dia nos desvios-padrão dos intervalos de tempo produzidos para o sujeito JBFJ, pertencente ao grupo de adultos jovens. Diante da ausência de normalidade na distribuição dos valores da série temporal (D'Agostino, $p < 0,05$), a comparação entre as 3 fases foi realizada através do teste ANOVA de Friedman e o coeficiente de concordância de Kendall. Desta análise obtivemos, para o sujeito em questão, diferença estatisticamente significativa entre a dispersão dos desvios-padrão entre a manhã e a noite, sendo que os menores valores foram expressos na fase da manhã (Friedman ANOVA, $(Fr)=15.91$, $gl=2$, $p < 0.05$).

Figura 17 - ANOVA de Friedman para comparação da dispersão dos desvios-padrão das sessões de produção de intervalo de tempo realizadas em diferentes as fases do dia para o voluntário JBFJ do grupo de adultos jovens.

Das 771 sessões válidas para o grupo de adultos aposentados, 293 (38%) foram realizadas na manhã, 260 (33,72%) durante a tarde e 218 (28,27%) foram realizadas na fase da noite. Para o grupo de adultos jovens, do total de 584 sessões, 199 (34,07%) foram realizadas na manhã, 174 (29,79%) durante a tarde e 211 (36,13%) foram realizadas na fase da noite. Procedemos, então, ao cálculo do

coeficiente de variação (CV) e do erro direcional (ED) nas três diferentes fases do dia.

Da análise de variância para o coeficiente de variação da produção de intervalo de tempo entre as diferentes fases do dia, obtivemos, para o grupo de adultos aposentados, diferença estatisticamente significativa entre manhã e tarde (ANOVA e Tukey's Post Hoc Test, $F(3,37)$, $p < 0.05$), conforme explicitado na figura abaixo (figura 18).

Figura 18 - Comparação do coeficiente de variação entre as diferentes fases. Grupo de adultos aposentados.

Figura 19 - Comparação do coeficiente de variação entre as diferentes fases. Grupo de adultos jovens.

Quanto aos dados de CV provenientes das sessões de produção de intervalo de tempo do grupo de adultos jovens, a análise de variância revelou diferença estatisticamente significativa entre as fases da tarde e noite (ANOVA e Tukey's Post Hoc Test, $F(3,01)$, $p < 0,05$) (Figura 19).

O próximo passo foi analisar o erro direcional (ED) em função da fase do dia e do grupo etário. Para tanto, seguimos o mesmo procedimento utilizado para o CV, ou seja, a análise de variância seguida do teste de Post Hoc de Tukey. O quadro abaixo (quadro 8) sumariza os resultados obtidos tanto para CV quanto para ED, bem como a diferença entre os grupos etários. Especificamente quanto ao ED, foram encontradas diferenças significativas entre as fases da manhã e da tarde (ANOVA e Tukey's Post Hoc Test, $p < 0,05$) e entre a tarde e a noite (ANOVA e Tukey's Post Hoc Test, $p < 0,05$) para o grupo de adultos aposentados, não sendo encontradas diferenças significativas entre as fases para o grupo de adultos jovens.

Quadro 7 - Coeficiente de variação e erro direcional por grupo e fase do dia.

Coeficiente de variação (%)			
	Manhã (Média ± dp)	Tarde (Média ± dp)	Noite (Média ± dp)
Adultos jovens	19,17 ± 7,88	19,73 ± 9,86	17,25 ± 5,28
Aposentados	14,87 ± 5,84	16,85 ± 9,06	16,12 ± 8,43
Erro direcional			
Adultos jovens	1,14 ± 0,41	1,17 ± 0,49	1,16 ± 0,53
Aposentados	0,91 ± 0,29	0,86 ± 0,27	0,94 ± 0,38

Ainda, procedemos à determinação do grau de associação entre as variáveis CV e o ritmo circadiano da temperatura periférica. O passo final da sequência de análises foi testar a associação entre a temperatura periférica e o intervalo médio de tempo produzido por sessão.

Apenas para retomar os dados da variável temperatura periférica, as figuras abaixo ilustram os perfis diários da sua oscilação (Figura 20 e 21).

Figura 20 - Forma de onda do ritmo de temperatura do punho do indivíduo AMMI, do grupo de adultos aposentados.

Gráfico em plot duplo. A área hachurada indica a fase de vigília. A linha horizontal indica a mediana. A dispersão dos dados indica o seu erro padrão de todos os dias da série.

Figura 21 - Forma de onda do ritmo de temperatura do punho do indivíduo VCFJ, do grupo de adultos jovens.

Gráfico em plot duplo. A área hachurada indica a fase média de vigília. A linha horizontal indica a mediana. A dispersão dos dados indica o seu erro padrão de todos os dias da série.

Para efeito de análise, calculamos a razão entre o intervalo de tempo produzido e a média diária do intervalo de tempo por sujeito. Ainda, calculamos, para cada ocorrência de produção de intervalo de tempo, a média da temperatura do punho compreendendo o intervalo desde 30 minutos antes do teste até 30 minutos depois dele. Assim, com posse destas médias de temperatura do punho por ocorrência de teste, procedemos ao cálculo da razão entre a respectiva temperatura por teste e a média da temperatura diária, por sujeito. Todo este procedimento teve como objetivo a busca por associação entre as variáveis: intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Buscávamos, portanto, determinar se o aumento ou a diminuição da temperatura (com relação à sua média diária) apresenta associação com o aumento ou a diminuição da média de intervalos de tempo produzidos por fase de teste.

As figuras 22 e 23 ilustram a relação entre temperatura do punho e intervalo de tempo produzido para ambos os grupos estudados, aposentados e adultos jovens, especificamente. Através do teste de correlação de correlação de Pearson foi possível evidenciar associação significativa entre as variáveis estudadas para o grupo de adultos aposentados (Pearson, $r=0,16$, $p<0,05$). Nenhuma associação foi encontrada para os dados provenientes do grupo de adultos jovens.

Figura 22 - Associação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos aposentados.

Correlação entre intervalo de tempo produzido (média de cada sessão/média diária) e temperatura do punho (média durante a sessão/média diária) para o grupo de adultos aposentados. O gráfico engloba todas as sessões de teste realizadas pelos voluntários do respectivo grupo.

Com relação às possíveis associações entre o coeficiente de variação (CV) e o ritmo de temperatura do punho, não foi possível evidenciar correlação estatisticamente significativa para ambos os grupos, adultos jovens (Pearson, $r=0,07$, $p=0,15$) e aposentados (Pearson, $r=-0,09$, $p=0,49$).

Figura 23 - Associação entre intervalos de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos jovens.

Correlação entre intervalo de tempo produzido (média de cada sessão/média diária) e temperatura do punho (média durante a sessão/média diária) para o grupo de adultos jovens. O gráfico engloba todas as sessões de teste realizadas pelos voluntários do respectivo grupo.

Finalmente, com a finalidade de padronizar o número de pontos com que cada voluntário contribui para o estudo da associação entre o intervalo de tempo produzido e o ritmo de temperatura, selecionamos, para cada sujeito e por dia, a média da produção de intervalo de tempo por fase do dia (manhã, tarde e noite) e a média da temperatura do punho para as respectivas fases. Portanto, nesta nova sequência de análises, cada indivíduo contribuiu com 30 pontos, sendo 3 pontos por dia por um total de 10 dias. As figuras 24 e 25 demonstram as associações encontradas para cada sujeito, bem como as médias para cada grupo estudado.

Figura 24 - Correlação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos aposentados.

Cada sujeito está representado por uma reta. Cada ponto representa a razão entre a média da produção de intervalo de tempo por fase do dia (manhã, tarde e noite) e a média de cada dia. Cada voluntário contribuiu com 30 pontos, sendo 3 pontos diários.

Figura 25 - Correlação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Adultos jovens.

Grupo de adultos jovens. Correlação entre intervalo de tempo produzido e temperatura do punho. Cada sujeito está representado por uma reta. Cada ponto representa a razão entre a média da produção de intervalo de tempo por fase do dia (manhã, tarde e noite) e a média de cada dia. Cada voluntário contribuiu com 30 pontos, sendo 3 pontos diários.

4 DISCUSSÃO

4.1 *Ciclo vigília/sono, cronotipo e qualidade do sono*

A existência e estabilidade dos ritmos circadianos de alta amplitude e com adequada relação de fase com relação aos outros processos biológicos e com o ambiente externo é tida como fundamental para o funcionamento orquestrado de todo o sistema biológico. Neste sentido, alterações dependentes do envelhecimento do sistema de temporização circadiano podem resultar em consequências adversas para o desempenho e qualidade de vida. Os distúrbios do sono, por exemplo, que são frequentemente observados na população idosa, podem ser causados, ao menos em parte, por modificações no sistema de temporização (VAN SOMEREN, 2000).

Essas alterações relacionadas ao envelhecimento foram descritas tanto em humanos quanto em outros animais. As modificações mais pronunciadas envolvem a magnitude e o ajuste de fase dos ritmos, ou seja, redução na amplitude da oscilação e mudança na relação de fase entre os mais diferentes ritmos biológicos. Foram descritos ritmos circadianos muitas vezes atenuados em indivíduos idosos, bem como um prejuízo na habilidade de sincronização aos eventos ambientais periódicos e um avanço de fase característico. Especificamente quanto ao ciclo vigília/sono, a modificação mais evidente é o aumento da variabilidade interdiária (WEINERT et al., 2005).

Timothy Monk trouxe luz ao debate acerca das modificações na expressão de ritmos circadianos em função do envelhecimento em uma extensa revisão sobre o tema (MONK et al., 1995). De acordo com este autor são 4 as modificações da ritmicidade biológica frequentemente encontradas na população idosa: (1) a amplitude dos ritmos biológicos é reduzida, (2) a fase dos ritmos circadianos é adiantada, (3) o período endógeno (τ) encurta, (4) a habilidade em tolerar mudanças bruscas de fase (ex: Jet-lag ou trabalho noturno) é diminuída. Contudo, diante das inúmeras controvérsias encontradas na literatura, o autor conclui que exceto pelo avanço de fase e pela dificuldade em lidar com mudanças bruscas de fase, as evidências não são evidentes para afirmar a presença de redução de amplitude e de encurtamento do período endógeno.

Com relação ao ciclo vigília/sono, um detalhe importante foi a presença de diferença nos parâmetros do sono entre dias de semana e final de semana para o grupo de adultos jovens, o fenômeno conhecido como padrão de restrição/extensão, extensamente estudado na população adolescente. De acordo com Carskadon et al. (1980) e Louzada e Menna-Barreto (2003) este padrão decorre das interações entre o desenvolvimento puberal e o contexto social onde os adolescentes estão dispostos e reflete um estado de privação crônica de sono, trazendo riscos à saúde e ao desempenho cognitivo. Há, portanto, uma tendência natural de atraso de fase do ciclo vigília/sono na adolescência. Embora intensamente estudado em adolescentes, as modificações no ciclo vigília/sono em jovens adultos, em especial nos indivíduos enfrentando os primeiros anos do ensino superior – caso específico da nossa amostra – não receberam a mesma atenção da comunidade acadêmica. Lund et al. (2010) estudaram indivíduos recém chegados à casa dos 20 anos e cursando ensino superior. O objetivo dos autores era determinar a prevalência de distúrbios de sono e caracterizar a existência, ou melhor, a permanência do padrão de restrição/extensão do sono nesta população. Obtiveram como resultado o expressivo valor de 60% de indivíduos com baixa qualidade de sono em uma amostra de mais de 1000 indivíduos. Ademais, identificaram a manutenção do padrão de restrição/extensão do sono e a associação deste com elevados índices de fadiga e depressão. Este resultado corrobora o achado de Almondes e Araújo (2003) que correlacionaram o padrão de sono de estudantes de medicina e ansiedade. Nesta mesma linha de estudos, Wittmann et al. (2006) e Roenneberg et al. (2012) cunharam o termo “*Jet-lag* social” para descrever este mesmo fenômeno anteriormente estudado, uma vez que as modificações nos horários de início e final do sono, principalmente entre o domingo e a segunda-feira, teriam como paralelo a síndrome de dessincronização dos ritmos biológicos experimentada por indivíduos em viagem transmeridional. Os autores descreveram uma associação mais significativa entre o grau do *Jet-lag* social, representado pelo número de horas de diferença entre a meia-fase do sono nos finais de semana e nos dias semana, e marcadores de depressão, bem-estar, tabagismo e prevalência de obesidade.

A qualidade do sono, avaliada no nosso estudo através da aplicação do Índice de qualidade de sono de Pittsburgh (IQSP), não revelou diferença entre os grupos estudados. O trabalho original de Buysse et al. (1989) descreve como limite arbitrário para a presença de baixa qualidade de sono o valor de 5 pontos no IQSP.

Considerando as limitações de tamanho das amostras no presente estudo e pelo fato de não haver diferença entre os grupos, podemos dizer que ambas as amostras estão limítrofes quanto à qualidade do sono. O resultado para o grupo de adultos aposentados encontra-se em acordo com o disposto por Spira et al. (2012) e o resultado para o grupo dos adultos jovens aponta para a presença de baixa qualidade do sono em uma parcela significativa da amostra, em conformidade com o exposto por Lund et al. (2010), que evidenciaram que apenas 34,1% dos estudantes de ensino superior apresentavam boa qualidade de sono utilizando o mesmo instrumento, ou seja, o IQSP. Ademais, alguns pesquisadores têm abordado a associação entre a percepção subjetiva de sono, os escores do Índice de Qualidade de Sono de Pittsburgh e o caráter de matutuidade/vespertuidade de adultos jovens, demonstrando que jovens apresentam menor estabilidade na duração e alocação do sono entre dias de semana e finais de semana e que tal estabilidade tem relação direta com a percepção da qualidade de sono relatada pelos voluntários, em especial para vespertinos (MARTIN et al., 2012; SOEHNER; KENNEDY; MONK, 2011). Neste sentido, observamos uma correlação negativa entre a pontuação do questionário de cronotipo (matutuidade/vespertuidade) e a diferença na meia-fase de sono entre dias de semana e final de semana (MFS), para a nossa amostra de indivíduos jovens. Ainda, reforçando este achado e em sintonia com os resultados dos autores supracitados, encontramos uma tendência de associação positiva entre o escore do IQSP e a diferença na meia-fase de sono entre dias de semana e final de semana no grupo de adultos jovens, fato que já havia sido apontado por Wittmann et al. (2006) ao demonstrarem correlação entre qualidade de sono, cronotipo e diferença na MFS para indivíduos jovens.

Particularmente quanto ao cronotipo, demonstramos que nossas amostras apresentam diferenças significativas, ou seja, o grupo de adultos jovens apresenta uma maior tendência à matutuidade, enquanto o grupo de adultos aposentados é caracterizado pela prevalência de matutuidade. Tal resultado encontra paralelo na literatura, indicando uma forte associação entre envelhecimento e a expressão do cronotipo (DUFFY; CZEISLER, 2002; ROENNEBERG et al., 2007).

4.2 Ritmos de temperatura do punho e atividade/repouso

A redução da amplitude do ritmo circadiano da temperatura no envelhecimento foi descrita tanto em roedores (HALBERG et al., 1981) quanto em humanos (CZEISLER et al., 1992). Em contrapartida, Satinoff (1998) afirmou não encontrar evidências claras de redução na amplitude do ritmo em todos roedores idosos por ele estudados e argumentou que este achado pode refletir não apenas diferenças interindividuais, mas também diferenças na idade fisiológica dos animais. Weinert e Waterhouse (2007) também não encontraram redução da amplitude do ritmo de temperatura em camundongos idosos, até mesmo quando os respectivos animais apresentavam ausência ou diminuição da magnitude de variação do ritmo de atividade/repouso. Ademais, Monk et al. (1995) e Carrier et al. (2002) observaram o mesmo fenômeno em idosos humanos. Gubin et al. (2006) argumentam, ainda, que a ausência de consenso sobre o tema pode estar relacionada ao conjunto de diferenças interindividuais de estilo de vida dos idosos. A hipótese destes autores era que a fase do ritmo de temperatura seria altamente influenciada pelo estilo de vida de cada sujeito (esporte, alimentação, convívio social) e que ao considerar a ritmicidade biológica de um grupo de indivíduos estas diferenças de fase resultariam em uma redução da amplitude da temperatura. Eles propuseram, então, um ajuste de fase para os dados de todo o grupo, resultando na observação da preservação da amplitude do ritmo de temperatura nos mesmos níveis do grupo controle de adultos jovens.

Em conformidade com o exposto pelos autores supracitados, nós encontramos uma diferença de fase significativa do ritmo de temperatura periférica entre os grupos estudados. Especificamente, foi evidenciado um avanço de fase do ritmo de temperatura do punho para o grupo de adultos aposentados. Ainda, não encontramos uma diferença significativa entre os grupos acerca da amplitude da curva ajustada dos dados de temperatura periférica, um resultado que confronta a noção geral, embora não consensual, da perda da amplitude do ritmo de temperatura em indivíduos com idade na casa dos 60 anos (WEITZMAN et al., 1982). Quanto ao mesor da curva ajustada, nossos resultados encontram paralelo em outros estudos sobre o tema (CZEISLER et al., 1992; GUBIN et al., 2006), sendo que estes autores argumentam que das prováveis razões para a redução do mesor do ritmo de temperatura em idosos, fatores como a redução geral da atividade física

e alterações nos mecanismos intrínsecos de termorregulação, especificamente associadas aos processos de termorregulação e conservação do calor, parecem funcionar de forma menos eficiente. É importante salientar, no entanto, que as pesquisas anteriores acerca da variabilidade, ou melhor, da variação diária da temperatura do punho, avaliaram apenas amostras de populações de adultos jovens, não havendo, portanto e ao nosso conhecimento, paralelo na literatura para os resultados obtidos pelo presente estudo envolvendo adultos jovens e aposentados.

Um dos achados mais interessantes do nosso estudo foi a aparente mudança na relação de fase entre as curvas ajustadas da temperatura do punho e de atividade/repouso obtidas por meio do registro contínuo e simultâneo com o aparelho *Tempatilumi*. Outros autores observaram uma relação entre o envelhecimento e mudanças na organização temporal interna em humanos. Quando comparada à organização temporal de jovens, idosos acompanhados por uma semana, incluindo coletas de temperatura oral, actimetria, diários de sono, cortisol e melatonina salivar, expressam diferentes relações de fase entre seus ritmos biológicos. Especificamente, estes autores relataram avanço de fase no ciclo vigília/sono, exposição à luz e acrofase de cortisol, enquanto o ritmo da temperatura oral não apresentou avanço de fase em função do envelhecimento. Como conclusão, os autores discutem que a medida de diferentes marcadores circadianos propicia o estudo dos diferentes relacionamentos de fase entre as variáveis, desta forma explicitando que o avanço de fase dos ritmos biológicos, característico do envelhecimento e amplamente descrito, não é tão simples como vem sendo relatado (YOON et al., 2003). Ainda, diante dos diferentes ângulos de fase que podem ser encontrados, estes mesmos autores demonstraram a presença avanços de fase para o final do sono e cortisol urinário, enquanto a acrofase de melatonina salivar e temperatura oral não apresentaram avanço de fase significativo em resposta às mudanças no ciclo claro/escuro para uma amostra da população com idade média acima de 60 anos (KRIPKE et al., 2005).

A leitura dos nossos dados aponta para a presença de diferentes relacionamentos de fase entre o ciclo vigília/sono, o ritmo de temperatura do punho e o ritmo de atividade/repouso em função do envelhecimento. Enquanto observamos avanço de fase significativo para o ritmo de temperatura do punho nos indivíduos adultos aposentados, não o observamos tanto para o ciclo vigília/sono quanto para o

ritmo de atividade/repouso. Considerando o achado da ausência de diferença em função da idade, tanto na amplitude quanto na potência de espectro de 24 horas dos ritmos de temperatura e atividade/repouso, não podemos afirmar que estamos diante de um estado de dessincronização interna dos ritmos biológicos. Na verdade, estamos diante de um rearranjo dos ângulos de fase entre os ritmos estudados, portanto, da organização temporal interna. No entanto, podemos sugerir que este fenômeno resulta de estágios transientes de perda de estabilidade na relação de fase entre os ritmos biológicos, necessários para que novas relações de fase sejam instaladas.

Digno de nota é a questão da tendência de correlação negativa encontrada entre a amplitude da curva ajustada de temperatura do punho e a diferença na meia-fase do sono entre dias da semana e final de semana para o grupo de adultos jovens. Para interpretarmos esta associação devemos retomar o conceito de *Jet-lag* social apresentado anteriormente e assumir a transição entre o domingo e a segunda-feira como um evento compatível com uma viagem transmeridional. Obviamente, devemos tratá-lo como uma variante do *Jet-lag* tradicionalmente descrito, uma vez que o horário de despertar (ou a MFS) é alterado enquanto os *zeitgebers*, ou agentes ambientais sincronizadores, permanecem em sua fase original. Um exemplo desta situação também pode ser visitado na transição entre horário regular e horário de verão, conforme já apontado por Monk e Folkard (1976). O resultado imediato desta brusca mudança de fase nos ciclos vigília/sono e atividade/repouso entre o final de semana e a segunda-feira é a exposição prematura aos sinais sincronizadores dos *zeitgebers*, como o claro/escuro ambiental, a alimentação ou a interação social, por exemplo. Somada à exposição prematura ainda observamos uma diferença na duração do sono nesta transição, podendo acarretar em um conjunto de sinais e sintomas compatível com a síndrome do *Jet-lag*, caracterizada por um estágio transiente de desorganização temporal.

Apenas para facilitar esta linha de interpretação, diante da vasta literatura sobre o tema, tomemos a exposição à luz ambiental de forma fásica, ou pulso de luz, sobre a sincronização dos ritmos biológicos. Czeisler et al. (1989) descreveram os efeitos da exposição à luz intensa, sob forma de pulso de luz, sobre a ritmicidade biológica em humanos. Na verdade, tal efeito não é novidade quanto levamos em consideração pesquisas realizadas em diferentes espécies. Precisamente, o efeito fásico da luz é conhecido por depender da fase do sistema de temporização à qual é

oferecido, podendo resultar em avanço, atraso de fase ou, ainda, não resultar em mudança de fase (DUNLAP et al., 2004). Em adição, a mudança de fase causada pela luz fásica, já amplamente descrita, pode ser acompanhada de modificação em um dos principais parâmetros dos ritmos biológicos, a amplitude da oscilação, podendo até mesmo resultar em perda de ritmicidade quando a luz é aplicada nas fases de máxima sensibilidade do sistema circadiano, como no entorno da transição entre o escuro e o claro (JEWETT; KRONAUER; CZEISLER, 1991). Ainda, em uma abordagem visando o melhor entendimento dos efeitos da luz intensa e mudança no ciclo vigília/sono sobre sintomas do *Jet-lag* ou efeitos deletérios do trabalho em turnos, Dijk et al. (2012) estudaram diversos ritmos biológicos (temperatura, cortisol, melatonina, ciclo vigília/sono, entre outros) em indivíduos submetidos a pulsos de luz intensa ao acordar e mudança de fase forçada e gradual no ciclo claro/escuro (avanço de fase de 10 horas em 5 dias). Os autores observaram, em adição à respectiva e esperada mudança de fase, perda da amplitude de todos os ritmos biológicos observados.

Concluindo, diante dos pontos levantados na literatura da área de *Jet-lag* e efeitos fásicos da luz, a tendência de correlação negativa entre a diferença na meia-fase do sono entre dias de semana e final de semana (MFS) e a amplitude do ritmo de temperatura pode resultar de um estado crônico análogo ao transiente de resincronização do *Jet-lag*.

4.3 Comportamento de estimativa de tempo

A percepção ou capacidade de medir a passagem do tempo são componentes essenciais das faculdades cognitivas, comportamentais e de desempenho motor, representando uma das mais fundamentais funções do sistema nervoso (PASTOR; ARTIEDA, 1996). Neste sentido, o processamento da informação temporal é parte integrante de inúmeros comportamentos no cotidiano humano (IVRY; HAZELTINE, 1995).

Assim como outros comportamentos, evidências apontam para modificações na capacidade de se estimar ou produzir intervalos de tempo ao longo da ontogênese (CRAIK; HAY, 1999; FRAISSE, 1984). Espinosa-Fernandez et al. (2003), avaliaram a capacidade de estimar diferentes intervalos de tempo em uma população de idade variando entre 8 e 70 anos. A tendência geral encontrada neste

estudo foi um aumento na subestimação ou subprodução do intervalo de tempo para os indivíduos de maior idade, ou seja, o tempo passa mais rápido para os indivíduos de maior idade.

Quando consideramos a variável Erro Direcional (ED), nós obtivemos, no presente estudo, diferença significativa entre os grupos de diferentes faixas etárias. Precisamente, os voluntários do grupo de adultos aposentados apresentaram uma média de ED inferior a 1.0, enquanto que a média para o grupo de adultos jovens foi superior a 1.0, ou seja, os indivíduos aposentados produziram intervalos de tempo mais curtos. Carrasco et al. (2001) realizaram um estudo similar ao nosso, exceto por ter uma duração menor de coleta de dados, e observaram, para grupos com idade média equivalente aos nossos, o mesmo fenômeno quanto ao ED. De acordo com os autores, uma possível explicação para o fenômeno é a mudança na velocidade do sistema de temporização endógeno responsável pela percepção da passagem de tempo de intervalos curtos, na casa dos segundos. Com uma interpretação similar, Espinosa-Fernandez et al. (2003) acreditam que o fenômeno resulta da modificação na velocidade dos processos fisiológicos ou do “relógio interno”. Detalhe importante é a especulação destes autores a respeito da influência de outras variáveis cognitivas, como atenção e memória, sobre o desempenho nas tarefas de estimativa de tempo nas diferentes faixas etárias, o que ajudaria a explicar as diferenças encontradas.

Quanto aos resultados acerca da variabilidade na produção de intervalo de tempo, a média do coeficiente de variação (CV) no presente estudo apresentou-se mais elevada para o grupo de adultos jovens, independente da fase do dia. Este resultado contrasta com resultados obtidos por outros grupos, uma vez que Carrasco et al. (2001) não encontraram diferença entre grupos de diferentes faixas etárias, enquanto Block et al. (1998) evidenciaram um aumento na variabilidade na percepção de tempo em função do envelhecimento. No entanto, da discussão dos resultados destes últimos autores surge a necessidade de se admitir o papel da alocação da atenção e a capacidade de particionar a atenção em tarefas que envolvam estimativa de tempo. Muito embora não tenhamos adotado uma ferramenta específica para a determinação da partição da atenção em nossos experimentos, apenas o fato dos nossos voluntários estarem em vida livre durante todo o protocolo e executarem as sessões de produção de intervalo de tempo enquanto desempenhavam, simultaneamente, o seu papel social em seu respectivo

cotidiano complexo, a necessidade de partição da atenção entre os aspectos temporal e atemporal (espacial) parece, portanto, fundamental. Diante do fato de tanto o CV quanto o ED dos sujeitos estudados estarem dentro de limites igualmente descritos por outros pesquisadores (BLOCK et al., 1998; CARRASCO et al., 2001; ESPINOSA-FERNANDEZ et al., 2003; MCCORMACK et al., 1999), podemos considerar que tanto a velocidade do “relógio interno”, quanto a maior capacidade de direcionar a atenção para o aspecto temporal do contexto, resultaram na produção intervalos de tempo com uma variabilidade menor por parte dos indivíduos do grupo de adultos aposentados.

4.4 *Modulação diária da estimativa de tempo?*

Um dos objetivos primários desta pesquisa era descrever a modulação diária do comportamento de estimativa de tempo, iniciando pela tentativa de ajuste de curva coseno e pela identificação de frequências significativas, passando pela determinação dos parâmetros rítmicos, em especial a acrofase do comportamento, culminando no estudo da relação de fase entre estimativa de tempo e o ritmo da temperatura periférica. Desde os esforços iniciais de Aschoff (1978), diferentes pesquisadores têm ajudado a desvendar o relacionamento entre o sistema de temporização circadiana e o “relógio endógeno” responsável pela estimativa da passagem de intervalos curtos de tempo. Os primeiros experimentos foram conduzidos em situação de isolamento temporal, ou seja, os indivíduos permaneciam por um tempo determinado em isolamento social, além de estarem livres de pistas ambientais que indicassem a passagem do tempo, como relógios ou rotinas. Os trabalhos mais recentes, no entanto, buscaram conhecer tal comportamento através da rotina constante, uma situação altamente artificial na qual os voluntários, também isolados, permanecem limitados aos leitos e recebendo dieta endovenosa constante. Um detalhe importante dos protocolos de rotina constante é o impedimento do sono, ou seja, os indivíduos devem permanecer acordados por toda a duração do experimento, reduzindo, obviamente, sua duração máxima para até 40 horas em média. Este foi o protocolo utilizado por Kuriyama et al. (2003) que, de forma similar aos achados de Aschoff (1978) descreveram um paralelismo entre a temperatura central e a produção de intervalo de tempo de 10 segundos. Cumpre salientar, no entanto, que ambos os autores não tentaram um ajuste de curva ao

conjunto de dados de todos os dias de coleta, ou seja, da série temporal completa, sendo que Aschoff (1978) utilizou análises individuais para cada dia, o que resultou em correlações com a temperatura apenas em alguns dos dias de coleta e Kuriyama et al. (2003) limitaram-se, diante da restrição da rotina constante, aos dados de apenas 1 ciclo. O presente trabalho é, portanto, o primeiro esforço de uma análise utilizando metodologia de análise cronobiológica baseada em uma longa série de dados de estimativa de tempo, além de ser pioneiro em estudar a capacidade de produzir intervalos de tempo no cotidiano normal dos voluntários.

A incapacidade de se determinar frequências significativas ou de ajustar uma curva coseno aos nossos dados de produção de intervalo de tempo e, portanto, determinar os parâmetros rítmicos deste comportamento, pode resultar da participação, não igualmente distribuída, do componente circadiano e do componente homeostático de regulação da capacidade cognitiva. De acordo com Schmidt et al. (2007), elementos como o sono, a motivação, as emoções e a sinalização proveniente do sistema de temporização circadiano interagem determinando a modulação diária nos comportamentos cognitivos. Especificamente quanto ao papel do sono, ou melhor, do ciclo vigília/sono, flutuações temporais em parâmetros neurofisiológicos e comportamentais podem decorrer da variação na pressão homeostática do sono, que aumenta com a duração da vigília; e de variações no sinal do sistema de temporização circadiano, que governa os processos fisiológicos nas 24 horas (CARRIER; MONK, 2000). Estes autores estão apoiados no modelo de Borbely, Daan e Beersma (BORBELY, 1982; DAAN; BEERSMA; BORBELY, 1984) que descreve os mecanismos de controle do ciclo vigília/sono. Muito embora estes autores tenham desenvolvido este modelo visando descrever os fatores que determinariam os hábitos de sono - onde o chamado processo “S”, ou homeostático, faz referência à variação na pressão ou propensão ao sono ao longo do dia, enquanto o processo “C”, ou circadiano, refere-se ao sinal emitido pelo sistema de temporização circadiano – este modelo tem sido utilizado para explicar as variações diárias no desempenho de comportamentos cognitivos. É importante resaltar, ainda, que níveis estáveis de vigilância podem ser mantidos durante o dia todo, pois o sistema circadiano pode oferecer oposição à deterioração na vigilância causada pelo crescente acúmulo da pressão homeostática do sono, acarretando, portanto, na ausência de variação diária em comportamentos cognitivos (CAJOCHEN; BLATTER; WALLACH, 2004). Como exemplo, Van Eekelen

e Kerkhof (2003) investigaram a variação ao longo do dia em uma tarefa simultânea de perseguição (*tracking pursuit task*) e memorização de sequências de números. Como resultado, obtiveram um decréscimo linear no desempenho ao longo do dia, com fase ótima no início da manhã. Experimentos envolvendo atenção sustentada, como o teste de PVT (*Psychomotor vigilance task*), evidenciaram o papel predominante da pressão homeostática do sono sobre esta variável, sendo que o desempenho apresenta decaimento em função da manutenção da vigília.

Particularmente, a percepção ou a capacidade de estimar a passagem de tempo é uma das faculdades cognitivas que parece estar sob a influência conjunta de ambos os fatores circadiano e homeostático. Nakajima et al. (1998) estudaram adultos jovens em protocolo de produção de intervalo de tempo e evidenciaram um padrão circadiano no fenômeno, com produções de intervalos maiores na manhã e menores durante a tarde, não observando nenhuma modulação em função da crescente pressão do sono à qual os voluntários foram submetidos. Tal achado foi corroborado por Kuriyama et al. (2005). Em contrapartida, Soshi et al. (2010) evidenciaram ausência de modulação diária na produção de intervalos de 10 segundos em função da privação de sono, enquanto Miro et al. (2003) observaram um aumento linear na influência do acúmulo da pressão homeostática do sono, resultando em um crescente aumento na variabilidade, também em uma tarefa de produção de intervalo de tempo de 10 segundos em 60 horas de vigília sustentada. Spati (2011), em um protocolo de 40 horas de rotina constante e vigília sustentada, explorou a questão da influência da pressão do sono sobre a estimativa de tempo utilizando ambas a produção e a reprodução de intervalos de tempo, desde 3.75 segundos até 15 segundos. Como resultado, obteve que a tarefa de reprodução de intervalos curtos de tempo sofreu influência do acúmulo da pressão do sono, enquanto que a tarefa de produção de intervalos mostrou-se mais sensível à modulação circadiana em alguns dos sujeitos estudados. Um detalhe importante, contudo, levantado tanto por Miro et al. (2003) e por Spati (2011) é a intensa diferença interindividual encontrada neste tipo de tarefa.

Embora a totalidade dos estudos apontados acima tenha abordado a interação homeostático-circadiana através de protocolos agudos de privação de sono, em situação de rotina constante, desconsiderando os históricos de pressão do sono aos quais todos os voluntários estão submetidos e, ainda, selecionando indivíduos jovens e de cronotipo intermediário, esses experimentos fornecem

razoável suporte para a interpretação dos nossos resultados, uma vez que nossos dados apontam para um menor coeficiente de variação (CV) na produção de intervalo de tempo na fase da manhã para o grupo de adultos aposentados, fase de baixa pressão do sono. Quanto aos jovens, o CV apresentou-se maior na fase da tarde. O coeficiente de variação, que é um índice de variabilidade intrínseca de cada sessão do experimento, poderia ser sensível aos ajustes entre as influências circadianas e homeostáticas sobre a cognição, apresentando-se de forma diferente entre os dois grupos etários, em especial se levarmos em consideração as diferenças no padrão do ciclo vigília/sono entre aposentados e adultos jovens, em especial pela presença do padrão de restrição/extensão observada no grupo de jovens.

A modulação temporal da variável Erro Direcional (ED), que descreve a razão entre os intervalos produzidos e o intervalo proposto (10s), também se apresentou de forma distinta entre os grupos estudados. Enquanto o grupo de adultos aposentados apresentou maior erro direcional na fase da tarde, produzindo intervalos de tempo mais curtos, não encontramos diferenças entre as fases para o grupo de adultos jovens. O resultado quanto ao grupo de adultos aposentados é compatível com os achados de Kuriyama et al. (2003) e Aschoff (1978, 1998), embora a faixa etária destes experimentos não seja a mesma do nosso estudo. Contudo, o fato de não termos encontrado diferenças ao longo do dia para o ED da produção de intervalo de tempo do grupo de jovens adultos pode indicar que a velocidade do “relógio interno” responsável pela capacidade de estimar a passagem do tempo não tem, ao menos para este grupo e sob as condições experimentais adotadas, grande sensibilidade ao sinal proveniente do sistema de temporização circadiano. É importante ressaltar, no entanto, que apesar de termos encontrado ritmos de temperatura periférica evidentes para ambos os grupos, diferindo quanto à fase, a tendência de associação da diferença na meia-fase de sono entre dias de semana e final de semana e a amplitude do ritmo de temperatura periférica pode refletir um desafio à interação entre o sistema de temporização circadiano e o controle do “relógio interno” responsável pela percepção subjetiva de tempo. Portanto, o fato de não termos encontrado diferenças no ED ao longo das fases do dia estudadas para o grupo de indivíduos jovens pode denotar tanto a prevalência de fatores como a pressão homeostática do sono sobre o comportamento estudado,

quanto um cenário de desafio temporal afetando a modulação diária neste comportamento.

O estudo da correlação entre o ritmo de temperatura do punho e a produção de intervalo de tempo diz respeito à relação entre temperatura e velocidade de processamento ou velocidade do “relógio interno” responsável pela estimativa de tempo. Diante do fato de não termos encontrado diferenças significativas para o ED entre as distintas fases do dia para o grupo de adultos jovens, além de também não termos encontrado uma associação (correlação) entre o ritmo de temperatura do punho e a produção de intervalo de tempo, podemos sugerir que, ao menos para este grupo, a velocidade de processamento permanece inalterada ao longo do dia. Já para o grupo de aposentados, o achado reflete uma modificação na velocidade do “relógio interno” ao longo do dia, sendo possível evidenciar uma associação, ainda que tênue, entre a duração de cada intervalo produzido e o valor da temperatura do punho. Em adição aos dados de Aschoff (1978) e Kuriyama et al. (2003), que determinaram correlações negativas entre a temperatura central e a produção de intervalo de tempo, estamos habilitados pelos nossos dados a sugerir a existência de uma associação entre a temperatura periférica e a produção de intervalo de tempo de 10 segundos sob forma de uma correlação positiva, uma vez que os ritmos de temperatura do punho e central estão dispostos praticamente em antifase, conforme apontado por (AREAS et al., 2006; SARABIA et al., 2008).

5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Diante do caráter longitudinal da nossa coleta de dados e da necessidade constante de envolvimento dos voluntários da pesquisa, obtivemos um número reduzido, ainda que superior ao proposto, de indivíduos dispostos a completarem a tarefa. O número de sujeitos pode, certamente, ter afetado os nossos resultados.

Do ponto de vista do protocolo de produção de intervalo de tempo utilizado, embora tenha sido enfatizado aos voluntários para não utilizarem uma estratégia de contagem dos segundos, o fato da tarefa ser executada sem o completo controle do ambiente laboratorial pode ter resultado em diferentes estratégias utilizadas pelos voluntários. A adoção de um questionário em protocolos futuros perguntando sobre quais estratégias foram utilizadas pelos voluntários pode contribuir para a redução deste viés, embora tanto o coeficiente de variação quanto o erro direcional encontrado para ambas as faixas etárias estudadas tenham ficado dentro dos limites descritos por outros autores.

6 CONCLUSÕES

O presente estudo é o primeiro esforço na direção da descrição e no entendimento das possíveis variações ontogenéticas na modulação diária da capacidade de produzir intervalos de tempo na faixa dos poucos segundos. O nosso objetivo geral foi avaliar o desempenho ao longo do dia de adultos jovens e adultos aposentados submetidos à tarefa de produção de intervalo de tempo. Ademais, visamos determinar as associações entre os perfis temporais deste desempenho, o ritmo circadiano de temperatura periférica, atividade/repouso e ciclo vigília/sono dos indivíduos estudados.

Levando em consideração as limitações deste estudo, podemos assumir, por meio da nossa sequência de análises e da interpretação dos nossos resultados frente aos estudos já realizados por outros autores da área: (1) a relação entre final de semana e dias de semana, quanto ao ciclo vigília/sono, é diferente para as distintas faixas etárias estudadas; (2) da associação entre a diferença na meia fase do sono entre dias de semana e final de semana (MFS), o caráter de matutinidadade/vespertinidade e o escore do Índice de qualidade de sono de Pittsburgh, podemos sugerir que indivíduos adultos jovens e vespertinos estão particularmente vulneráveis aos distúrbios de sono; (3) a ausência de diferenças entre os grupos na amplitude rítmica e na potência do espectro de 24 horas das séries temporais de temperatura do pulso e atividade/repouso, mesmo diante de um diferente ângulo de fase médio para cada grupo, implica em um distinto arranjo na organização temporal interna em função da idade; (4) embora ambos os grupos estudados tenham demonstrado diferença entre as fases do dia quanto ao coeficiente de variação da produção do intervalo de tempo de 10 segundos, apenas o grupo de adultos aposentados apresentou modulação diária quanto ao erro direcional e quanto à associação com o ritmo diário de temperatura do pulso. Retomando o padrão restrição/extensão do sono encontrado no grupo dos adultos jovens e o conceito de associação entre os controles homeostáticos e circadianos sobre a capacidade de estimar a passagem do tempo, podemos sugerir que a influência homeostática sobre este comportamento é mais pronunciada para o grupo de adultos jovens, enquanto o resultado dos indivíduos aposentados sugere maior influência proveniente do controle circadiano, refletindo na alteração da velocidade

do sistema de controle da passagem do tempo – “relógio interno” ao longo do dia e em associação com as flutuações da temperatura do punho.

Novos estudos acerca deste tema são francamente necessários. Nosso maior desafio futuro é conseguir determinar o grau de influência dos diferentes fatores sobre a modulação diária na capacidade de estimar a passagem de intervalos curtos de tempo. Aliás, estes fatores são conhecidos? Fatores como a pressão do sono, a atenção, as emoções e o sistema de temporização são excelentes candidatos a moduladores da expressão diária deste comportamento. É possível estudá-los tanto em conjunto quanto em separado? É necessário restringir o indivíduo estudado do convívio cotidiano para que assim possa ser avaliada a real expressão do comportamento? A abordagem tradicional desta área de estudo é isolar um possível candidato a modulador e, mantendo os sujeitos experimentais também isolados do seu cotidiano, através de protocolos de rotina constante, estudar a sua influência sobre o comportamento. Como exemplo, os poucos estudos acerca dos efeitos da pressão do sono sobre a percepção de tempo apresentam duas limitações importantes: primeiramente, buscam estudar a pressão do sono provocada de forma aguda em indivíduos jovens saudáveis em situação de rotina constante, sem explorar qualquer implicação funcional ou ecológica da privação crônica do sono ou, ainda, conhecer o histórico longitudinal do ciclo vigília/sono dos sujeitos estudados.

Portanto, são várias as questões abertas, desde quais são as influências e as suas respectivas magnitudes sobre a percepção do tempo, até qual é a melhor forma de abordar o tema, assumindo, para tanto, que há uma melhor forma. O mais fascinante é que vivemos um cenário de prosperidade tecnológica que permite, ao contrário de tempos passados, lançar mão de instrumental cada vez mais capaz, simples, portátil e barato, muitas vezes através de metodologias de código livre e hardware genérico, explorar os mais diversos temas em uma infinidade de cenários e sujeitos. A nosso ver, esta explosão tecnológica vai permitir uma aproximação jamais vista entre o laboratório e o campo e, num cenário idealista, tornará desnecessária a sempre difícil transposição da barreira que há entre os nossos resultados e a sua aplicação no cotidiano da sociedade.

REFERÊNCIAS *

- ADES, C. A experiência psicológica da duração. **Ciência e Cultura**, v. 54, p. 26-29, 2002.
- ALMONDES, K. M.; ARAUJO, J. F. Padrão do ciclo sono-vigília e sua relação com a ansiedade em estudantes universitários. **Estudos de Psicologia**, v. 8, n. 1, p. 37-43, 2003.
- ANOKHIN, P. K. **Biology and neurophysiology of the conditioned reflex and its role in adaptive behavior**. Oxford, New York: Pergamon Press, 1974. 574 p.
- AREAS, R.; DUARTE, L.; MENNA-BARRETO, L. Comparative analysis of rhythmic parameters of the body temperature in humans measured with thermistors and digital thermometers. **Biological Rhythm Research**, v. 37, n. 5, p. 419-424, 2006.
- ASCHOFF, J. Features of circadian rhythms relevant for the design of shift schedules. **Ergonomics**, v. 21, p. 739-754, 1978.
- ASCHOFF, J. Human Perception of Short and Long Time Intervals: Its Correlation with Body Temperature and the Duration of Wake Time. **Journal of Biological Rhythms**, v. 13, p. 437-442, 1998.
- ASCHOFF, J.; DAAN, S. Human time perception in temporal isolation: effects of illumination intensity. **Chronobiology International**, v. 14, p. 585-596, 1997.
- ASCHOFF, J.; GERECKE, U.; WEVER, R. Desynchronization of human circadian rhythms. **Japanese Journal of Physiology**, v. 17, n. 4, p. 450-457, 1967.
- AUJARD, F. et al. Age-related effects on the biological clock and its behavioral output in a primate. **Chronobiology International**, v. 23, p. 451-460, 2006.
- BALTES, M. M.; CARSTENSEN, L. L. The process of successful ageing. **Ageing and Society**, v. 16, p. 397-422, 1996.
- BALTES, P. B.; DITTMANNKOHLE, F.; DIXON, R. A. New Perspectives on the Development of Intelligence in Adulthood - toward a Dual-Process Conception and a Model of Selective Optimization with Compensation. **Life-Span Development and Behavior**, v. 6, p. 33-76, 1984.
- BENEDITO-SILVA, A. A. et al. A self-assessment questionnaire for the determination of morningness-eveningness types in Brazil. **Progresses in Clinical Biological Research**, v. 341B, p. 89-98, 1990.
- BLOCK, R. A.; ZAKAY, D. Models of psychological time re-visited. In: HASTINGS, H. (Ed.). **Time and mind**. Kirkland: Hogrefe & Huber, 1996. p.171-195.

* De acordo com: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BLOCK, R. A.; ZAKAY, D.; HANCOCK, P. A. Human aging and duration judgments: a meta-analytic review. **Psychology and Aging**, v. 13, p. 584-596, 1998.

BORBELY, A. A. A two process model of sleep regulation. **Human Neurobiology**, v. 1, n. 3, p. 195-204, 1982.

BUHUSI, C. V.; MECK, W., C. What makes us tick? functional and neural mechanisms of interval timing. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 6, p. 755-765, 2005.

BUYSSE, D. J. et al. The pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. **Psychiatry Research**, v. 28, n. 2, p. 193-213, 1989.

CAJOCHEN, C.; BLATTER, K.; WALLACH, D. **Circadian and sleep-wake dependent impact on neurobehavioral function**. Leuven, BELGIQUE: Societe Belge de Psychologie, 2004. v. 22.

CARRASCO, M. C.; BERNAL, M. C.; REDOLAT, R. Time estimation and aging: a comparison between young and elderly adults. **International Journal of Aging and Human Development**, v. 52, n. 2, p. 91-101, 2001.

CARRIER, J.; MONK, T. H. Circadian rhythms of performance: new trends. **Chronobiology International**, v. 17, n. 6, p. 719-732, 2000.

CARRIER, J. et al. Phase advance of sleep and temperature circadian rhythms in the middle years of life in humans. **Neuroscience Letters**, v. 320, n. 1-2, p. 1-4, 2002.

CARSKADON, M. A. et al. Pubertal changes in daytime sleepiness. **Sleep**, v. 2, n. 4, p. 453-60, 1980.

CEOLIM, M. F.; MENNA-BARRETO, L. Sleep/wake cycle and physical activity in healthy elderly people. **Sleep Research Online**, v. 3, n. 3, p. 87-95, 2000.

COHEN, J. **Psychological time in health and disease**. Springfield, Ill. : C. C. Thomas, 1967. 103 p.

COLQUHOUN, W. P. **Biological rhythms and human performance**. London, New York : Academic Press, 1971. 283 p.

COULL, J. T.; CHENG, R.-K.; MECK, W. H. Neuroanatomical and Neurochemical Substrates of Timing. **Neuropsychopharmacology**, v.36, p. 3-25, 2010.

CRAIK, F. I.; HAY, J. F. Aging and judgments of duration: effects of task complexity and method of estimation. **Perception & Psychophysics**, v. 61, p. 549-560, 1999.

CREELMAN, C. D. Human discrimination of auditory stimuli. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 34, p. 582-593, 1962.

CZEISLER, C. A. et al. Association of sleep-wake habits in older people with changes in output of circadian pacemaker. **Lancet**, v. 340, n. 8825, p. 933-936, 1992.

CZEISLER, C. A. et al. Bright light induction of strong (type 0) resetting of the human circadian pacemaker. **Science**, v. 244, n. 4910, p. 1328-1333, 1989.

DAAN, S.; BEERSMA, D. G.; BORBELY, A. A. Timing of human sleep: recovery process gated by a circadian pacemaker. **American Journal of Physiology**, v. 246, n. 2, p. R161-83, 1984.

DIJK, D. J. et al. Amplitude reduction and phase shifts of melatonin, cortisol and other circadian rhythms after a gradual advance of sleep and light exposure in humans. **PloS One**, v. 7, n. 2, p. e30037, 2012.

DROIT-VOLET, S. A further investigation of the filled-duration illusion with a comparison between children and adults. **Journal of Experimental Psychology. Animal behavior processes**, v. 34, p. 400-414, 2008.

DROIT-VOLET, S.; MECK, W. H. How emotions colour our perception of time. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 11, n. 12, p. 504-513, 2007.

DROIT-VOLET, S.; WEARDEN, J. H. Temporal bisection in children. **Journal of Experimental Child Psychology**, v. 80, p. 142-159, 2001.

DUFFY, J. F.; CZEISLER, C. A. Age-related change in the relationship between circadian period, circadian phase, and diurnal preference in humans. **Neuroscience Letters**, v. 318, n. 3, p. 117-120, 2002.

DUNLAP, J. C.; LOROS, J. J.; DECOURSEY, P. J. **Chronobiology: biological timekeeping**. Sunderland, Massachussetts: Sinauer Associates, 2004. 406 p.

ESPINOSA-FERNANDEZ, L. et al. Age-related changes and gender differences in time estimation. **Acta Psychologica (Amst)**, v. 112, p. 221-232, 2003.

FLECK, M. P. et al. Application of the Portuguese version of the abbreviated instrument of quality life WHOQOL-bref. **Revista de Saude Pública**, v. 34, n. 2, p. 178-183, 2000.

FOLKARD, S. Circadian performance rhythms - some practical and theoretical implications. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 327, n. 1241, p. 543-553, 1990.

FRAISSE, P. Perception and estimation of time. **Annual Review of Psychology**, v. 35, p. 1-36, 1984.

FRANÇOIS, M. VI. Contribution à l'étude du sens du Temps: la température interne comme facteur de variation de l'appréciation subjective des durées. **L'année Psychologique**, p. 186-204, 1927.

GIBBON, J. Scalar expectancy theory and Weber's law in animal timing. **Psychological Review**, v. 84, n. 3, p. 279-325, 1977.

GOOCH, C. M. et al. Interval timing disruptions in subjects with cerebellar lesions. **Neuropsychologia**, v. 48, p. 1022-1031, 2010.

GUBIN, D. G. et al. The circadian body temperature rhythm in the elderly: effect of single daily melatonin dosing. **Chronobiology International**, v. 23, n. 3, p. 639-658, 2006.

HALBERG, J. et al. Changes with age characterize circadian rhythm in telemetered core temperature of stroke-prone rats. **Journal of Gerontology**, v. 36, n. 1, p. 28-30, 1981.

HANCOCK, P. A.; VERCRUYSEN, M.; RODENBURG, G. J. The effect of gender and time-of-day on time perception and mental workload. **Current Psychology**, v. 11, n. 3, p. 203-225, 1992.

HARRINGTON, D. L.; HAALAND, K. Y.; HERMANOWICZ, N. Temporal processing in the basal ganglia. **Neuropsychology**, v. 12, p. 3-12, 1998.

HOAGLAND, H. The physiological control of judgments of duration: evidence for a chemical clock. **Journal of General Psychology**, v. 9, p. 267-287, 1933.

HORNE, J. A.; OSTBERG, O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. **International Journal of Chronobiology**, v. 4, p. 97-110, 1976.

IVRY, R. B.; HAZELTINE, R. E. Perception and production of temporal intervals across a range of durations: evidence for a common timing mechanism. **Journal of experimental psychology: human perception and performance**, v. 21, n. 1, p. 3-18, 1995.

IVRY, R. B.; KEELE, S. W.; DIENER, H. C. Dissociation of the lateral and medial cerebellum in movement timing and movement execution. **Experimental Brain Research**, v. 73, p. 167-180, 1988.

JEWETT, M. E.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. Light-induced suppression of endogenous circadian amplitude in humans. **Nature**, v. 350, n. 6313, p. 59-62, 1991.

JOHNSON, M. P. et al. Short-term memory, alertness and performance: a reappraisal of their relationship to body temperature. **Journal of Sleep Research**, v. 1, p. 24-29, 1992.

JUEPTNER, M. et al. Localization of a cerebellar timing process using PET. **Neurology**, v. 45, p. 1540-1545, 1995.

KIRKCALDY, B. D. Individual differences in time estimation. **International Journal of Sport Psychology**, v. 15, n. 1, p. 11-24, 1984.

KLEITMAN, N. **Sleep and wakefulness**. Chicago: University of Chicago Press, 1963.

KLEITMAN, N.; JACKSON, D. P. Body temperature and performance under different routines. **Journal of Applied Physiology**, v. 3, p. 309-328, 1950.

KRIPKE, D. F. et al. Circadian phase in adults of contrasting ages. **Chronobiology International**, v. 22, n. 4, p. 695-709, 2005.

KURIYAMA, K.; UCHIYAMA, M.; SUZUKI, H. Diurnal fluctuation of time perception under 30-h sustained wakefulness. **Neuroscience Research**, v. 53, p. 123-128, 2005.

KURIYAMA, K. et al. Circadian fluctuation of time perception in healthy human subjects. **Neuroscience Research**, v. 46, p. 23-31, 2003.

LEWIS, P.; MIAL, R. Distinct systems for automatic and cognitively controlled time measurement: evidence from neuroimaging. **Current opinion in neurobiology**, v. 13, p. 250-255, 2003.

LOMB, N. R. Least-squares frequency-analysis of unequally spaced data. **Astrophysics and Space Science**, v. 39, n. 2, p. 447-462, 1976.

LOUZADA, F.; MENNA-BARRETO, L. Sleep-wake cycle expression in adolescence: Influences of social context. **Biological Rhythm Research**, v. 34, n. 2, p. 129-136, 2003.

LUND, H. G. et al. Sleep patterns and predictors of disturbed sleep in a large population of college students. **Journal of Adolescent Health**, v. 46, n. 2, p. 124-132, 2010.

LUSTIG, C.; MECK, W. H. Paying attention to time as one gets older. **Psychological Science**, v. 12, p. 478-484, 2001.

MALAPANI, C. et al. Cerebellar dysfunctions of temporal processing in the seconds range in humans. **Neuroreport**, v. 9, p. 3907-3912, 1998.

MARTIN, J. S. et al. Relationship of chronotype to sleep, light exposure, and work-related fatigue in student workers. **Chronobiology International**, v. 29, n. 3, p. 295-304, 2012.

MATELL, M. S.; MECK, W. H. Neuropsychological mechanisms of interval timing behavior. **BioEssays**, v. 22, p. 94-103, 2000.

MAUK, M.; BUONOMANO, D. The Neural Basis of Temporal Processing. **Annual Review of Neuroscience**, v. 27, p. 307-340, 2004.

MCCORMACK, T. et al. Developmental changes in time estimation: comparing childhood and old age. **Developmental Psychology**, v. 35, n. 4, p. 1143-1155, 1999.

MECK, W. H. Affinity for the dopamine D2 receptor predicts neuroleptic potency in decreasing the speed of an internal clock. **Pharmacology Biochemistry and Behavior**, v. 25, p. 1185-1189, 1986.

MIRO, E. et al. Time estimation during prolonged sleep deprivation and its relation to activation measures. **Human Factors**, v. 45, n. 1, p. 148-159, 2003.

MONK, T. H.; BUYSSE, D.; BERGA, S. Circadian rhythms in human performance and mood under constant conditions. **Journal of Sleep Research**, v. 6, p. 9-18, 1997.

MONK, T. H. et al. Circadian temperature rhythms of older people. **Experimental Gerontology**, v. 30, n. 5, p. 455-474, 1995.

MONK, T. H.; FOLKARD, S. Adjusting to the changes to and from Daylight Saving Time. **Nature**, v. 261, n. 5562, p. 688-689, 1976.

MORELL, V. Setting a biological stopwatch. **Science**, v. 271, n. 5251, p. 905-906, 1996.

MORILLON, B.; KELL, C. A.; GIRAUD, A. L. Three stages and four neural systems in time estimation. **Journal of Neuroscience**, v. 29, n. 47, p. 14803-14811, 2009.

MORITA, T. et al. Subjective time runs faster under the influence of bright rather than dim light conditions during the forenoon. **Physiology & Behavior**, v. 91, p. 42-45, 2007.

NAKAJIMA, T. et al. Human time production under constant routine. **Psychiatry and Clinical Neurosciences**, v. 52, n. 2, p. 240-241, 1998.

NELSON, W. et al. Methods for cosinor-rhythmometry. **Chronobiologia**, v. 6, p. 305-323, 1979.

PASTOR, M. A.; ARTIEDA, J. **Time, internal clocks, and movement**. New York: Elsevier, 1996. 310 p.

PATI, A. K.; GUPTA, S. Time estimation circadian rhythm in shift workers and diurnally active humans. **Journal of Biosciences**, v. 19, n. 3, p. 325-330, 1994.

PITTENDRIGH, C. S. Circadian systems: general perspectives. In: ASCHOFF, J. (Ed.). **Handbook of behavioral neurobiology**. New York: Plenum Press, 1981. v. 5, p. 57-80.

RAMMSAYER, T. H. Effects of body core temperature and brain dopamine activity on timing processes in humans. **Biological Psychology**, v. 46, p. 169-192, 1997.

RAO, S. M. et al. Distributed neural systems underlying the timing of movements. **The Journal of Neuroscience**, v. 17, n. 14, p. 5528-5535, 1997.

REFINETTI, R.; CORNLISSEN, G.; HALBERG, F. Procedures for numerical analysis of circadian rhythms. **Biological Rhythm Research**, v. 38, n. 4, p. 275-325, 2007.

ROENNEBERG, T. et al. Social jetlag and obesity. **Current Biology**, v. 22, n. 10, p. 939-943, 2012.

ROENNEBERG, T. et al. Epidemiology of the human circadian clock. **Sleep Medicine Review**, v. 11, n. 6, p. 429-438, 2007.

SARABIA, J. A. et al. Circadian rhythm of wrist temperature in normal-living subjects A candidate of new index of the circadian system. **Physiology & Behaviour**, v. 95, n. 4, p. 570-580, 2008.

SATINOFF, E. Patterns of circadian body temperature rhythms in aged rats. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 25, n. 2, p. 135-140, 1998.

SCARGLE, J. D. Studies in Astronomical Time-Series Analysis .2. Statistical Aspects of Spectral-Analysis of Unevenly Spaced Data. **The Astrophysical Journal**, v. 263, n. 2, p. 835-853, 1982.

SCHAEFER, V. G.; GILLILAND, A. R. The relation of time estimation to certain physiological changes. **Journal of Experimental Psychology**, v. 23, n. 5, p. 545-552, 1938.

SCHMIDT, C. et al. A time to think: circadian rhythms in human cognition. **Cognitive Neuropsychology**, v. 24, n. 7, p. 755-789, 2007.

SMITH, J. G. et al. The effect of Parkinson's disease on time estimation as a function of stimulus duration range and modality. **Brain and cognition**, v. 64, p. 130-143, 2007.

SOEHNER, A. M.; KENNEDY, K. S.; MONK, T. H. Circadian preference and sleep-wake regularity: associations with self-report sleep parameters in daytime-working adults. **Chronobiology International**, v. 28, n. 9, p. 802-809, 2011.

SOSHI, T. et al. Sleep Deprivation Influences Diurnal Variation of Human Time Perception with Prefrontal Activity Change : A Functional Near-Infrared Spectroscopy Study. **Plos One**, v. 5, p. 21-23, 2010.

SPATI, J. **Human temporal perception and the circadian system: effects of age, sleep pressure and light**. 147 p. (Doktors der Philosophie). Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Universität Basel, Basel. 2011.

SPIRA, A. P. et al. Reliability and validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index and the Epworth Sleepiness Scale in older men. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, v. 67, n. 4, p. 433-439, 2012.

STADDON, J. E.; HIGA, J. J. Time and memory: towards a pacemaker-free theory of interval timing. **Journal of the Experimental Analysis of Behavior**, v. 71, n. 2, p. 215-251, 1999.

THOR, D. H.; CRAWFORD, M. L. J. Time perception during a two-week confinement: Influence of age, sex, IQ and time of day. **Acta Psychologica, Amsterdam**, v. 22, n. 1, p. 78-84, 1964.

THORNE, D. R. et al. The Walter Reed palm-held psychomotor vigilance test. **Behavior Research Methods**, v. 37, n. 1, p. 111-118, 2005.

TREISMAN, M. Temporal discrimination and the indifference interval. Implications for a model of the "internal clock". **Psychological Monographs**, v. 77, p. 1-31, 1963.

VAN EEKELEN, A. P.; KERKHOF, G. No interference of task complexity with circadian rhythmicity in a constant routine protocol. **Ergonomics**, v. 46, n. 15, p. 1578-1593, 2003.

VAN SOMEREN, E. J. et al. Circadian rest-activity rhythm disturbances in Alzheimer's disease. **Biological Psychiatry**, v. 40, p. 259-270, 1996.

VAN SOMEREN, E. J. W. More than a marker: Interaction between the circadian regulation of temperature and sleep, age-related changes, and treatment possibilities. **Chronobiology International**, v. 17, n. 3, p. 313-354, 2000.

WEINERT, D. et al. The phasing of circadian rhythms in mice kept under normal or short photoperiods. **Physiology & Behavior**, v. 84, n. 5, p. 791-798, 2005.

WEINERT, D.; WATERHOUSE, J. The circadian rhythm of core temperature: Effects of physical activity and aging. **Physiology & Behavior**, v. 90, p. 246-256, 2007.

WEITZMAN, E. D. et al. Chronobiology of aging: temperature, sleep-wake rhythms and entrainment. **Neurobiology of Aging**, v. 3, p. 299-309, 1982.

WEY, D.; BOHN, A.; MENNA-BARRETO, L. Daily rhythms of native Brazilians in summer and winter. **Physiology & Behavior**, v. 105, n. 3, p. 613-620, 2012.

WITTMANN, M. The inner experience of time. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1525, p. 1955-1967, 2009.

WITTMANN, M. et al. Social jetlag: misalignment of biological and social time. **Chronobiology International**, v. 23, n. 1-2, p. 497-509, 2006.

YOON, I. Y. et al. Age-related changes of circadian rhythms and sleep-wake cycles. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 51, n. 8, p. 1085-1091, 2003.

ANEXO A – TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ESTUDO: Estimativa de tempo em Humanos: Ontogênese e variação circadiana

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

Eu, (inserir o nome, profissão, residente e domiciliado na).....

....., portador da Cédula de identidade, RG,

e inscrito no CPF/MF..... nascido(a) em ____ / ____

/_____, abaixo assinado(a), concordo de livre e espontânea vontade em

participar como voluntário(a) do estudo **“Estimativa de tempo em humanos: Ontogênese e variação circadiana”**. Declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas.

Estou ciente que:

- I) O estudo se faz necessário para que se possam descobrir as possíveis relações entre **“Estimativa de tempo em humanos: Ontogênese e variação circadiana”**, ou seja, conhecer as relações entre os ritmos biológicos (o relógio biológico) e a capacidade de realizar tarefas simultâneas.
- II) A participação neste projeto não tem objetivo de me submeter a um tratamento, bem como não me acarretará qualquer despesa pecuniária com relação aos procedimentos médico-clínico-terapêuticos efetuados com o estudo ;

- III) Tenho a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação;
- IV) A desistência não causará nenhum prejuízo à minha saúde ou bem estar físico. Não virá interferir no atendimento ou tratamento médico;
- V) Os resultados obtidos durante este ensaio serão mantidos em sigilo, mas concordo que sejam divulgados em publicações científicas, desde que meus dados pessoais não sejam mencionados;
- VI) Caso eu desejar, poderei pessoalmente tomar conhecimento dos resultados, ao final desta pesquisa
- ☐ Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
- ☐ Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

IX. Concordo que o material poderá ser utilizado em outros projetos desde que autorizado pela Comissão de Ética deste Instituto e pelo responsável por esta pesquisa.

☐ Sim ou ☐ Não

São Paulo, de de 2009

(...) Paciente / (...)responsável

Testemunha 1 : _____

Nome / RG / Telefone

Testemunha 2 :

Nome / RG / Telefone

Responsável pelo Projeto:

Doutorando: Mario André Leocadio Miguel

Telefone para contato: (11) 94927553 e (11) 38046740

ANEXO B - Diário de sono

**GRUPO MULTIDISCIPLINAR DE DESENVOLVIMENTO E RITMOS BIOLÓGICOS
DEPARTAMENTO DE FISIOLOGIA E BIOFÍSICA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS**

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DIÁRIO DE SONO

Nome: _____

Data de nascimento: _____

Instruções:

- Responda a cada questão com a maior honestidade e precisão possível.
- Se você não se lembrar da resposta de alguma pergunta, não invente, apenas deixe em branco.
- Você está participando de um estudo para compreendermos como sua exposição à luz pode afetar a organização dos seus horários de sono.

Data: __ / __ / __

Dia da Semana: _____

1. A que horas você foi deitar ontem? _____
2. Quanto tempo você acha que demorou para pegar no sono?
3. Você lembra de ter acordado e dormido de novo?
 - a) ☐ Sim quantas vezes? _____
 - b) ☐ Não
 - c) ☐ Não me lembro
4. A que horas você acordou hoje? _____
5. Quanto tempo você acha que demorou para levantar da cama? _____
6. Como você foi acordado?
 - a) ☐ Pelo despertador
 - b) ☐ Alguém me chamou
 - c) ☐ Sozinho
7. Você cochilou durante o dia de hoje?
 - a) ☐ Não
 - b) ☐ Sim quantas vezes? _____

Hora que cochilou	Hora que acordou

8. Actímetro

Hora que tirou o actímetro	Hora que colocou-o novamente

ANEXO C - Questionário de cronotipo

1. Considerando apenas o seu bem-estar pessoal e com liberdade total de planejar seu dia, a que horas você se levantaria?

- ☐ 5h00 – 06h30
- ☐ 06h30 – 07h45
- ☐ 07h45 – 09h45
- ☐ 09h45 – 11h00
- ☐ 11h00 – 12h00

2. Considerando apenas o seu bem-estar pessoal e com liberdade total de planejar sua noite, a que horas você se deitaria?

- ☐ 20h00 – 21h00
- ☐ 21h00 – 22h15
- ☐ 22h15 – 24h30
- ☐ 24h30 – 01h45
- ☐ 01h45 – 03h00

3. Até que ponto você depende do despertador para acordar pela manhã?

- ☐ Nada
- ☐ Não Muito
- ☐ Razoavelmente
- ☐ Muito dependente

4. Você acha fácil acordar pela manhã?

- ☐ Nada fácil
- ☐ Não muito fácil
- ☐ Razoavelmente
- ☐ Muito fácil

5. Você se sente alerta durante a primeira meia hora depois de acordar?

- ☐ Nada alerta
- ☐ Não muito alerta
- ☐ Razoavelmente alerta

☐ Muito alerta

6. Como é seu apetite durante a primeira meia hora depois de acordar?

☐ Muito ruim

☐ Não muito ruim

☐ Razoavelmente bom

☐ Muito bom

7. Durante a primeira meia hora depois de acordar você se sente cansado?

☐ Muito cansado

☐ Não muito cansado

☐ Razoavelmente em forma

☐ Em plena forma

8. Se você tem compromisso no dia seguinte e comparando com a sua hora habitual, a que horas você gostaria de ir deitar?

☐ Nunca mais tarde

☐ Menos que uma hora mais tarde

☐ entre uma e duas horas mais tarde

☐ Mais que duas horas mais tarde

9. Você decidiu fazer exercícios físicos. Um amigo sugeriu o horário das 07h00 às 08h00 da manhã, duas vezes por semana. Considerando apenas o seu bem-estar pessoal, o que você acha de fazer exercícios nesse horário?

☐ Estaria em boa forma

☐ Estaria razoavelmente em forma

☐ Acharia isso difícil

☐ Acharia isso muito difícil

10. A que horas da noite você se sente cansado e com vontade de dormir?

☐ 20h00 – 21h00

☐ 21h00 – 22h15

☐ 22h15 – 24h30

☐ 24h30 – 01h45

☐ 01h45 – 03h00

11. Você quer estar no máximo de sua forma para fazer um teste que dura duas horas e que você sabe que é mentalmente cansativo. Considerando apenas o seu bem estar pessoal, qual desses horários você escolheria para fazer seu teste?

☐ 08h00 – 10h00

☐ 11h00 – 13h15

☐ 15h00 – 17h00

☐ 19h00 – 21h00

12. Se você fosse deitar às 23h00 em que nível de cansaço você se sentiria?

☐ Nada cansado

☐ Um pouco cansado

☐ Razoavelmente cansado

☐ Muito cansado

13. Por alguma razão você foi dormir várias horas mais tarde do que é seu costume. Se no dia seguinte você tiver hora certa para acordar, o que aconteceria?

☐ Acordaria na hora normal, sem sono

☐ Acordaria na hora normal, com sono

☐ Acordaria na hora normal e dormiria novamente

☐ Acordaria mais tarde do que seu costume

14. Se você tiver que ficar acordado das 04h00 às 06h00 da manhã para realizar uma tarefa e não tiver compromissos durante o dia, o que você faria?

☐ Só dormiria depois de fazer a tarefa

☐ Tiraria uma soneca antes da tarefa e dormiria depois

☐ Dormiria bastante antes e tiraria uma soneca depois

☐ Só dormiria antes de fazer a tarefa

15. Se você tiver que fazer duas horas de exercício físico pesado e considerando apenas o seu bem-estar pessoal, qual destes horários você escolheria para iniciar?

☐ Das 08h00 às 10h00

☐ Das 11h00 às 13h00

- ☐ Das 15h00 às 17h00
- ☐ Das 19h00 às 21h00

16. Você decidiu fazer exercícios físicos. Um amigo sugeriu o horário das 22h00 às 23h00 horas, duas vezes por semana. Considerando apenas o seu bem-estar pessoal, o que você acha de fazer exercícios nesse horário?

- ☐ Estaria em boa forma
- ☐ Estaria razoavelmente em forma
- ☐ Acharia isso difícil
- ☐ Acharia isso muito difícil

17. Suponha que você pode escolher o seu próprio horário de trabalho e que você deva trabalhar cinco horas seguidas por dia. Imagine que seja um serviço bem interessante e que você ganhe por produção. Qual horário você escolheria para iniciar?

- ☐ 24h00 – 04h00
- ☐ 05h00 – 07h00
- ☐ 08h00 – 09h00
- ☐ 10h00 – 13h00
- ☐ 14h00 – 19h00
- ☐ 20h00 – 23h00

18. Quando você atinge seu melhor momento de bem-estar?

- ☐ 24h00 – 05h00
- ☐ 05h00 – 08h00
- ☐ 09h00 – 10h00
- ☐ 11h00 – 17h00
- ☐ 18h00 – 22h00
- ☐ 22h00 – 24h00

19. Fala-se em pessoas matutinas e vespertinas (as primeiras gostam de acordar cedo e dormir cedo, as segundas de acordar tarde e dormir tarde). Com qual desses tipos você se identifica?

- ☐ Tipo matutino
- ☐ Mais matutino que vespertino

- () Mais vespertino que matutino
- () Tipo vespertino

ANEXO D - IQSP**ÍNDICE DE QUALIDADE DO SONO DE PITTSBURGH**

Instruções:

- 1) As questões a seguir são referentes aos hábitos de sono apenas durante o mês passado.
- 2) Suas respostas devem indicar o mais corretamente possível o que aconteceu na maioria dos dias e noites do mês passado.
- 3) Por favor, responda a todas as questões.

1) Durante o mês passado, à que horas você foi deitar à noite na maioria das vezes?

HORÁRIO DE DEITAR: ____:_____

2) Durante o mês passado, quanto tempo (minutos) você demorou para pegar no sono, na maioria das vezes?

QUANTOS MINUTOS DEMOROU PARA PEGAR NO SONO: _____

3) Durante o mês passado, a que horas você acordou de manhã, na maioria das vezes?

HORÁRIO DE ACORDAR: ____:_____

4) Durante o mês passado, quantas horas de sono por noite você dormiu? (pode ser diferente do número de horas que você ficou na cama)

HORAS DE SONO POR NOITE: _____

5) Durante o mês passado, quantas vezes você teve problemas para dormir:

a) Demorar mais de 30 minutos para pegar no sono

() nenhuma vez () menos de uma vez por semana

() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

b) Acordar no meio da noite ou de manhã muito cedo

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

c) Levantar-se para ir ao banheiro

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

d) Ter dificuldade para respirar

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

e) Tossir ou roncar muito alto

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

f) Sentir muito frio

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

g) Sentir muito calor

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

h) Ter sonhos ruins ou pesadelos

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

i) Sentir dores

- () nenhuma vez () menos de uma vez por semana
() uma ou duas vezes por semana () três vezes por semana ou mais

j) Outra razão, por favor, descreva:

Quantas vezes você teve problemas para dormir por esta razão durante o mês passado?

- ☐ nenhuma vez ☐ menos de uma vez por semana
☐ uma ou duas vezes por semana ☐ três vezes por semana ou mais

6) Durante o mês passado, como você classificaria a qualidade do seu sono?

- ☐ Muito boa ☐ ruim
☐ Boa ☐ muito ruim

7) Durante o mês passado, você tomou algum remédio para dormir, receitado pelo médico, ou indicado por outra pessoa (farmacêutico, amigo, familiar) ou mesmo por sua conta?

- ☐ nenhuma vez ☐ menos de uma vez por semana
☐ uma ou duas vezes por semana ☐ três vezes por semana ou mais

Qual(is)?

8) Durante o mês passado, se você teve problemas para ficar acordado enquanto estava dirigindo, fazendo suas refeições ou participando de qualquer outra atividade social, quantas vezes isso aconteceu?

- ☐ nenhuma vez ☐ menos de uma vez por semana
☐ uma ou duas vezes por semana ☐ três vezes por semana ou mais

9) Durante o mês passado, você sentiu indisposição ou falta de entusiasmo para realizar suas atividades diárias?

- ☐ Nenhuma indisposição nem falta de entusiasmo
☐ indisposição e falta de entusiasmo pequenas
☐ Indisposição e falta de entusiasmo moderadas
☐ muita indisposição e falta de entusiasmo

10) Você cochila? ☐ Não ☐ Sim

Caso Sim –Você cochila intencionalmente, ou seja, pôr que quer?

() Não () Sim

Para você, cochilar é

() Um prazer () Uma necessidade () Outro – qual?

ANEXO E - WHOQOL-BREF

Questionário de qualidade de vida e saúde (WHOQOL-BREF)

Instruções:

Este questionário é sobre como você se sente a respeito de sua qualidade de vida, saúde e outras áreas de sua vida. Por favor, responda a todas as questões. Se você não tem certeza sobre que resposta dar em uma questão, por favor, escolha entre as alternativas a que lhe parece mais apropriada. Esta, muitas vezes, poderá ser sua primeira escolha.

Por favor, tenha em mente seus valores, aspirações, prazeres e preocupações. Nós estamos perguntando o que você acha de sua vida, tomando como referência as duas últimas semanas. Por exemplo, pensando nas últimas duas semanas, uma questão poderia ser:

Você deve circular o número que melhor corresponde ao quanto você recebe dos outros o apoio de que necessita nestas últimas duas semanas. Portanto, você deve circular o número 4 se você recebeu "muito" apoio.

Por favor, leia cada questão, veja o que você acha e circule no número e lhe parece a melhor resposta.

Como você avaliaria sua qualidade de vida?

		muito ruim	ruim	nem ruim nem boa	boa	muito boa
1	Como você avaliaria sua qualidade de vida?	1	2	3	4	5

		muito insatisfeito	insatisfeito	nem satisfeito nem insatisfeito	satisfeito	muito satisfeito
2	Quão satisfeito(a) você está com a sua saúde?	1	2	3	4	5

As questões seguintes são sobre o quanto você tem sentido algumas coisas nas últimas duas semanas:

		nada	muito pouco	mais ou menos	bastante	extremamente
3	Em que medida você acha que sua dor (física) impede você de fazer o que você precisa?	1	2	3	4	5
4	O quanto você precisa de algum tratamento médico para levar sua vida diária?	1	2	3	4	5
5	O quanto você aproveita a vida?	1	2	3	4	5
6	Em que medida você acha que a sua vida tem sentido?	1	2	3	4	5
7	O quanto você consegue se concentrar?	1	2	3	4	5
8	Quão seguro(a) você se sente em sua vida diária?	1	2	3	4	5
9	Quão saudável é o seu ambiente físico (clima, barulho, poluição, atrativos)?	1	2	3	4	5

As questões seguintes perguntam sobre quão completamente você tem sentido ou é

capaz de fazer certas coisas nestas últimas duas semanas.

		nada	muito pouco	médio	muito	completamente
10	Você tem energia suficiente para seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
11	Você é capaz de aceitar sua aparência física?	1	2	3	4	5
12	Você tem dinheiro suficiente para satisfazer suas necessidades?	1	2	3	4	5
13	Quão disponíveis para você estão as informações que precisa no seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
14	Em que medida você tem oportunidades de atividade de lazer?	1	2	3	4	5

As questões seguintes perguntam sobre quão bem ou satisfeito você se sentiu a respeito de vários aspectos de sua vida nas últimas duas semanas.

		muito insatisfeito	insatisfeito	nem satisfeito nem insatisfeito	satisfeito	muito satisfeito
16	Quão satisfeito(a) você está com o seu sono?	1	2	3	4	5
17	Quão satisfeito(a) você está com sua capacidade de desempenhar as atividades do seu dia-a-dia?	1	2	3	4	5
18	Quão satisfeito(a) você está com sua capacidade para o trabalho?	1	2	3	4	5
19	Quão satisfeito(a) você está consigo mesmo?	1	2	3	4	5
20	Quão satisfeito(a) você está com suas relações pessoais (amigos, parentes, conhecidos, colegas)?	1	2	3	4	5
21	Quão satisfeito(a) você está com sua vida sexual?	1	2	3	4	5
22	Quão satisfeito(a) você está com o apoio que você recebe de seus amigos?	1	2	3	4	5
23	Quão satisfeito(a) você está com as condições do local onde mora?	1	2	3	4	5
24	Quão satisfeito(a) você está com o seu acesso aos serviços de saúde?	1	2	3	4	5
25	Quão satisfeito(a) você está com o seu meio de transporte?	1	2	3	4	5

Com que frequência você tem sentimentos negativos tais como mau humor, desespero, ansiedade, depressão?

		nunca	algumas vezes	Frequen- -tamente	muito frequentement e	sempre
26	Com que frequência você tem sentimentos negativos tais como mau humor, desespero, ansiedade, depressão?	1	2	3	4	5