

FLÁVIO AUGUSTINO BACK

PADRÃO TEMPORAL DE EXPOSIÇÃO AO CICLO CLARO/ESCURO
NATURAL E EXPRESSÃO DOS CRONOTIPOS EM UMA REGIÃO RURAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação do Instituto de Ciências Biomédicas
da Universidade de São Paulo para obtenção
do Título de Mestre em Ciências Biológicas.

São Paulo

2008

FLÁVIO AUGUSTINO BACK

PADRÃO TEMPORAL DE EXPOSIÇÃO AO CICLO CLARO/ESCURO
NATURAL E EXPRESSÃO DOS CRONOTIPOS EM UMA REGIÃO RURAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Área de Concentração: Fisiologia

Orientador: Luiz Menna-Barreto

DEDICATÓRIA

A meus pais que viveram por muitos anos na roça
e a todos os trabalhadores rurais do planeta que dão de comer ao mundo.

AGRADECIMENTOS

A toda a população do distrito de Graciosa que além de ter desnudado a intimidade de seus lares para mim, ajudaram-me constantemente durante a coleta de dados.

Aos meus familiares que residem no distrito de Graciosa, sem os quais a execução dessa pesquisa, muito provavelmente, teria sido inviável.

Aos meus pais pelo constante apoio em todos os momentos de minha vida, apoio este que influenciou diretamente na conclusão deste trabalho.

À família de minha irmã, cunhado e sobrinha, que sempre estiveram comigo.

Aos amigos do laboratório que me ajudaram em vários momentos ao longo da pós-graduação, tanto na vida acadêmica quanto, principalmente, na vida extra-acadêmica. Todos eles sabem o quanto são importantes para mim.

À minha linda namorada, Adriana, que apareceu nos acréscimos do segundo tempo perfumando e colorindo o cenário de minha vida, tornando-o muito mais agradável; só tem melhorado.

À Rose e ao Leiva que moraram comigo durante um ano e meio ao longo da pós-graduação e participaram de vários momentos em que tive dificuldades em vários planos da vida, inclusive acadêmico, e sempre me ajudaram da maneira que podiam.

Ao Menna, meu orientador, com quem, além do aprendizado que tive ao conviver com ele, aprendi muitas coisas, dentre elas novas formas de ser ler o mundo.

Aos meus amigos Fernando Louzada e Cláudia Moreno que foram indispensáveis em todos os momentos ao longo do mestrado.

Aos meus amigos de infância que sempre me incentivaram mesmo tendo que perder por uns tempos o amigo para São Paulo.

Às “meninas” da biblioteca, Tereza e Eva, e as meninas do xerox, Jú e companhia, que nos últimos momentos do parto participaram ativamente do processo com a melhor disposição possível, sou profundamente grato a vocês.

“O mundo não é assim, ele está sendo assim”

Paulo Freire

RESUMO

Back, FA Padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural e expressão dos cronotipos em uma região rural. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Humana) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, 2008.

Sabemos que a expressão dos cronotipos resulta de influências genéticas e ambientais. Existem evidências na literatura que nos permitem supor a participação do padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural no estabelecimento dos cronotipos. Neste estudo nosso objetivo principal foi comparar a distribuição de cronotipos de dois grupos que vivem na mesma região rural, mas que apresentam padrões temporais de exposição ao ciclo claro/escuro muito distintos. Ao mesmo tempo, avaliamos a satisfação dos voluntários com seus horários de início de trabalho. Para isso estudamos dois grupos: Grupo de Trabalhadores em Ambiente Aberto (GTAA) e Grupo de Trabalhadores em Ambiente Fechado (GTAF). O GTAA foi composto por 29 voluntários com idade média de $30,8 \pm 10,0$ anos, enquanto o GTAF foi composto por 20 voluntários com idade média de $30,8 \pm 9,8$ anos. Aplicamos o questionário de matutividade e vespertividade e um questionário sobre os horários de trabalho para todos os voluntários, na maioria das vezes, em suas casas. Medidas das intensidades luminosas dos ambientes de trabalho dos voluntários foram coletadas. Comparamos a pontuação do questionário de cronotipos e a diferença entre o horário em que os voluntários trabalham e o horário em que gostariam de trabalhar entre os dois grupos. Usamos o teste estatístico de Kruskal-Wallis para essas comparações. Fizemos também uma regressão linear entre a pontuação do questionário de matutividade e vespertividade e a idade dos voluntários, um coeficiente de correlação foi obtido. Sugerimos com nossos resultados que o contexto fótico associado às naturezas espacial e temporal da ocupação laboral (contexto não-fótico) dos indivíduos pode modular a expressão dos cronotipos. Devido ao contexto fótico associado ao contexto não-fótico dos voluntários, o GTAA parece se ajustar melhor aos seus horários diurnos de trabalho. Finalmente, discutiremos neste trabalho a importância de se contextualizar socialmente a sincronização fótica de humanos para se estudar a expressão dos cronotipos.

Palavras-chave: Ciclo claro/escuro natural. Cronotipos. Contexto fótico. Contexto não-fótico. Cronobiologia humana. Horário de trabalho.

ABSTRACT

Back, FA Temporal pattern of exposure to natural light/dark cycle and expression of morningness/eveningness tendencies in a rural area. 2008. 71 f. Master thesis (Human Physiology) - Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, 2008.

It is known that the expression of the chronotypes results from both genetic and environmental influences. There are evidences in the literature which allow us to believe in the participation of the temporal pattern of exposition to the natural light/dark cycle in the establishment of the morningness/eveningness tendencies. In this study, our specific goal was to compare the distribution of the chronotypes in two groups of people sharing the same rural region for living, but with very different temporal patterns of exposition to the light/dark cycle. We also evaluated the satisfaction of the volunteers with their work schedule. Two groups were studied: Indoor Environment Group of workers (IEG) and Outdoor Environment Group (OEG) of workers. The OEG comprised 29 volunteers with average age of 30.8 ± 10.0 years old and the IEG 20 volunteers with average age of 30.8 ± 9.8 years old. We applied the Morningness-Eveningness Questionnaire and other questionnaire about the working time for all volunteers, most of times, in their homes. Measures of the light intensity of the volunteers' working places were collected. We compared the scores of the questionnaire of chronotypes and the difference between the time in which the volunteers work and the time in which they would like to work, between the two groups. We used the statistic test of Kruskal-Wallis for these comparisons. We also applied a linear regression model between the score of the morningness-eveningness questionnaire and the age of the volunteers, obtaining a correlation coefficient. We suggest with our results that the photic context associated with the spacial and temporal natures of the working occupation, non-photoc context, may modulate the expression of peoples' chronotypes. Because of the photic context associated to the non-photoc context of the volunteers, the OEG seems to have a better adjustment to the morning shift. Finally, we discuss the importance of taking social context in consideration in studies of photic synchronization of humans.

Key words: Natural light/dark cycle. Chronotypes. Photic context. Non-photoc context.

Human chronobiology. Work schedule.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	35
2.1 OBJETIVO GERAL	35
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	35
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1 PRIMEIRA ETAPA – PILOTO.....	37
3.2 SEGUNDA ETAPA – COLETA DEFINITIVA	38
3.2.1 SUJEITOS	39
3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS CRONOTIPOS	40
3.2.3 DIFERENÇA ENTRE OS HORÁRIOS HABITUAIS E IDEAIS DE TRABALHO	40
3.2.4 MEDIDAS DAS INTENSIDADES LUMINOSAS.....	41
3.3 ANÁLISE DE DADOS	42
4 RESULTADOS	44
4.1 PADRÃO DE EXPOSIÇÃO AO CICLO CLARO/ESCURO NATURAL	44
4.2 RESULTADOS DA PONTUAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DE CRONOTIPOS E DA DIFERENÇA ENTRE OS HORÁRIOS HABITUAIS E IDEAIS DE TRABALHO	45
5 DISCUSSÃO	48
5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA OPERAÇÕES CIENTÍFICAS FUTURAS.....	58
6 CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	
1 Termo de consentimento livre e esclarecido	
2 Identificação de tendências no eixo matutinidadade/vespertinidade	
3 Questionário sobre horários de trabalho	

APRESENTAÇÃO GERAL

A dinâmica e oscilante relação existente entre a Terra, o Sol e a Lua, aliada à inclinação natural do eixo da Terra, gera sinais temporais que se evidenciam nitidamente nas mudanças periódicas das condições ambientais. As alterações regulares dos níveis das águas oceânicas, por exemplo, traduzem a variação das forças de atração gravitacional exercidas tanto pela lua quanto pelo sol, que variam de acordo com a movimentação da Terra. As marés, decorrentes desse jogo previsível de forças geofísicas, oscilam diariamente com um período de aproximadamente doze horas e vinte quatro minutos. As modificações recorrentes dos níveis de luminosidade natural, dia após dia, engendram o notável ciclo claro/escuro ou dia/noite; encerrando um ciclo completo a cada vinte quatro horas. Ao longo do ano, devido ao movimento de translação da Terra, alguns ciclos geofísicos combinam-se de forma variada gerando condições ambientais distintas; decorrentes, principalmente, das mudanças de temperatura, luminosidade e umidade. A discretização dessas mudanças em estações do ano, observada em muitas culturas, denuncia, de certa forma, a atenção dada pelo homem às mudanças ambientais cíclicas.

Até que ponto a vida, das formas de organização mais simples até as mais complexas, condiciona sua expressão aos contextos ambientais associados aos ciclos da natureza? O atual estágio do conhecimento cronobiológico nos permite afirmar que os organismos apresentam a capacidade de gerar um tempo que se correlaciona com o tempo de algum ciclo geofísico do meio em que vivem, o que está associado à história adaptativa das espécies (WOELFLE et al., 2004). A harmonização entre os ciclos externos (ambientais) e os ritmos internos (organismos) se dá através de um processo chamado de sincronização (MOORE, 1999). O principal sincronizador, sinalizador temporal, para a maioria das espécies é o ciclo dia/noite natural (CZEISLER et al., 1986).

O fato de a espécie humana ser ativa durante a fase clara do dia a caracteriza

como espécie diurna. Esta característica não impede a expressão de preferências individuais por nichos temporais consideravelmente distintos. Há pessoas que preferem iniciar a ocupação dos espaços, sociais ou não, nos horários mais precoces do dia; enquanto outras pessoas preferem começar o dia mais tardiamente. Esses sujeitos são chamados, respectivamente, de matutinos e vespertinos (HORNE; ÖSTBERG, 1976).

Na tentativa de compreender melhor a contribuição de fatores ambientais, principalmente o padrão de exposição ao ciclo claro/escuro natural, nas preferências por tempos diferentes, ou por espaços temporalmente contextualizados, é que se justifica o presente trabalho.

1 INTRODUÇÃO

O ambiente natural apresenta-se como cenário cíclico desde tempos muito remotos do ponto de vista das histórias da Terra e da matéria viva. Isso significa que os organismos vivos já conviviam com os processos cíclicos do ambiente, muito provavelmente, a partir de sua origem (DUNLAP et al., 2004). Processos esses que se configuram nos contextos gerados pela interação dinâmica, variação das forças de atração, entre a Terra, o Sol e Lua: o dia e a noite, estações do ano e a oscilação das marés.

Ao longo da história dos humanos ocidentais, desde a Grécia antiga, houve relatos da alternância de eventos da natureza, paralelamente à observação dos ciclos geofísicos supracitados. Os chineses, com sua milenar escola de medicina, já consideravam, sabiamente, a ritmicidade biológica nos métodos de diagnóstico e de tratamento (GOLOMBEK, 2002). No entanto, um dos primeiros relatos sobre ritmo biológico, com caráter mais científico, foi feito pelo historiador Andróstenes de Thasos em 325 a. C., que ao acompanhar as explorações de Alexandre, o Grande, descreveu o movimento periódico diário das folhas da planta *Tamarindus indicus*, o tamarindo (*apud* SCHILDKNECHT, 1983 *apud* MARQUES; MENNA-BARRETO, 2003). As observações fenomenológicas mais antigas de ciclos biológicos, e até mais recentemente, assumiam, em suas descrições, expressa ou tacitamente, que os processos cíclicos do ambiente eram as forças dirigentes que de alguma forma estariam envolvidos na geração dos diversos eventos biológicos rítmicos.

No século XVIII, mais especificamente em 1729, o astrônomo francês Jean Jacques d'Ortous de Mairan descreveu os movimentos das folhas de uma planta, uma espécie de *Mimosa*, mantida ao longo de três dias seguidos no escuro constante; isolada dos ciclos ambientais de claro/escuro (*apud* MOORE-EDE et al., 1982). O cientista francês observou que a planta continuava a apresentar os movimentos periódicos das folhas mesmo em condições onde “não existiam” informações temporais externas; sugerindo, por conseguinte, a existência de alguma espécie de “relógio” interno que informasse o tempo à planta. Esse achado foi a primeira constatação científica de um possível caráter endógeno da ritmicidade biológica, suscitando nos dois séculos seguintes debates sobre a origem da ritmicidade biológica.

A discussão sobre a origem endógena ou exógena dos ritmos biológicos somente foi abandonada definitivamente quase no final do século XX (BRADY, 1987); apesar de evidências irrefutáveis sobre a natureza endógena da ritmicidade biológica terem se

acumulado desde o final do século XIX em vários organismos (MARQUES; MENNA-BARRETO, 2003). A verificação de ritmos biológicos em bactérias, fungos, plantas e animais atesta a ubiquidade de um sistema de temporização intrínseco na matéria viva. A existência de um sistema temporizador interno permite aos organismos se anteciparem às mudanças regulares do ambiente, implicando numa vantagem adaptativa.

A capacidade antecipatória de muitos organismos só é possível devido à representação do tempo externo realizada pelo sistema de temporização circadiano (circa- por volta; diano – um dia). Este sistema envolve neurônios capazes de gerar uma oscilação endógena auto-sustentada, que recebem informações temporais do ambiente, sincronizam-se à uma oscilação externa e transmitem essa oscilação ajustada a outros setores do organismo. Em mamíferos os neurônios presentes nos núcleos supraquiasmáticos do hipotálamo parecem ser os principais osciladores biológicos; uma vez que a lesão desses núcleos abole a maioria dos ritmos fisiológicos circadianos, como endócrinos e comportamentais (MOORE; EICHLER, 1972; STEPHAN; ZUCKER, 1972).

Os núcleos supraquiasmáticos de roedores são um par de dois densos aglomerados de células nervosas, funcionalmente distintos, contendo aproximadamente 10.000 neurônios; posicionam-se lateralmente ao terceiro ventrículo e posteriormente ao quiasma óptico (ABRAHAMSON; MOORE, 2001). Uma grande proporção dos neurônios dos supraquiasmáticos são espontaneamente ativos tanto *in vivo* quanto *in vitro*, expressando padrões rítmicos robustos de emissão de potenciais de ação com um período de ~24h; disparando a uma alta frequência durante o dia e a uma baixa frequência à noite (MEIJER et al., 1998). Enquanto neurônios individuais dos núcleos supraquiasmáticos apresentam um padrão de funcionamento naturalmente rítmico, as fases dos neurônios são sincronizadas por propriedades de rede, desses núcleos, formando uma saída coerente e biologicamente relevante (ATON; HERZOG, 2005). Oscilações de genes de expressão rítmica em células nervosas individuais, possivelmente

acoplados às oscilações das taxas de disparos elétricos, formam a base mais “íntima”, segundo as leituras orientadas pelos paradigmas vigentes nas ciências biológicas, da ritmicidade intrínseca (GUILDING; PIGGINS, 2007).

Os núcleos supraquiasmáticos, em mamíferos, recebem aferências diretas da retina, através do trato retino hipotalâmico (MENAKER, 2003). A melanopsina, proteína fotorreceptora localizada nas células ganglionares da retina, reage às modificações da intensidade luminosa do ambiente (HATTAR et al., 2002). Esses estímulos luminosos são codificados e em seguida transmitidos na forma de implusos nervosos aos núcleos supraquiasmáticos. Por esses sinais luminosos repetirem-se no tempo, constituem-se em informações temporais. Essa via permite que a oscilação dos neurônios dos núcleos supraquiasmáticos sofra ajustes em função da oscilação dos níveis de luminosidade provenientes do ciclo claro/escuro natural. A oscilação ajustada, sincronizada ao ciclo ambiental, é transmitida para outros sítios neurais imprimindo uma lógica temporal interna para o funcionamento de todo o organismo.

Os núcleos supraquiasmáticos emitem eferências que podem ser divididas em três grandes vias de saída: uma para a área pré-óptica medial e para o núcleo paraventricular talâmico, outra para a área retroquiasmática e para a cápsula de núcleos ventromediais e uma outra, a que contém o maior número de axônios, que termina nas zonas subparaventriculares ventral e dorsal (SAPER et al., 2005). Estas estruturas neurais retransmitem as informações temporais para outros sistemas, interferindo nos padrões temporais da liberação de hormônios, do controle da temperatura e do sistema nervoso autônomo e da expressão dos comportamentos.

O reconhecimento dos genes de expressão rítmica tem permitido a identificação de tecidos neurais e não neurais, em roedores, que contêm a maquinaria molecular necessária para a geração de ritmos endógenos. Oscilações diárias nos genes de expressão rítmica ou de proteínas têm sido identificadas em uma variedade de regiões

cerebrais, dentre elas: núcleos hipotalâmicos, amígdala, tálamo, bulbo olfatório e cerebelo, assim como a glândula pineal (GUILDING; PIGGINS, 2007). Dessa forma, mais do que simplesmente transmitir uma oscilação para células arrítmicas, os núcleos supraquiasmáticos parecem sincronizar neurônios de natureza previamente oscilatória; que parecem depender da oscilação das taxas de disparos elétricos dos mesmos para poder gerar impulsos elétricos de forma rítmica. A oscilação diária molecular parece se correlacionar com o padrão temporal das taxas de disparos elétricos apenas nos núcleos supraquiasmáticos; ou seja, outras regiões neurais rítmicas somente emitirão sinais elétricos ciclicamente mediante a comunicação com os núcleos supraquiasmáticos (INOUE; KAWAMURA, 1979).

Osciladores externos ao sistema nervoso foram encontrados nos seguintes tecidos biológicos: gastrointestinal, hepático, pulmonar, cardíaco, renal e muscular (BRANDSTAETTER, 2004; DAMIOLA et al., 2000; SCHIBLER; RIPPERGER; BROWN, 2003; STOKKAN et al., 2001; YOO et al., 2004). O ritmo de funcionamento desses osciladores periféricos depende diretamente do padrão temporal da ingestão de alimentos e líquidos. Estes eventos metabólicos acabam atuando como pistas temporais externas, interferindo na sincronização desses osciladores pelos núcleos supraquiasmáticos; cujo funcionamento, por sua vez, é sincronizado ao ciclo claro/escuro, no caso dos mamíferos.

O conceito de sincronização dos ritmos biológicos, tal como o conhecemos hoje, somente poderia emergir, ao longo do desenvolvimento da cronobiologia, num cenário no qual o caráter endógeno da ritmicidade biológica fosse aceito como fato. Os primeiros cientistas a investigar a endogenicidade da ritmicidade biológica em humanos tiveram de elaborar protocolos nos quais o ambiente estaria ausente de informações temporais. Por isso, alguns cientistas, como o estadunidense Nathaniel Kleitman, na década de 30 do século passado, e o francês Michel Sifre, na década de 60 do mesmo século, com o apoio de suas respectivas equipes, enclausuraram-se durante dias em cavernas para auto-

observar seus ritmos de temperatura e de vigília/sono (DUNLAP et al., 2004). Nestes ambientes cavernícolas, variáveis ambientais como a luminosidade, temperatura e umidade do ar não oscilam. Os ritmos continuavam a se expressar mesmo nessas condições constantes, só que com um período diferente das 24h.

Paralelamente às observações de Sifre, dois pesquisadores alemães, Aschoff e Wever, estudavam humanos em condições de constância ambiental (WEVER, 1979). Esses pesquisadores submetiam indivíduos a unidades de isolamento temporal e faziam descrições de variáveis biológicas ao longo do tempo. Nessas unidades os indivíduos tinham o acesso ao relógio vetado e ausência de contatos sociais regulares e de variação periódica dos níveis de luminosidade, de temperatura e umidade do ar; ou seja, sem quaisquer pistas externas que pudessem evidenciar a passagem do tempo. Os ciclos de iluminação eram gerados pelos próprios indivíduos, que tinham acesso aos interruptores. Nessas condições controladas de constância ambiental a observação de ritmos nos sujeitos evidenciaria uma marca endógena da ritmicidade; como de fato evidenciou (ASCHOFF, 1965). Os ritmos circadianos observados nessa situação de constância ambiental são identificados pela expressão “livre-curso”.

Em condições constantes, uma das formas de avaliação consiste em calcular o período endógeno, intrínseco, circadiano ou tau (τ). O tau é a duração de um ciclo completo de um ritmo biológico – ritmo circadiano da temperatura retal ou da melatonina, por exemplo – em condições nas quais o indivíduo não está sincronizado a nenhum ciclo ambiental. Nos primeiros estudos achava-se que o período endógeno médio da espécie humana era próximo de 25h (WEVER, 1979). Em estudos mais recentes, devido ao uso de protocolos diferentes, nos quais variáveis desconhecidas anteriormente são controladas, um período médio com uma duração um pouco menor, ~24,18h, tem sido descrito (CZEISLER et al., 1999; WRIGHT et al., 2001). O termo circadiano justifica-se assim, em condições de livre-curso os períodos são próximos (circa), mas não iguais, a

um dia. ■

Esse construto teórico, período endógeno, representa a duração completa de um ciclo da oscilação de algum ritmo biológico em um ambiente laboratorial atemporal. Diferentemente da duração dos protocolos utilizados em estudos com outras espécies (PITTENDRIGH; DAAN, 1976), os protocolos usados para se avaliar o tau em humanos, não costumam ser longos. Esta condição metodológica soma-se também ao fato de que essa característica é avaliada somente na idade adulta de forma desvinculada do contexto social do voluntário. Um pressuposto desses experimentos em condições constantes e controladas é que esse cenário “elimina” mascaramentos – o que nos parece bastante discutível quando entendemos a possibilidade de mascaramento interno (e.g. tédio, sonolência, etc...). Obrigamo-nos a pensar até que ponto essa variável, em humanos, é um atributo endógeno ou se é um reflexo da inércia da sincronização num contexto natural (ou pós-efeito), do qual o indivíduo provém, associado a um componente, logicamente existente, endógeno. Independentemente da duração média, em torno da qual obviamente existirá uma variação, o fato revelador, sob nosso ponto de vista, é que as oscilações biológicas endógenas do organismo humano multi-oscilatório são plásticas, individuais e devem se ajustar às 24h do ambiente.

Scheer et al. (2007), demonstraram recentemente que o período endógeno em humanos apresenta plasticidade num contexto laboratorial; podendo, sua duração, ser modificada dependendo da duração do ciclo externo a que o indivíduo se submete previamente. É importante sublinhar, do ponto de vista político-científico, que esse achado é fruto de um trabalho, de custo astronômico (cem mil dólares, em média, por voluntário), cujos autores perguntaram se era possível sincronizar indivíduos ao ciclo dia/noite de Marte, de 24,65h. Questões políticas à parte, que influenciam e sempre influenciaram, como sabemos, diretamente o rumo do desenvolvimento científico, pensamos, novamente, que se a plasticidade do período endógeno pôde ser evidenciada em

condições artificiais, supomos que em condições naturais isso possa ocorrer das mais diferentes formas; considerando a gama de pistas temporais do ambiente que podem se combinar de formas distintas, em momentos distintos da vida, de forma duradoura ou não.

O ajuste dos ritmos biológicos aos ciclos ambientais ocorre devido à recepção, processamento e integração dos sinais temporais externos pelo sistema de temporização circadiana. O ciclo natural ao qual os ritmos serão sincronizados dependerá da importância do mesmo na história evolutiva da espécie em questão. O ciclo claro/escuro é o principal sincronizador, arrastador ou zeitgeber (neologismo alemão; zeit – tempo/ geber – doador) para os mamíferos (MEIJER; MICHEL; VANSTEENSEL, 2007). Pelo fato das informações temporais provenientes desse ciclo adentrarem o organismo via retina, por serem informações luminosas, esse processo é chamado de sincronização fóptica (MOORE, 1999).

Inicialmente, achava-se que os contatos sociais eram os principais agentes externos sincronizadores dos ritmos biológicos de humanos, embora o ciclo claro/escuro natural fosse considerado como o pano de fundo temporal (WEVER, 1979). A partir da metade da década de 80 do século passado, o estadunidense Charles Czeisler e sua equipe publicaram uma série de investigações acerca do efeito de estímulos luminosos sobre o sistema de temporização circadiana humano (CZEISLER et al., 1986). A partir desse momento, o ciclo claro/escuro natural passou, aos poucos, a ser considerado o principal sincronizador para a espécie humana também (DUFFY; WRIGHT, 2005).

Às informações temporais fópticas somam-se outras informações que também marcam a passagem do tempo, mas que não são veiculadas pela via retino-hipotalâmica. Por essa razão são chamadas de pistas temporais não-fópticas ou sincronizadores não-fópticos (MROSOVSKY et al., 1996). Dentre as pistas não-fópticas descritas em humanos estão: os horários escolares (LOUZADA; MENNA-BARRETO, 2003; PEIXOTO, 2007) e de trabalho, os horários de alimentação (KRAÜCHI et al., 2003) e a realização de

exercício físico aeróbio em alguns horários (BAEHR et al., 2003; BARGER et al., 2004; BUXTON et al., 1997; BUXTON et al., 2003; EASTMAN et al., 1995; KLERMAN et al., 1998; MIYASAKI et al., 2001; VAN REETH et al., 1994). Em condições naturais os humanos estão expostos a um conjunto de pistas não-fóticas que se embutem/sobrepõem a um pano de fundo fótico, claro/escuro natural. Em decorrência disso, devido, também, à dificuldade de se demonstrar o efeito de uma pista não-fótica em humanos de forma isolada, há pesquisadores que sugerem que as pistas não-fóticas estariam simplesmente mediando a sincronização às 24h do ambiente por interferir no padrão de exposição à luz (MISTLBERGER; SKENE, 2005). Apesar de existirem evidências de efeito direto de pistas não-fóticas em outros mamíferos e sugestões de vias neuroanatômicas envolvidas (MISTLBERGER; SKENE, 2004).

Finalmente, a diferença entre as durações do período exógeno (ambiente) e endógeno exige um ajuste no segundo para possibilitar que o organismo expresse seus comportamentos em consonância com as mudanças previsíveis do ambiente. A imposição de condições cíclicas do meio, às quais os organismos têm de se sincronizar, produz uma relação unívoca entre os períodos dos sincronizadores e o período do sincronizado. O ajuste do período endógeno é possível devido à responsividade desigual do sistema de temporização circadiano aos sincronizadores em diferentes momentos, fases, do dia.

Sabemos que do final da noite ao início da manhã, em humanos, o sistema de temporização responde à luz adiantando os osciladores; ao passo que do final da tarde ao começo da noite a resposta desencadeada é o atraso de fase dos osciladores (CZEISLER et al., 1989; JEWETT et al., 1997; KHALSA et al., 2003; MINORS; WATERHOUSE; WIRZ-JUSTICE, 1991). Esses atrasos e adiantamentos permitem que uma relação estável de fase entre o organismo e o meio se estabeleça e se mantenha; com as fases de sono e de vigília, por exemplo, se manifestando nas fases de escuro e de claro

naturais, respectivamente, de forma estável ao longo dos dias. A representação gráfica da direção, atraso ou adiantamento, e da magnitude, quantas horas, das mudanças de fase é chamada de curva de resposta dependente de fase; pois dependendo da fase em que o estímulo é dado as respostas podem ser de adiantamento, de atraso, de diferentes magnitudes, ou pode, inclusive, ser nula (mais freqüente entre as porções de adiantamento e de atraso de fase). A magnitude da mudança, no caso dos estímulos luminosos, depende da intensidade, da duração, do momento em que ocorre a estimulação e do comprimento de onda da luz (DUFFY; WRIGHT, 2005; THAPAN; ARENDT; SKENE, 2001). Geralmente a magnitude do atraso de fase tende a aumentar gradualmente na medida em que o estímulo se aproxima do momento em que a temperatura central tende a atingir os valores mínimos (batifase), ordinariamente, em média, de madrugada; do mesmo modo, ao passo que o estímulo se distancia da batifase da temperatura a resposta de adiantamento, máxima no início, reduz gradativamente. Esses ajustes, chamados também de deslocamentos de fase, permitem que em um contexto natural o período dos ritmos biológicos do indivíduo se ajuste às 24 horas.

É possível também que as mudanças dos níveis de atividade física contribuam de alguma forma à sincronização às 24 horas. Em estudos laboratoriais alguns autores demonstraram que estímulos de exercício físico aeróbio são capazes de provocar atrasos de fase quando administrados na fase noturna (BAEHR et al., 2003; BARGER et al., 2004; BUXTON et al., 1997; EASTMAN et al., 1995; MIYASAKI et al., 2001; VAN REETH et al., 1994). Adiantamentos de fase foram encontrados, mas os horários em que esses efeitos foram desencadeados variou entre os estudos, entre pulsos dados juntamente de manhã e de tarde (MIYASAKI et al., 2001), somente 6 horas depois de acordar (KLERMAN et al., 1998) e somente no final da tarde (BUXTON et al., 2003). Buxton et al. (2003), criaram uma curva de resposta dependente de fase ao exercício físico aeróbio com os resultados acumulados de diferentes investigações em seu laboratório. Segundo

Buxton et al. (2003), esperaríamos adiantamentos de fase no final da tarde, muito antes da batifase da temperatura central, enquanto já no início da noite atrasos de fase seriam desencadeados, com a magnitude dos atrasos aumentando na medida em que o horário de administração do estímulo se aproxima da batifase da temperatura central.

Beersma e Hiddinga (1998) investigaram se o aumento dos níveis de atividade física em uma condição laboratorial poderia provocar mudanças no período endógeno. Foram estudados três grupos, um controle, sedentário, e outros dois experimentais, cujos aumentos nos níveis de atividade física diferiam, tendo um se exercitado em intensidades leves e o outro em moderadas. Todos os indivíduos tiveram de tentar ajustar seus ciclos vigília/sono ao longo de 20 horas. A idéia era testar se o aumento do nível de atividade física durante a fase da vigília, gerando um maior contraste, ao longo do experimento, poderia provocar mudanças no período endógeno dos indivíduos. Embora a duração do período endógeno tenha tendido a diminuir depois da intervenção, na seqüência, do grupo controle, ao experimental menos ativo para o experimental mais ativo, não houve diferenças significativas entre os grupos.

No cotidiano pistas temporais não-fólicas se associam a pistas temporais fólicas. Conhecidos os efeitos do exercício físico aeróbio sobre o sistema de temporização alguns pesquisadores investigaram se os efeitos das pistas não-fólicas, aumento do nível de atividade física, poderia se somar a pistas fólicas em um ambiente laboratorial. (BAEHR ET AL., 1999; YOUNGSTEDT ET AL., 2002). Os autores não encontraram aumentos na resposta do sistema de temporização dos voluntários com os estímulos associados, sugerindo que os efeitos dos pulsos de luz suprimem os efeitos do exercício físico enquanto informação temporal, em laboratório. Não sabemos as implicações da associação, no cotidiano, das pistas temporais fólicas a um aumento do nível de atividade física sobre a sincronização às 24 horas.

A sincronização às 24 horas consiste no estabelecimento de uma relação temporal

estável com o meio. Um dos aspectos importantes em humanos dessa relação é a alocação temporal dos ritmos ao longo do ciclo claro/escuro natural. Existe uma variabilidade interindividual muito grande nesse processo de alocação. Existem indivíduos, por exemplo, que preferem acordar e dormir em horários não muito distantes dos crepúsculos matutino e vespertino, ao passo que outros indivíduos preferem acordar no meio da fase clara natural e dormir na metade da fase escura. Aos indivíduos que tendem a alocar seus ritmos biológicos mais cedo em relação aos outros se atribui a denominação de cronotipo matutino, enquanto as pessoas que propendem a dispor seus ritmos em fases mais tardias designam-se como cronotipos vespertinos. A diferença de fase dos ritmos se expressa em todos os níveis conhecidos da organização fisiológica de um indivíduo: comportamental, bioquímico e molecular (BAILEY; HEITKEMPER, 2001; HORNE; ÖSTBERG, 1976; KERKHOF et al., 1996; LIU et al., 2000; TAILLARD et al., 2003; WATERHOUSE et al., 2001).

A forma descontextualizada de como o conceito cronotipo é geralmente definido, como no parágrafo superior, impele-nos a compreendê-lo não como um processo e sim como um estado de uma tendência imutável; salvaguardada a mudança “natural” ao longo da vida. Desde o ambiente intra-uterino o feto já começa a conviver com, e sincronizar-se aos processos cíclicos da mãe (SERON-FERRE et al., 2007). Ao longo do desenvolvimento e maturação do sistema de temporização circadiana o tempo externo começa a ser representado internamente. Em ratos, nesta fase da vida, início da vida pós-natal, o padrão de exposição à luz pode afetar algumas respostas do sistema de temporização à luz para o resto da existência (CAMBRAS; DÍEZ-NOGUERA, 1991, CANAL-CORRETGER et al., 2001; CANAL-CORRETGER et al., 2003).

Ao longo da principal fase de maturação do sistema de temporização circadiana, na espécie humana durante o primeiro ano de vida (MENNA-BARRETO et al., 1996), a relação temporal com o meio, que já se iniciara muito antes, passa a contar com o

desenvolvimento da relação direta com os ciclos ambientais, embora possamos considerar o útero materno como ambiente do feto em desenvolvimento e aí se trata também de relação direta. A exposição às variações derivadas do ciclo dia/noite dependerá da rotina do lar, se o tiver, do recém-nascido, em qualquer lugar do planeta. Os horários de trabalho, formal ou não, dos membros da família influenciarão diretamente na organização temporal externa do bebê; a existência de múltiplos contextos sócio-econômicos familiares, cujos serviços, ao herdar a mudança, principalmente, da organização temporal social inglesa durante a revolução industrial (THOMPSON, 1998), podem se distribuir ao longo das 24h, dos mais estáveis aos mais instáveis, diversificando fortuitamente essa organização.

Há evidências de correlações entre a estação do ano em que o indivíduo nasce e o cronotipo na idade adulta, devido possivelmente a diferenças de fotoperíodo no momento do nascimento (MONGRAIN; PAQUET; DUMONT, 2006; NATALE; ADAN, 1999). Da infância para a adolescência uma relação teórica com a dimensão temporal inicia-se; o aprendizado da leitura da passagem do tempo, cuja matematização difundiu-se ao longo da história dos humanos devido ao desenvolvimento e expansão do capitalismo industrial, reforça substancialmente, nas culturas globalizadas, essa relação.

Percebemos que as crianças tendem a ser mais matutinas (ROENNEBERG et al., 2007), já para os púberes, adolescentes também, há muitas evidências, em condições controladas ou não, de uma maior tendência à vespertinidade (CARSKADON et al., 1993). Louzada (2000) comparou os padrões de sono de adolescentes de diferentes contextos sócio-culturais e encontraram diferenças. Os adolescentes de regiões rurais pareceram ter a tendência ontogenética de atrasar a fase dos ritmos biológicos, quando comparados aos adolescentes urbanos, atenuada. Esse achado revela a plasticidade dos cronotipos nesta fase da vida.

A fase subsequente à puberdade e à adolescência, cujos términos podem coincidir

ou não, dada a natureza biopsicosocial do segundo fenômeno, é a fase adulta. Nesta fase que se concentra a maioria dos achados sobre os cronotipos. É nessa fase ontogenética também que encontramos uma maior variedade, por abranger uma grande parte da ontogênese, de cronotipos (ROENNEBERG et al., 2004). Com o decorrer da idade aparece uma tendência contrária à encontrada na puberdade, os indivíduos propendem a adiantar a fase de seus ritmos biológicos, tendendo a tornarem-se mais matutinos (MONK; KUPFER, 2007).

Considerando a ontogênese dos cronotipos, é indubitável que exista um componente genético, endógeno, que oriente alguma tendência no eixo matutividade/vespertinidade. Alguns pesquisadores têm dedicado seus estudos para entender melhor as bases moleculares do cronotipo. A preferência diurna foi associada aos polimorfismos dos genes CLOCK (KATZENBERG et al., 1998) e PER 3 (ARCHER et al., 2003; PEREIRA et al., 2005;). Apesar da mediação molecular na expressão dos cronotipos, sugerida por alguns autores, não estar bem estabelecida na literatura, é muito provável que a contribuição desse fator seja importante para o produto ontogenético “final” dos cronotipos; principalmente, nos casos extremos (LAMONT et al., 2007).

Associado às mudanças dos cronotipos ao longo da ontogênese existe um cenário socialmente estruturado. Uma relação temporal com o meio, imersa num cenário social em constante mutação, é construída ao longo da vida, exibindo plasticidade em fases ontogenéticas mais precoces; passamos a maior parte do tempo de nossa vida, enquanto espécie, na fase adulta. Assim é razoável supor que, somada à plasticidade ontogenética dos cronotipos, tenhamos uma plasticidade mais imediata dependente da relação em desenvolvimento com os sincronizadores. Sugerimos que a tendência ontogenética dos cronotipos seja esculpida pelos contextos não-fóticos e fóticos, indissociáveis no cotidiano, inclusive na idade adulta. Adicionalmente, existem evidências suficientes que nos permitem especular sobre um componente ambiental – conjunto de fatores

ambientais - que poderia se contrapor a alguma tendência, atenuar ou até mesmo potencializar a expressão de determinados cronotipos.

Há evidências, que dependendo da forma como são interpretadas, podem nos fazer compreender os cronotipos de uma forma mais estática. Exemplo disso é o surgimento de uma hipótese relativa a diferenças na duração do período endógeno, tau, entre os diferentes cronotipos (KERKHOF, 1985). Duffy, Rimmer e Czeisler (2001), com esta perspectiva, investigaram essa questão em adultos. Os autores encontraram uma correlação estatisticamente significativa entre a duração do tau e a pontuação resultante do questionário de cronotipos de Horne e Östberg (1976). Quanto mais matutinos eram os voluntários menor era a duração do tau. Esse achado confirma a hipótese de que diferentes cronotipos apresentam diferentes taus; entretanto, não nos autoriza a dizer que a preferência diurna deriva da duração do período endógeno. Como assinalamos previamente, o fato de o tau ser plástico impede-nos de afirmar que o mesmo, da forma como é avaliado em humanos, é a expressão fidedigna de uma tendência genética.

Outras características biológicas auxiliam na compreensão das diferentes preferências diurnas. Em alguns recortes, em adultos jovens, os autores relataram existir uma diferença no ângulo de fase de arrastamento entre vespertinos e matutinos (DUFFY et al., 1999; LIU et al., 2000). O ângulo de fase de arrastamento é a diferença no tempo entre algum marcador circadiano (ex: fase endógena do surto da melatonina, batifase da temperatura, etc...) e alguma fase do ciclo vigília/sono medida no cotidiano dos voluntários. Um maior ângulo de fase de arrastamento tem sido encontrado nos matutinos, ou seja; enquanto os matutinos tenderiam a acordar horas depois da batifase da temperatura central, que tende a ser de madrugada, os vespertinos tenderiam a acordar num momento mais próximo dos valores mínimos da temperatura (DUFFY et al., 1999; LIU et al., 2000). Os autores sugeriram que a fase circadiana endógena ocorre mais cedo nos indivíduos com preferências matutinas, com relação ao ciclo vigília/sono

habitual, quando comparados aos de preferência mais vespertina. Wright et al. (2005), demonstraram que o ângulo de fase de arrastamento pode ser afetado pelo período endógeno e pela duração, dependente da intensidade luminosa, de exposição à luz.

Mongrain et al. (2004), levantaram a hipótese de que as diferenças encontradas nos ângulos de fase de arrastamento entre matutinos e vespertinos poderiam decorrer da restrição social imposta aos horários de sono. Geralmente, enquanto os matutinos têm de atrasar seus horários de sono para freqüentar um nicho temporal mais vespertino nos fins de semana, os vespertinos obrigam-se a ocupar um nicho mais matutino para iniciar uma jornada laboral ou escolar nos dias de semana (ROENNEBERG et al, 2003). Mongrain et al. (2004), estudaram uma população de universitários em situação de férias, relativamente livres de restrições sociais. Mesmo nesta situação os indivíduos com fases endógenas mais tardias tenderam a apresentar menores ângulos de fase de arrastamento. Todavia, a fase endógena de alguns matutinos e vespertinos se sobrepunha. O fato de a pontuação do questionário de Horne e Östberg (1976), para avaliar o cronotipo, não se correlacionar com a fase endógena em alguns indivíduos, tanto matutinos quanto vespertinos, fez com que os autores levantassem a hipótese de que algum outro mecanismo, possivelmente relacionado à regulação homeostática do sono, estivesse implicado.

Em 2006, Mongrain et al. (2006), evidenciaram diferenças na cinética da mudança de alguns estágios do sono entre matutinos e vespertinos, cujas fases endógenas se sobrepõem. Segundo os autores esses resultados ajudam a explicar o porquê de na ausência de uma diferença circadiana, mesma fase endógena de matutinos e vespertinos, a fase de sono no cotidiano pode diferir significativamente. Em outras palavras, a preferência por diferentes horários de sono poderia derivar, de forma independente, em alguns casos, da diferença de dissipação da pressão do sono, mais ou menos acelerada, entre os indivíduos. Em 2007, Mongrain e Dumont (2007), revelaram que matutinos

apresentaram uma maior resposta homeostática à fragmentação do sono do que vespertinos; fortalecendo a hipótese da diferença da regulação homeostática do sono entre os cronotipos.

Uma diferença que parece ser mais generalizada entre os matutinos e vespertinos é o hábito de exposição à luz. Goulet et al. (2007), descreveram, pela primeira vez, o padrão de exposição à luz de indivíduos com diferentes preferências diurnas ao longo de 24h, livres de compromissos sociais que interferissem nos padrões de sono. Os autores observaram que os matutinos se expuseram a maiores intensidades luminosas de manhã.

Em nosso trabalho, abordaremos uma perspectiva diametralmente inversa a do estudo supramencionado: avaliar os cronotipos de pessoas que apresentam rotinas de exposição à luz distintas entre si, divididas em dois grupos; tendo um dos grupos uma relação com o ciclo claro/escuro natural muito particular que o distingue acentuadamente da maior parte da população urbana mundial.

O contexto fótico, entendido aqui como pano de fundo luminoso gerado pela ocupação social do indivíduo, parece influenciar a responsividade do sistema de temporização. Smith et al. (2004) e Hébert et al. (2002), investigaram em laboratório e em campo, respectivamente, a supressão do surto de melatonina após duas condições prévias de luminosidade. Ambos os grupos de pesquisadores observaram que na situação em que os indivíduos se expuseram previamente a menores intensidades luminosas, ocorreu uma maior supressão do surto da melatonina frente a um mesmo estímulo luminoso, comparado à exposição a intensidades mais robustas. Esses autores sugerem que a responsividade do sistema de temporização circadiana à noite, depende do histórico fótico recente, ou de luminosidade. Jasser et al. (2006), observaram uma menor supressão dos níveis de melatonina depois de uma adaptação, de duas horas, a baixas intensidades luminosas, quando comparadas à adaptação prévia ao escuro, na fase noturna.

Os achados sobre histórico fótico em humanos levam-nos automaticamente a refletir sobre os resultados de alguns estudos relacionados. Alguns autores relataram que pulsos de luz, com durações de 5h em média, nas intensidades luminosas de 106, 150, 180 e 500lx são capazes de mudar a fase dos ritmos circadianos de temperatura retal, melatonina e cortisol em humanos (BOIVIN et al., 1996; BOIVIN; CZEISLER, 1998; ZEITZER et al., 2000; ZEITZER et al., 2005; WATERHOUSE et al., 1998). No entanto, nestes estudos as condições prévias de luminosidade não foram devidamente controladas, não nos permitindo portanto avaliar até que ponto a variação da responsividade à luz, derivada de diferentes históricos fóticos, pode ter gerado respostas de diferentes magnitudes. Transportando essa análise para um contexto natural, esperaríamos que em pessoas que se expõem mais ao claro natural, cronicamente, a luz artificial à noite exerça um menor efeito sobre o sistema de temporização circadiana; quando comparadas às pessoas que ocupam ambientes fechados por um tempo consideravelmente maior ao longo do dia.

Muito recentemente foi publicado um estudo no qual os pesquisadores analisaram a resposta a estímulos luminosos, à noite, de dois grupos de trabalhadores, adultos jovens, de ambientes aberto e fechado (RUFIANGE et al., 2007). O trabalho em ambiente fechado era executado em escritórios e laboratórios, enquanto os trabalhadores do ambiente aberto eram jardineiros, entregadores de produtos a domicílio e operários de construção civil. Embora uma diferença, na direção esperada segundo a hipótese levantada, tenha sido encontrada na supressão dos níveis de melatonina entre os grupos, com uma maior supressão ocorrendo nos trabalhadores de ambiente fechado, ela não foi estatisticamente significativa. Uma grande variabilidade de respostas ao teste de supressão diluiu as diferenças. No entanto, os autores verificaram uma correlação, estatisticamente significativa, que revelou que quanto maior a exposição à luz de maiores intensidades, menor a supressão da melatonina.

Existem alguns indícios de que o padrão de exposição à luz pode afetar o comportamento da distribuição de cronotipos em uma população. Roenneberg et al. (2003), estudaram a distribuição de cronotipos de 500 indivíduos. A amostra era composta por estudantes do ensino médio, universitários e pessoas da população em geral da Alemanha e da Suíça. Esses autores desenvolveram um questionário que envolve questões sobre exposição à luminosidade e duração de sono nos dias de semana e fins de semana, além de perguntas relacionadas ao cronotipo (ZAVADA et al., 2005). Os pesquisadores observaram que quanto maior a exposição à luminosidade natural nos dias de semana mais adiantada a fase do sono dos indivíduos e maior a tendência à matutuidade.

Em 2007, os cientistas Roenneberg, Kumar e Merrow (2007), publicaram um estudo epidemiológico de cronotipos dos alemães. A amostra de 21600 indivíduos residia em cidades que variavam sua posição geográfica em uma faixa de 9º de longitude, correspondendo aos limites longitudinais de toda a Alemanha. Nessa faixa de longitudes os horários dos crepúsculos das diferentes regiões podem diferir até 36 minutos no dia primeiro do mês de junho, dia de referência usado para as análises. Segundo os pesquisadores se os ritmos biológicos da população alemã fossem sincronizados principalmente por sincronizadores sociais, não deveria existir diferença na distribuição do cronotipo entre cidades que se situam no leste e no oeste. Os autores separaram três grupos de acordo com o número de habitantes das cidades: até 300.000, 300.001 a 500.000 e maior que 500.000. A variação da pontuação dos cronotipos do oeste para o leste correlacionou-se com o *dégradé* formado pela variação dos horários dos crepúsculos. Os autores sugerem que os humanos se sincronizam primariamente ao relógio solar e secundariamente ao relógio social. A maior correlação encontrada foi para os indivíduos residentes em cidades com menos de 300.000 habitantes, sendo estes mais matutinos. Já os indivíduos que vivem em grandes cidades indicaram uma maior

tendência à vespertinidade e uma correlação mais fraca com a progressão leste/oeste do sol. Os cientistas discutiram a possibilidade de os habitantes das maiores cidades estarem menos acoplados ao tempo solar, devido à menor exposição à luz natural. Isso resultaria na redução da força como sincronizador do ciclo claro/escuro natural. Discordamos totalmente da forma como esses dados foram interpretados, nossa discordância será transparecida na discussão desse trabalho.

Em sociedades globalizadas, nos mais variados graus de urbanização, as pessoas tendem a ocupar cada vez mais ambientes iluminados artificialmente; seja de dia, seja à noite. Na fase clara do dia a luminosidade pode alcançar valores de até 50000lx. Ao mesmo tempo, em ambientes fechados a intensidade luminosa geralmente varia entre 100 e 500lx. A redução do tempo de exposição à luminosidade natural, presente na sociedade contemporânea, poderia permitir uma maior expressão de cronotipos mais vespertinos? O distanciamento do tempo natural, mudanças naturais que evidenciam a passagem do tempo, poderia ter alguma implicação no ajuste dos ritmos biológicos aos horários socialmente impostos em consonância com a fase clara do dia?

Algumas evidências apontam para a modulação dos cronotipos dependendo do contexto fótico, ou luminoso, que os indivíduos geram a partir de suas rotinas. Ao mesmo tempo, a plasticidade parece permear as mudanças do sistema de temporização nas primeiras etapas da ontogênese e durante a puberdade. No entanto, a literatura carece de estudos naturalísticos que abordem o caráter plástico do sistema de temporização circadiana na idade adulta.

Por essas razões, pretendemos neste estudo avaliar a expressão dos cronotipos de duas populações, em sua maioria adultos jovens, que apresentam padrões temporais de exposição ao ciclo claro/escuro natural muito distintos, mas que residem no mesmo município em ambiente rural. Nossa hipótese é de que as pessoas que se expõem predominantemente à luz natural ao longo do dia, apresentariam uma maior tendência à

matutividade, comparadas às pessoas que se expõem principalmente à luz artificial na fase clara do dia.

Sugeriremos com nossos resultados que o contexto fótico associado às naturezas espacial e temporal da ocupação laboral, contexto não-fótico, dos indivíduos pode modular a expressão dos cronotipos de pessoas que vivem em uma mesma região rural. Através da discussão dos dados de satisfação dos trabalhadores com o horário de início de trabalho, pretendemos demonstrar, também, a influência do contexto fótico sob o ajuste dos ritmos biológicos a horários diurnos de trabalho. Finalmente, discutiremos a importância de se contextualizar socialmente a sincronização fótica de humanos para se estudar a expressão dos cronotipos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a associação entre o padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural e a expressão das preferências diurnas em dois grupos de trabalhadores rurais, cujos trabalhos os condicionam à ocupação de ambientes aberto, no caso de um grupo, e fechado, no caso do outro, ao longo do dia.

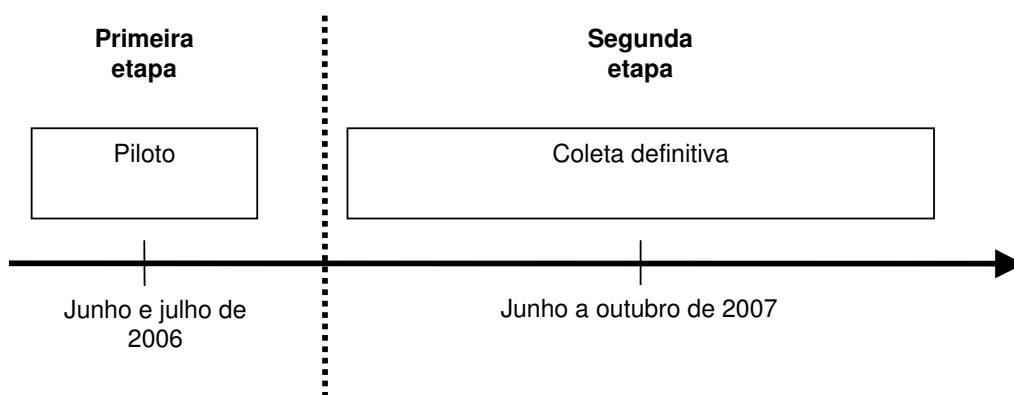
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Compreender como diferentes padrões temporais de exposição ao ciclo claro/escuro natural podem se associar à satisfação com os horários de início de trabalho de dois grupos de trabalhadores rurais cujos contextos fóticos associados aos trabalhos diferem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente trabalho foram estudadas amostras de duas populações de adultos que residem em uma região predominantemente rural no distrito de Graciosa, município de Paranavaí, noroeste do estado do Paraná (Latitude – S 23° 5'; Longitude – O 52° 36'). No distrito vivem aproximadamente 2.000 habitantes; o distrito está a 15Km da cidade de Paranavaí, cuja população totaliza 75.750; segundo informações do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (<http://www.ipardes.gov.br> – 08/02/2007). Paranavaí fica a 750Km a sudoeste da cidade de São Paulo e 500Km a noroeste da cidade de Curitiba.

O trabalho foi dividido em duas etapas, representadas no esquema abaixo.



Anteriormente à realização da primeira etapa, viajamos ao respectivo distrito para investigar a viabilidade de se estudar dois grupos com distintos padrões de exposição ao ciclo claro/escuro natural. Nessa ocasião estabelecemos os primeiros contatos com alguns futuros mediadores entre nós e os possíveis voluntários, em alguns casos com os próprios também, de ambos os grupos. Conversamos com donos de lavouras, roças, com os chamados “gatos” (mediadores entre os donos das roças e os grupos de trabalhadores rurais, mas trabalhadores rurais também) e com trabalhadores rurais, chamados na região de bóias-frias. No caso do grupo que trabalha em ambiente fechado, falamos com gerentes, em um caso com um dono de uma empresa, e funcionários de empresas da região. A impressão geral que tivemos depois dessa primeira visita de natureza

essencialmente exploratória, foi de que o cenário se demonstrava favorável para, em uma próxima visita, iniciarmos um estudo piloto, definido como primeira etapa.

Nessa etapa preliminar tivemos como objetivo primário conhecer o contexto no qual a adequação dos instrumentos de pesquisa, muito provavelmente, se faria necessária para etapas futuras. A obtenção de informações sobre o ciclo vigília/sono, através de conversas informais, das duas populações e uma maior aproximação das mesmas foram também alvo do estudo piloto.

Na segunda etapa avaliamos as preferências diurnas dos voluntários de ambos os grupos, a satisfação dos mesmos com seus horários de início de trabalho e o padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural de um voluntário de cada grupo ao longo de 24 horas, de um dia de serviço.

3.1 PRIMEIRA ETAPA - PILOTO

Entre o início de junho e o final de julho de 2006 realizamos a primeira etapa. Nesta ocasião, dois grupos foram formados de acordo com a predominância de ocupação de espaços abertos ou fechados durante a fase clara do dia:

1 – População de trabalhadores rurais que se expõe predominantemente à luz natural ao longo do dia; identificados daqui para frente como Grupo de Trabalhadores em Ambiente Aberto (GTAA).

2 – População de trabalhadores rurais que ocupam ambientes iluminados artificialmente na maior parte do dia, pertencentes a uma empresa do distrito de Graciosa; designados, daqui por diante, como Grupo de Trabalhadores em Ambiente Fechado (GTAF).

Participaram desta investigação preliminar 12 voluntários no total, pertencendo 6 ao GTAA e ao GTAF outros 6. Os voluntários do GTAF trabalhavam em uma empresa responsável pela produção de maquinários e peças agrícolas; já os voluntários do GTAA trabalhavam em uma lavoura de cultura de mandioca, típica da região noroeste do

Paraná. Todos que participaram do estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO 1).

Nessa ocasião, conversamos informalmente com os voluntários de ambos os grupos sobre seus hábitos de sono. Não menos importante foi a oportunidade de desenvolver uma boa relação não só com os voluntários do estudo como também com seus respectivos amigos e familiares; o que foi essencial na segunda etapa do trabalho.

Todos os doze voluntários do piloto responderam ao questionário para identificação de preferências no eixo matutividade/vespertividade. As intensidades luminosas do ambiente aberto, dos espaços laborais dos voluntários e dos principais cômodos de suas casas foram medidas para se ter uma idéia dos níveis de luminosidade dos ambientes envolvidos em suas rotinas.

Ao analisar os dados dessa primeira etapa encontramos uma diferença estatisticamente significativa na média da pontuação do questionário de cronotipos de Horne e Östberg (1976) entre os grupos, mesmo com um número de apenas 6 voluntários em cada grupo. Os níveis de luminosidade aos quais os voluntários dos dois grupos se expunham eram muito diferentes. Os voluntários que trabalhavam em ambiente aberto se expunham a intensidades luminosas superiores a 20.000lx ao longo do dia, ao passo que os voluntários que trabalhavam em ambiente fechado se expunham entre 170 e 700lx ao longo do dia. Esses diferentes contextos fóticos, somados às informações sobre os hábitos de sono dos voluntários através de conversas informais, fez com que interpretássemos a diferença na pontuação do questionário de cronotipos como um indício de que essa característica estava sendo modulada pelo contexto fótico associado ao trabalho. Decidimos, por essa razão, dar continuidade à pesquisa e manter a proposta original do trabalho.

3.2 SEGUNDA ETAPA – COLETA DEFINITIVA

A segunda etapa do estudo durou cinco meses, iniciando-se no começo de junho de 2007 e terminando na metade de outubro do mesmo ano. Nessa etapa avaliamos os cronotipos de pessoas que trabalhavam em ambientes abertos e fechados daquela região rural; fizemos também algumas perguntas relacionadas aos horários de trabalho das pessoas.

A maior parte das avaliações foi feita nas casas dos voluntários. Alguns voluntários indicaram pessoas que trabalhavam em ambientes abertos e fechados. Na medida em que avaliávamos as pessoas elas indicavam outros voluntários. Em alguns casos, fizemos as avaliações na hora do almoço de algumas pessoas que trabalhavam numa empresa próxima. Os voluntários cediam uns 20 minutos de seu tempo nessa ocasião.

Dois voluntários, um de cada grupo, usaram actímetros com um luxímetro acoplado durante 24 horas de um dia típico de trabalho para registrar o padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural.

3.2.1 SUJEITOS

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Ciências Biomédicas e tem o certificado de apresentação para apreciação ética (CAAE), nº 0016.0.019.000 – 06.

A amostra foi composta por 48 indivíduos do sexo masculino. Pertencem ao Grupo de Trabalhadores em Ambiente Aberto (GTAA) 28 voluntários, idade média de $30,8 \pm 10,0$ (17-50), todos trabalhadores rurais há $11,7 \pm 10,6$ (2-36) anos. Formam o Grupo de Trabalhadores em Ambiente Fechado (GTAF) 20 voluntários, idade média de $30,8 \pm 9,8$ (21-50) que trabalhavam em ambiente fechado há $1,8 \pm 1,2$ (4 meses – 5 anos) anos. Faziam parte do GTAF torneiros mecânicos, funcionários da área administrativa e operadores de máquinas.

O horário de trabalho do GTAA é das 7h às 16:30h. O horário de término pode

variar entre 15 e 18h; mas o horário que os voluntários consideram como padrão, por ser o mais freqüente, é 16:30h. O GTAA trabalha de segunda a sexta. O tempo de deslocamento da casa para o local de trabalho varia, geralmente, entre 30 e 60 minutos para os indivíduos desse grupo. Entre os primeiros 5 e 15 minutos de deslocamento o trajeto é realizado a pé; o resto do percurso é realizado na maioria das vezes de caminhão; os indivíduos vão na carroceria, que é aberta.

O horário de trabalho do GTAF é das 8h às 18h, com o horário de término podendo se estender até às 20h, dependendo do dia. Esse grupo trabalha de segunda a sábado. No sábado o horário de trabalho é das 8h às 16h. Os indivíduos demoram entre 5 e 20 minutos para se deslocar até o trabalho. A maior parte dos voluntários percorre a pé todo o trajeto, alguns vão de motocicleta.

3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DOS CRONOTIPOS

Aplicamos o questionário desenvolvido por Horne e Ostberg (1976), versão em português traduzida e aplicada à população brasileira por Benedito-Silva e colaboradores (1990), em forma de entrevista em ambos os grupos. O pesquisador lia em voz alta, pausadamente, as perguntas e as alternativas; em caso de dúvida por parte do voluntário o pesquisador explicava a idéia central da questão. O questionário encontra-se também na rede na página de nosso grupo (www.crono.icb.usp.br/cronotipo), (ANEXO 2). Este questionário gera uma pontuação que permite identificar tendências à matutividade ou à vespertinidade.

3.2.3 DIFERENÇA ENTRE OS HORÁRIOS HABITUAIS E IDEAIS DE TRABALHO

Fizemos três perguntas aos voluntários, juntamente com outras perguntas relacionadas ao trabalho, para avaliar a satisfação dos mesmos com seus horários de início de trabalho (ANEXO 3). As perguntas, por mais simples que sejam, foram

avaliadas pela pesquisadora Cláudia Moreno, docente da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, que pesquisa a saúde de trabalhadores do ponto de vista cronobiológico. A idéia central é estudar a diferença na dimensão temporal entre o horário em que o indivíduo trabalha e o horário em que ele gostaria de trabalhar.

Denominamos de horários habituais, os horários em que os voluntários trabalham, e de ideais, os horários em que gostariam de trabalhar. Maiores diferenças, entre esses horários, presentes em algum dos grupos, GTAA e GTAF, poderiam refletir uma maior insatisfação com os horários de trabalho. O fato de que ambos os grupos são de trabalhadores diurnos, faz com que os horários de início e término de trabalho não distem dos horários dos crepúsculos matutino e vespertino.

3.2.4 MEDIDAS DA INTENSIDADE LUMINOSA

Um analisador ambiental, modelo THDL - 400[®], foi utilizado para coletar informações referentes à luz. Este aparelho contém termômetro, higrômetro, decibelímetro e luxímetro. Uma fotocélula receptora era posicionada horizontalmente na altura dos olhos do pesquisador para realizar as medições. O aparelho é sensível a uma faixa de intensidades luminosas entre 0 e 20.000lx.

As medições foram feitas no ambiente natural, ambiente de trabalho para o GTAA, e nos espaços internos das duas empresas em que o GTAF trabalhava.

Geralmente ao longo dos primeiros 75 minutos do nascer do sol a intensidade luminosa natural aumentava gradualmente, quando se estabilizava em 20.000lx, o limite de detecção do aparelho. Há registros na literatura de até 50.000lx em lugares abertos. Ao longo da última hora de claro, durante o crepúsculo vespertino, a intensidade luminosa reduzia-se gradualmente. Durante a pesquisa os horários de nascer do sol variaram, de 5 de junho para 15 de outubro, entre 07:06h e 05:58h; já os horários de pôr do sol variaram

entre 17:52h e 18:35h (<http://infotempo.uol.com.br/zml/astro>).

Dentro das empresas a intensidade luminosa variou entre 170 e 700lx de dia.

No início da coleta de dados alguns voluntários usaram um acelerômetro com um sensor de luminosidade acoplado, cujo limite de detecção é de 3.995lx, da marca Ambulatory Monitoring®. O padrão de exposição ao ciclo claro/escuro, ao longo das 24 horas num dia típico de serviço, de um voluntário de cada grupo, será descrito nos resultados com um propósito ilustrativo.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

Primeiramente, para sabermos se nossos dados atendiam às condições exigidas para se usar uma estatística paramétrica, testamos a normalidade dos dados com o teste estatístico de Levene (1960).

Devido à ausência de normalidade para as variáveis dependentes cronotipos e diferença entre horários habituais e ideais de início de trabalho, decidimos usar testes estatísticos não-paramétricos para realizar as comparações.

Os cronotipos derivam da soma da pontuação resultante do preenchimento do questionário de Horne e Östberg (1976). A cada questão do questionário, dependendo da alternativa assinalada, atribuí-se uma pontuação. A soma das pontuações pode variar entre 16 e 86. Maiores valores indicam uma maior tendência à matutuidade, ao passo que menores valores refletem uma maior tendência à vespertinidade. Os valores dos dois grupos, Grupo de Trabalhadores em Ambiente Aberto (GTAA) e Grupo de Trabalhadores em Ambiente Fechado (GTAF), foram comparados usando-se a prova estatística não-paramétrica de Kruskal-Wallis (ZAR, 1984).

O mesmo teste estatístico, o de Kruskal-Wallis (<http://www.le.ac.uk/bl/gat/virtualfc/Stats/kruskal.html>), foi utilizado para se comparar as diferenças entre os horários habituais e ideais de início de trabalho entre os dois grupos, GTAA e GTAF. Maiores

diferenças entre os horários habitual e ideal revelariam uma maior insatisfação com o horário de início de trabalho.

Além das comparações, fizemos um teste de regressão linear entre idade e a pontuação do questionário de cronotipos, coeficientes de correlação foram obtidos. Esse teste permitiu verificar se há alguma tendência de expressão dos cronotipos na faixa ontogenética em que nossos voluntários se encontravam.

4 RESULTADOS

4.1 Padrão de exposição ao ciclo claro/escuro natural

A variável independente que distingue os grupos, é o padrão de exposição ao ciclo claro/escuro natural. O grupo de trabalhadores em ambiente fechado se expunha a intensidades luminosas, ao longo do trabalho, que podiam variar entre 170 e 700lx. Já o grupo de trabalhadores em ambiente aberto se expõe à luz natural ao longo do dia, que pode chegar a 20.000lx uma hora após o nascer do sol. Exemplos do padrão temporal de exposição à luz, registrado a partir do uso do actímetro, ao longo das 24 horas de um dia típico de serviço, de dois indivíduos, um de cada grupo, são ilustrados na figura 1.

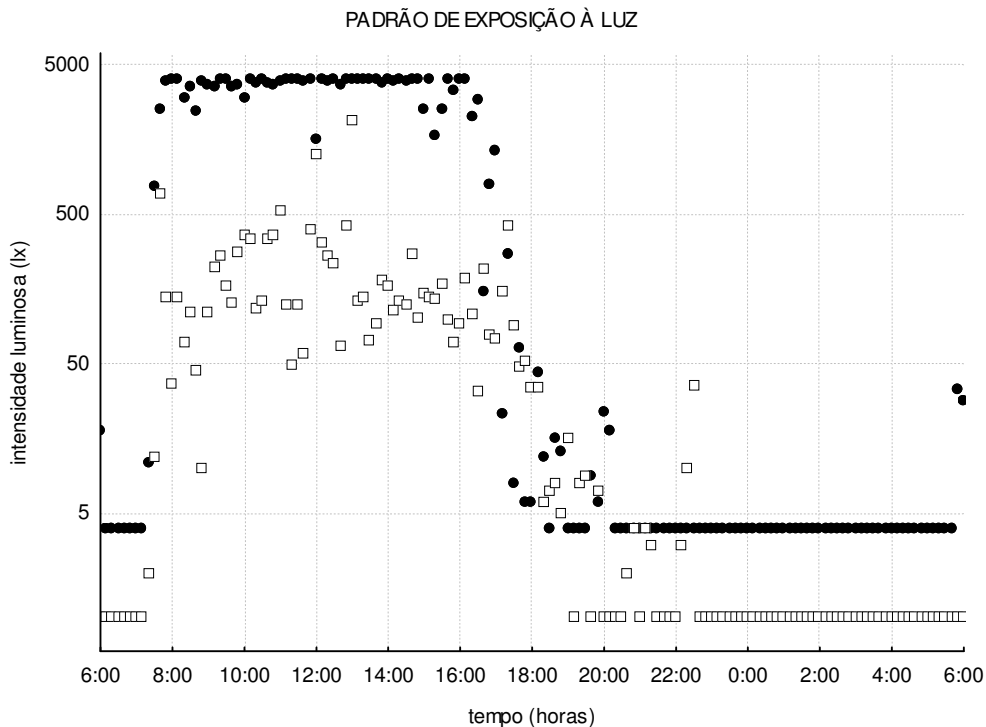


Figura 1. Padrão de exposição à luz de um voluntário de cada grupo ao longo das 24 horas em um dia de serviço. Os círculos pretos representam um indivíduo do grupo de trabalhadores em ambiente aberto e os quadrados brancos representam um indivíduo do grupo de trabalhadores em ambiente fechado. No eixo y estão dispostos os níveis de intensidade luminosa, em lux, escala logarítmica. O eixo x representa o tempo em horas.

Podemos observar que a diferença de luminosidade entre o dia e a noite é muito mais ampla e mais contrastante para indivíduo do GTAA; considerando que o limite de detecção do aparelho utilizado é de 3.995lx.

Todos os voluntários apresentavam energia elétrica em casa. Medidas das intensidades luminosas realizadas nas casas dos voluntários durante o piloto, e em muitos casos, durante a coleta, principalmente para o GTAF, revelaram não haver diferenças. A faixa de intensidades luminosas a que ambos os grupos se expõem em casa, à noite, variou entre 50 e 200lx.

8.2 Resultados da pontuação do questionário de cronotipos e da diferença entre os horários habituais e ideais de trabalho

Devido a ausências de normalidade, conforme os resultados do teste estatístico de Levene, para as variáveis dependentes pontuação do questionário de cronotipos e diferenças dos horários ideais e habituais de trabalho, foram realizadas provas estatísticas não-paramétricas.

Os grupos de trabalhadores em ambientes aberto e fechado, GTAA e GTAF, demonstraram uma diferença estatisticamente significativa na pontuação do questionário dos cronotipos, com o $p < 0,01$, segundo o teste de Kruskal-Wallis. A média da pontuação do questionário de cronotipos para o GTAA é de $58,4 \pm 7,9$, a do GTAF é de $47,5 \pm 6,5$. A distribuição da pontuação do cronotipo de ambos os grupos pode ser observada na figura 2. Podemos observar uma maior concentração de matutinos no grupo de trabalhadores em ambiente aberto.

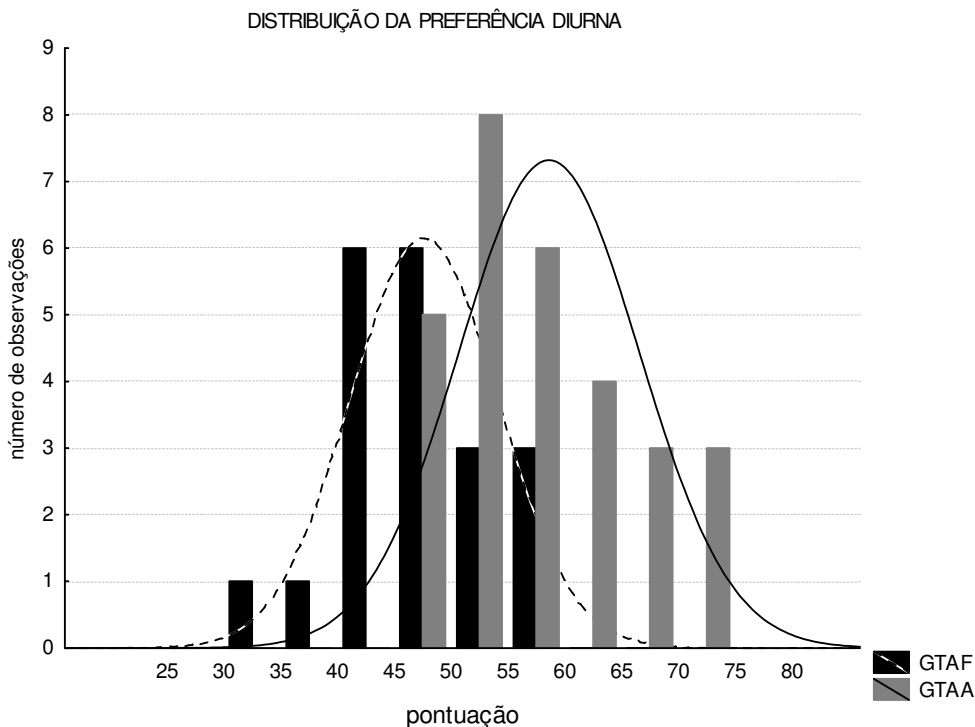


Figura 2. Distribuição da pontuação do questionário de matutinitude/vespertinidade (QMV) para os dois grupos sobrepostos. Colunas cinzas representam o grupo de trabalhadores em ambiente aberto (GTAA), enquanto colunas pretas representam o grupo de trabalhadores em ambiente fechado (GTAF). No eixo Y é demonstrado o número de voluntários. No eixo X são mostradas as pontuações do QMV. Maiores valores dessa pontuação estão associados com preferências matutinas, ao passo que menores valores associam-se com preferências mais vespertinas.

As respostas do questionário de cronotipos e as diferenças entre os horários habituais e ideais de início de trabalho demonstraram coerência. O grupo de trabalhadores de ambiente aberto gostaria de postergar, em média, $31 \pm 75,4$ minutos os horários de início de trabalho; alguns voluntários desse grupo, visto o desvio padrão, gostariam de adiantá-los (Tabela 1). Enquanto o grupo de trabalhadores em ambiente fechado gostaria de atrasar $93 \pm 87,5$ minutos seu horário habitual de início de trabalho. Em outras palavras, o grupo de trabalhadores em ambiente aberto parece estar mais satisfeito com seus horários de início de trabalho. Uma diferença significativa foi detectada entre os grupos com o teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$.

Tabela 1. Descrição das médias das diferenças entre os horários habituais e ideais de trabalho para o Grupo de Trabalhadores em Ambiente Aberto (GTAA) e para o Grupo de Trabalhadores em Ambiente Fechado (GTAF)

GRUPO DE TRABALHADORES EM AMBIENTE ABERTO			GRUPO DE TRABALHADORES EM AMBIENTE FECHADO		
HHT	HIT	DIF	HHT	HIT	DIF
7:00	6:00	-60	8:00	10:00	120
7:00	8:00	60	8:00	8:00	0
7:00	8:00	60	8:00	10:00	120
7:00	7:00	0	8:00	8:00	0
7:00	6:00	-60	8:00	9:00	60
7:00	6:30	-30	8:00	10:00	120
7:00	8:00	60	8:00	8:00	0
7:00	9:00	120	8:00	10:00	120
7:00	6:00	-60	8:00	12:00	240
7:00	7:00	0	8:00	9:00	60
7:00	6:00	-60	8:00	11:00	180
7:00	8:30	90	8:00	13:00	300
7:00	8:00	60	8:00	8:00	0
7:00	7:00	0	8:00	8:00	0
7:00	7:00	0	8:00	11:30	210
7:00	8:00	60	8:00	10:00	120
7:00	7:00	0	8:00	9:00	60
7:00	9:00	120	8:00	8:00	0
7:00	7:00	0	8:00	10:00	60
7:00	8:30	90	8:00	9:30	90
7:00	8:00	60			
7:00	6:00	-60			
7:00	12:00	300			
7:00	8:00	60			
7:00	8:30	90			
7:00	7:00	0			
7:00	7:00	0			
7:00	7:00	0			
7:00	7:00	0			
7:00	7:00	0			
Média	31,0		Média	93	
DP	75,4		DP	87,5	

HHT; horário habitual de trabalho expresso em horas; HIT; horário ideal de trabalho expresso em horas; DIF; diferença calculada entre o horário habitual e ideal de trabalho, expressa em minutos; **DP**; desvio

padrão

A pergunta que fizemos sobre como o indivíduo se sentia em relação a seus horários de início de trabalho demonstrou não ser um bom instrumento para avaliar a satisfação com o mesmo. Todos, de ambos os grupos, invariavelmente, respondiam estar satisfeitos, com exceção de um trabalhador do GTAF, cuja insatisfação residia no fato de ele não gostar do trabalho que fazia, segundo ele. Acreditamos que a pergunta da forma como foi feita demonstrou-se genérica demais. No entanto, na pergunta seguinte, na qual dizia para pensar somente na qualidade de sono, as respostas entre os voluntários podiam diferir consideravelmente, como exposto acima.

Finalmente, um teste de regressão linear foi realizado com as variáveis dependente, pontuação do questionário de cronotipos, e independente, idade, para os dois grupos. O teste demonstrou uma correlação significativa entre a pontuação do questionário de cronotipos e a idade somente no grupo de trabalhadores em ambiente aberto. Na figura 3 está disposta a correlação entre idade e cronotipo para os dois grupos.

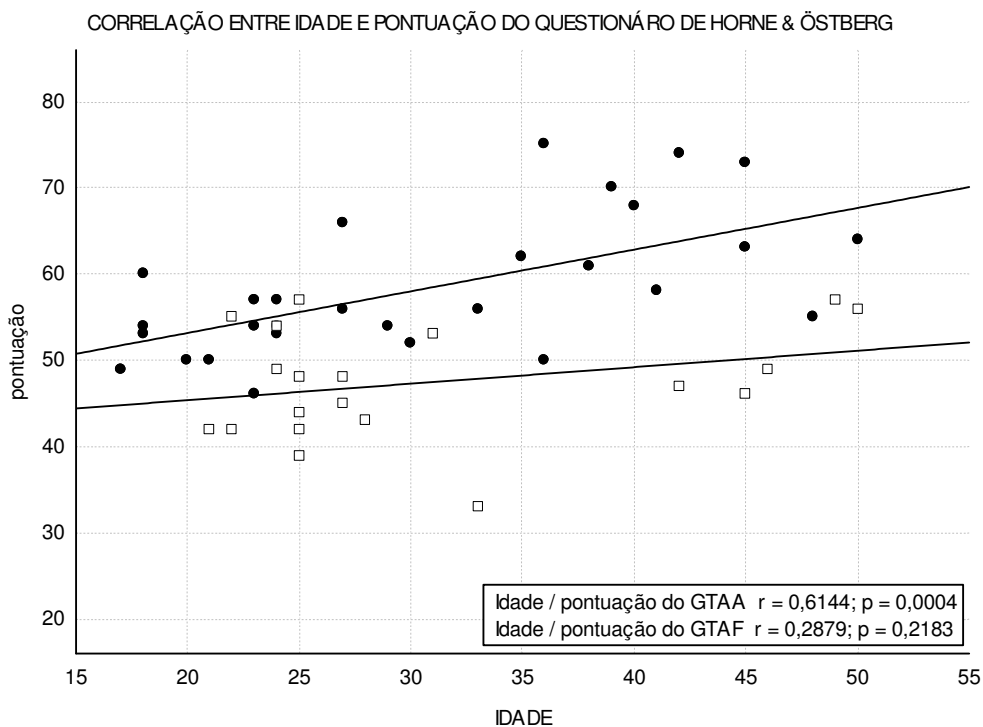


Figura 3. Regressão linear entre idade e a pontuação do questionário de matutividade/vespertinidade. Círculos pretos representam o grupo de trabalhadores em ambiente aberto (GTAA); quadrados brancos representam o grupo de trabalhadores em ambiente fechado (GTAF). No eixo y são demonstradas as pontuações do questionário. No eixo x está disposta a idade dos voluntários.

5 DISCUSSÃO

Neste trabalho estudamos a associação entre diferentes padrões temporais de exposição ao ciclo claro/escuro natural e a expressão dos cronotipos. Avaliamos as preferências por horários de atividade e de sono de voluntários que trabalham em ambientes aberto e fechado e que moram na mesma região rural.

De acordo com nossa hipótese inicial as pessoas que se expõem predominantemente à luz natural tenderiam a apresentar uma maior tendência à matutividade. Em nossos resultados demonstramos haver uma diferença significativa da pontuação do questionário de Horne e Östberg (1976) entre os grupos de trabalhadores em ambiente aberto e de trabalhadores em ambiente fechado, apesar do reduzido tamanho da amostra. Esse achado revelou existir uma diferença na preferência pela ocupação de nichos temporais entre duas populações que vivem num mesmo distrito rural com 2.000 habitantes. Como podemos observar na figura 2, há uma maior concentração de matutinos no GTAA e uma maior concentração de vespertinos no GTAF, havendo uma pequena sobreposição das preferências por nichos temporais intermediários. Nossos resultados corroboram os achados de alguns autores que investigaram a associação entre padrão de exposição à luz e cronotipo (ROENNEBERG; WIRZ-JUSTICE; MERROW, 2003; ROENNEBERG; KUMAR; MERROW, 2007).

Inicialmente, pressupúnhamos, com a pergunta orientadora desse trabalho, que contextos fóticos distintos, diferentes padrões temporais de exposição ao ciclo claro/escuro natural, poderiam modular a expressão dos cronotipos. Nossa pergunta fundamenta-se no conhecimento de diversas características dos efeitos de estímulos luminosos, enquanto informações temporais, que foram investigadas minuciosamente nas duas últimas décadas, sobre o sistema de temporização de humanos (BOIVIN et al., 1996; CZEISLER et al., 1986; CZEISLER et al., 1989; DUFFY; WRIGHT, 2005; HÉBERT

et al., 2002; KHALSA et al., 2003; MINORS; WATERHOUSE; WIRZ-JUSTICE, 1991; SMITH et al., 2004; THAPAN; ARENDT; SKENE, 2001). Os resultados dessa linha de investigação fortaleceram a compreensão de que o ciclo claro/escuro natural era um importante sincronizador para a espécie humana e para os vertebrados em geral. Por outro lado, geraram, em muitos casos, uma perspectiva de leitura que valoriza em demasia o contexto fótico socialmente descontextualizado.

Ao estudar os dois grupos de trabalhadores em ambientes aberto e fechado, já em campo, fomos nos dando conta de que num contexto natural, cotidiano, em nosso caso, o padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural era condicionado pelas naturezas espacial e temporal da ocupação laboral das pessoas. Sugerimos que não faz sentido querer compreender a expressão desses fenômenos no cotidiano separadamente, sendo ambos importantes para a sincronização dos ritmos biológicos do indivíduo ao meio, podendo, a associação diária entre as sincronizações fótica e não-fótica, influenciar na expressão dos cronotipos.

Duas características da organização do trabalho influenciavam diretamente na relação desenvolvida com o sincronizador fótico: o horário de início de trabalho e o ambiente em que o trabalho é realizado. O GTAA começa a trabalhar às 7h, enquanto o GTAF inicia sua jornada de trabalho às 8h. Devido ao fato de o GTAA trabalhar ao ar livre, os voluntários desse grupo se expõem a altas intensidades luminosas ao longo do dia, atingindo 20.000lx às 8h, geralmente, a partir das 6h e 15 minutos (momento em que os voluntários já estão expostos à luz natural para se deslocar até o local de trabalho), acompanhando a variação geofísica dos níveis de luminosidade ao longo do dia. Já o GTAF se expõe à luz natural a partir das 7h e 30 minutos, ocupando ambientes iluminados artificialmente, com intensidades luminosas entre 170 e 700lx, às 8h. A maior parte do resto do dia, com exceção dos horários de almoço e de término do serviço em que exposições à luz natural ocorrem, os voluntários do GTAF permanecem em ambiente

fechado.

Acreditamos que as pistas temporais fóticas condicionadas aos contextos laborais tenham influenciado na satisfação dos voluntários com seus horários de início de trabalho. Estes sincronizadores não-fóticos orientam a organização dos horários de sono e de vigília dos trabalhadores, para que o trabalho se inicie às 7h ou às 8h. Ao chegar ao ambiente de trabalho informações temporais fóticas, configuradas segundo a conformação espacial do ambiente de trabalho, se somam a uma organização temporal estabelecida socialmente. No caso do GTAA estímulos luminosos de alta intensidade incidem em momentos em que o sistema de temporização tende a responder adiantando os osciladores biológicos, conforme a curva de resposta dependente de fase à luz para humanos (CZEISLER et al., 1989; JEWETT et al., 1997; KHALSA et al., 2003; MINORS; WATERHOUSE; WIRZ-JUSTICE, 1991). Além de os voluntários do GTAA se exporem à luz natural em momentos mais precoces do que os do GTAF, teoricamente a magnitude da resposta de adiantamento é maior, a intensidade luminosa e a duração de exposição aos estímulos luminosos seriam outros fatores que potencializariam a resposta de adiantamento. Associado a isso poderia o histórico fótico dos voluntários do GTAA, originado pela repetição dia após dia, nos dias de trabalho, do contexto fótico, reduzir a resposta de atraso de fase à luz à noite, quando comparados ao GTAF (HASHIMOTO et al., 1997; HÉBERT et al., 2002; SMITH et al., 2004; JASSER et al., 2006; RUFIANGE et al., 2007).

Segundo nossa leitura, a sincronização não-fótica do GTAA estaria associada a pistas fóticas de maior intensidade em momentos de maior responsividade à luz para o adiantamento dos osciladores biológicos. Isso, somado ao histórico fótico, permitiria um melhor ajuste dos ritmos biológicos aos horários de trabalho.

Nossos resultados demonstraram que o GTAF gostaria de atrasar em 93 minutos o horário de início de trabalho, mesmo começando a trabalhar uma hora mais tarde do que

o GTAA, que postergaria 31 minutos, em média, caso fosse possível; tendo 6 indivíduos nesse grupo que gostariam de adiantá-los. Pensamos que esse resultado possa ser explicado, pelo menos parcialmente, pelo fato das mudanças da luminosidade natural apresentarem-se menos contrastantes, com um delta menor, para o sistema de temporização dos voluntários do GTAF. A disparidade das diferenças entre os horários habituais e ideais de início de trabalho, em ambos os grupos, poderia ser explicada pela diferença de responsividade ao sincronizador fótico entre os indivíduos e/ou por fatores sociais. Em suma, a sincronização aos horários de trabalho parece se associar a um contexto fótico, que depende das naturezas espacial e temporal, alocação temporal ao longo do ciclo claro/escuro natural e duração, da ocupação laboral dos indivíduos. A associação desses contextos, não-fótico e fótico, atuaria conjuntamente como sincronizador, de forma complementar, afetando o ajuste dos ritmos biológicos dos voluntários aos horários de trabalho; podendo se refletir no grau de satisfação com os mesmos. O pós-efeito do estabelecimento dessa relação temporal, sócio-biológica, na maior parte da semana, influenciaria as preferências por espaços temporalmente contextualizados, expressão dos cronotipos.

Em algumas das assertivas do parágrafo superior não deslegitimamos o ciclo claro/escuro natural como importante sinalizador temporal para a espécie humana. Contudo, ao reorganizar nossa compreensão de alguns conceitos cronobiológicos ao longo da coleta de dados, reposicionamos o conceito de sincronização fótica numa nova teia conceitual; passando a entendê-la como um fenômeno socialmente mediado para os humanos.

A tradição laboratorial de verificação de fenômenos biológicos, muitas vezes, gera uma perspectiva de leitura que quando transportada para um contexto onde não temos o controle das variáveis reduz, em alguns casos, anula em outros, a importância daquelas impossíveis de se testar, em condições “ideais”, laboratorialmente; como é o caso de

qualquer fenômeno social. Ao fazermos isso podemos subestimar, ou simplesmente desconsiderar, a influência de determinadas variáveis sociais na expressão de fenômenos biológicos imersos em contextos socialmente estruturados; relegando-as a um plano afastado do plano de leitura orientado pelo paradigma vigente, cujos frutos das investigações nos permitiriam maior compreensão do processo de sincronização.

Acreditamos que essa idéia se reflete na noção de que alguns pesquisadores têm de que os sincronizadores não-fóticos interferem na relação temporal do organismo com o meio simplesmente por mediar o padrão de exposição ao ciclo claro/escuro natural (DUFFY; WRIGHT, 2005; MISTLBERGER; SKENE, 2005; ROENNEBERG et al., 2007). Nesta lógica, teríamos algumas pistas temporais não-fóticas interferindo na relação com o sincronizador fótico, hierarquicamente superior do ponto de vista da sincronização dos ritmos biológicos. Sob nosso ponto de vista, o fato de desconhecermos os mecanismos neurais envolvidos na sincronização não-fótica social não diminui, de forma alguma, a importância da influência que ela exerce no cotidiano ao reger a organização de nossa relação com o sincronizador fótico, ciclo claro/escuro natural. Em nossa compreensão, no presente estudo, os indivíduos são sincronizados à associação dos horários de trabalho ao padrão temporal de exposição ao ciclo claro/escuro natural. Outras pistas temporais não-fóticas, refeições e atividade física, por exemplo, se adequariam à organização temporal laboral.

Essa leitura coincide com a proposta de um conceito cronobiológico que vêm sendo discutida sistematicamente em nosso laboratório. Devido à tradição de pesquisas de campo em nosso laboratório, voltamos muitas vezes nossa atenção à relação dos ritmos biológicos de humanos com a dimensão temporal social. Fazendo uma alusão ao conceito de Ordem Temporal Interna, cujo entendimento prevê a manutenção de relações de fase estáveis entre eventos biológicos dentro de um organismo, ordenados ao longo do tempo segundo uma lógica temporal interna (Moore-Ede, 1982), Luiz Menna-Barreto

propõe o conceito, diversas vezes comentado em conferências, mas até agora não publicado, de Organização Temporal Externa. Neste conceito é proposto que o indivíduo posicionado em uma organização social mantém relações de fase com os horários impostos socialmente, historicamente estabelecidos, de trabalho ou escolares, por exemplo. Essas relações de fase associam-se às pistas temporais fóticas configuradas segundo a natureza espacial da ocupação social. A associação das pistas temporais fóticas e não-fóticas de natureza social sincronizaria, em última instância, os ritmos biológicos dos indivíduos, condicionados a uma organização temporal externa.

Nossa leitura se opõe à visão de Roenneberg et al. (2007), de que a espécie humana se sincroniza primariamente ao relógio solar; olhar este que revela uma despreocupação com a contextualização social do processo de sincronização fótica. Os trabalhadores noturnos, que representam um grande número dos humanos ativos do mundo, seriam noctívagos que se empregaram ou pessoas que se adequaram há uma organização temporal social?

Dependentes também da ocupação social do indivíduo são os horários das refeições e o nível de atividade física durante o trabalho. O GTAA e o GTAF diferem significativamente quanto ao nível de atividade física, com os voluntários do GTAA tendo um dispêndio energético muito superior devido às atividades executadas na lavoura. Dentre essas atividades encontram-se: arrancar raízes de mandioca do solo, desagrupá-las usando um facão e arremessar cestos, “balaios”, de metal cheios de mandioca, de 30 a 50Kg, para cima de um caminhão. Essas atividades consomem cada uma, aproximadamente, um terço do tempo total de trabalho. Já os voluntários do GTAF executam todas as atividades de trabalho em pé, com exceção de um voluntário do setor administrativo que trabalhava sentado, manipulando ferramentas elétricas e operando máquinas. Para se ter uma idéia da diferença de gasto energético entre essas atividades consultar Vaz et al. (2005), em cujo trabalho compilaram descrições do custo energético

de uma variedade de atividades físicas cotidianas, inclusive, envolvidas em diversos tipos de serviço.

Alguns autores demonstraram em humanos que o nível de atividade física aumentado à noite pode provocar atrasos nos osciladores biológicos (BARGER et al., 2004; BAEHR et al., 2003; BUXTON et al., 1997; EASTMAN et al., 1995; VAN REETH et al., 1994). Resultados de adiantamentos de fase, que seriam provocados pelo aumento da atividade durante o dia, são ainda controversos (KLERMAN et al., 1998; MIYASAKI et al., 2001; BUXTON et al., 2003; ATKINSON et al., 2007). O aumento do nível de atividade física em um experimento laboratorial não afetou a duração do período endógeno dos voluntários (BEERSMA; HIDDINGA, 1998). Orientando-nos por esses resultados, todos coletados em uma situação laboratorial, não esperaríamos que o maior nível de atividade física afetasse a sincronização dos voluntários do GTAA.

Entretanto, não sabemos até que ponto o maior contraste do nível de atividade física entre o dia e a noite, leia-se também contraste térmico e metabólico interno, no GTAA, poderia fortalecer a sincronização aos horários de trabalho juntamente com um maior contraste fótico, com concomitante maior contraste térmico externo. Em estudos nos quais foram investigadas associações entre pulsos de luz e de exercício físico aeróbio não houve diferença no atraso de fase quando apenas pulsos de luz foram dados (BAHER et al., 1999; YOUNGSTEDT et al., 2002). Todavia, nestes estudos uma situação de contraste de atividade física ao longo do dia não foi criada, além do mais em nosso estudo não administramos pulsos de luz, a estimulação luminosa era condicionada ao contexto laboral dos voluntários.

Adicionalmente, o resultado de uma maior oscilação dos níveis de atividade física ao longo das 24 horas, embutida em um contexto de significativos contrastes fisiológicos, ambientais e internos, associados, poderia se somar como informação temporal; visto que a intensa atividade de dia, executada pelos voluntários do GTAA, mas não pelos do

GTAF, poderia influenciar na relação dos mesmos com a fase diurna nos dias livres.

O cenário de informações temporais, gerado pelo contexto social dos voluntários, demonstra-se mais contrastante para um grupo, GTAA, e menos para o outro, GTAF. Quais seriam as implicações desses cenários na expressão dos cronotipos ao longo da ontogênese? Em nossos resultados, figura 4, encontramos uma correlação significativa entre a pontuação dos cronotipos e idade para os voluntários do GTAA e não para os do GTAF. A correlação encontrada para o GTAA coincide com os relatos da literatura (CZEISLER et al., 1992; ROENNEBERG et al., 2004; ROENNEBERG et al., 2007; MONK e KUPFER, 2007).

Nossa hipótese é de que ao longo dos dias de trabalho, devido à organização espacial e temporal do trabalho, ocorra uma maior sincronização do sistema de temporização dos voluntários do GTAA com o claro/escuro natural. Os evidentes contrastes desse ciclo, aliados aos contrastes fisiológicos internos, arrastariam os ritmos biológicos desses voluntários, que tenderiam a se expressar em horários mais matutinos. Essa tendência impressa ao longo da semana impediria que no fim de semana o início da vigília se atrasasse muito com relação aos horários em que isso ocorre nos dias de trabalho. Há evidências de pós-efeito na duração do período endógeno de humanos sincronizados a ciclos com durações diferentes de 24 horas (ENDO et al., 1999; SCHEER et al., 2007). Essa maior tendência à matutividade se expressaria também ao longo da ontogênese e se refletiria num menor desajuste entre os horários de trabalho e os ritmos biológicos; o tamanho de nossa amostra não permite segurança nessas especulações.

No que tange à faixa ontogenética dos cronotipos dos voluntários do GTAF descrita no presente estudo, pensamos que a mesma lógica da hipótese levantada para o GTAA possa ser usada para analisar esse resultado. Uma menor sincronização ao claro/escuro natural ao longo dos dias de trabalho, devido a uma menor exposição à variação natural dos níveis de luminosidade, deixaria essa relação temporal mais lábil. Isso permitiria uma

maior expressão de preferências pouco mais vespertinas, dada a menor importância das informações temporais geradas pelo claro/escuro natural para esse grupo em decorrência da menor exposição ao longo dos dias de trabalho. O resultado desse menor acoplamento entre os ritmos biológicos com as mudanças naturais dos níveis de luminosidade se refletiria numa maior tendência à vespertinidade e num maior desajuste entre os ritmos biológicos e os horários de trabalho, também, ao longo da ontogênese. Assinalamos novamente que o tamanho de nossa amostra enfraquece ou pelo menos relativiza nossas suposições.

Não sabemos qual a extensão da influência do fato de os voluntários do GTAF trabalharem aos sábados. Essa situação impede que eles possam atrasar os horários de início de sono nas sextas-feiras e de término de sono aos sábados, restando apenas um dia para administrar os horários de sono como desejarem. Ao mesmo tempo em que isso seria motivo para eles dormirem até mais tarde no dia em que isso é possível, o fato de eles acordarem seis vezes por semana no mesmo horário, devido ao horário de início de trabalho, pode também fazer com que eles não acordem muito mais tarde no domingo devido ao hábito, que seria uma espécie de condicionamento. Outro fator que pode ter afetado a expressão dos cronotipos desses voluntários, e dos do GTAA também, é o fato de eles viverem em uma região rural, onde a organização temporal das atividades sociais é mais matutina, podendo, eventualmente, arrastá-los para nichos temporais mais matutinos nos dias livres. Mesmo assim os dois grupos apresentaram preferências por ocupação de nichos temporais distintas.

A partir das observações realizadas em nosso estudo, acreditamos que a base para a compreensão da existência de diferentes preferências na dimensão temporal seja a plasticidade do aparato biológico dos indivíduos expressa na relação em desenvolvimento com um meio que se configura socialmente e biologicamente. Por serem os cronotipos expressões fenotípicas, por definição, já esperamos que o momento em que

os avaliamos estamos paralisando um processo cujo fenômeno que se acessa é fruto da construção de uma relação do organismo humano com o meio, que não é só um meio natural, nem mesmo somente um meio social, e sim a associação desses contextos.

5.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Em nosso estudo pretendíamos fazer uma coleta mais detalhada de uma amostra de 10 voluntários de cada grupo. Nesta coleta avaliaríamos os padrões temporais do ciclo vigília/sono dos voluntários nos dias de semana e nos fins de semana. Esses dados seriam importantes para estudarmos a correlação com a pontuação do questionário de cronotipos e para compreendermos melhor a expressão do ciclo vigília/sono em dias com e sem imposição de horários sociais dos trabalhadores rurais de ambientes aberto e fechado. Para fazer tal avaliação os voluntários usariam acelerômetros, com um sensor de luminosidade acoplado, e preencheriam diários de sono ao longo de nove dias, passando por dois fins de semana. Além disso, responderiam questionários sobre condições gerais de saúde e de vida, de hábitos de sono e de caracterização econômica.

Avaliamos 16 pessoas ao longo de nove dias, no entanto 13 pertenciam ao grupo de trabalhadores em ambiente fechado. Dois principais empecilhos obstaculizaram a coleta de dados do grupo de trabalhadores em ambiente aberto, as condições climáticas ruins e a conjuntura econômica desfavorável na região, dependente em boa parte das condições climáticas, na época da coleta de dados. Por esses motivos não tivemos condições adequadas para se avaliar os trabalhadores rurais de ambiente aberto ao longo do trabalho, embora voluntários não faltassem.

Por essas razões utilizamos neste estudo somente os dados dos questionários de cronotipos e de perguntas relacionadas ao trabalho. Aplicamos esses questionários, em sua maioria de casa em casa, em 107 pessoas do distrito de Graciosa. Analisamos os resultados de somente 48 pessoas para homogeneizar as idades dos grupos e os tipos de

serviços em ambientes abertos e fechados. No entanto, o fato de termos avaliado muitas pessoas do distrito de Graciosa, de vários serviços e idades diferentes, homens e mulheres, ajudou-nos a compreender melhor a organização temporal social daquela região rural e influenciou diretamente na leitura que fizemos de nossos dados. Por não termos um número de mulheres suficiente, de forma pareada, nos dois grupos decidimos analisar somente os dados dos homens.

O reduzido tamanho de nossa amostra reduz a segurança de nossas especulações. Idealmente seria que tivéssemos avaliado um número maior de pessoas nos dois grupos, com idades melhor pareadas e descrito seus padrões temporais de ciclo vigília/sono e de exposição ao ciclo claro/escuro natural ao longo de alguns dias, com e sem imposição de horários sociais. Seria interessante se pudéssemos dar continuidade a essa pesquisa e avaliar essas questões sob um prisma sóciobiológico.

Algo interessante de se fazer também seria avaliar os padrões temporais de ciclo vigília/sono e de exposição ao ciclo claro/escuro natural desses dois grupos em situações de trabalho, na saída do trabalho para as férias, durante as férias e na volta para o trabalho. Dessa forma poderíamos compreender melhor a associação do contexto fótico gerado pela ocupação social sob a expressão dos ritmos biológicos, através do estudo da mudança do comportamento de vigília/sono durante as férias e na readaptação à volta do trabalho.

Sugerimos para estudos futuros sobre a expressão dos cronotipos que a organização temporal social seja levada em consideração no momento da formulação da pergunta científica e do planejamento da coleta de dados, registrando os marcadores sociais que possivelmente estariam atuando em conjunto com o sincronizador fótico no contexto em que se situa a pergunta.

6 CONCLUSÃO

Sugerimos com este trabalho que existe um macro contexto fótico, o ciclo claro/escuro natural, que opera como pano de fundo, evolutivamente gerado, de toda uma organização social humana predominantemente diurna. A organização social seria um macro contexto não-fótico. Dependendo da posição que o indivíduo ocupa na rede social no nicho espacial em que vive, é criado um outro contexto não-fótico que condiciona a criação de um outro contexto fótico. A associação desses dois últimos contextos se configuraria num cenário oscilante, com uma oscilação resultante que pode variar sua amplitude. Quanto maior a associação do cenário não-fótico ao contexto fótico natural, maior seria a amplitude dessa oscilação resultante. Da mesma forma, mas provavelmente não na mesma proporção, um aumentado nível de atividade física coincidindo temporalmente com a fase clara do dia poderia tornar o contexto sincronizador mais contrastante também, teoricamente, com maior poder de sincronização. Nesta lógica, os ritmos biológicos dos indivíduos poderiam ser mais ou menos sincronizáveis a essa associação de contextos dependendo da magnitude da diferença de estimulações fólicas e não-fólicas do sistema de temporização gerada ao longo das 24 horas. O grau de acoplamento entre as oscilações ambientais e as do indivíduo poderia modular a expressão dos cronotipos; um maior grau de acoplamento tenderia a arrastar os ritmos biológicos para horários mais matutinos, condizentes com os horários de início de claro natural.

Uma especulação mais geral seria a de que ao longo da evolução, as relações temporais que foram se construindo entre o meio e os organismos modificaram-se ao longo da história da espécie humana, com as sociedades organizando-se e reorganizando-se continuamente, reestruturando-se. A reorganização da relação temporal dos organismos com o meio faria com que a expressão dos fenômenos biológicos de

humanos tivessem, hoje, uma mediação social, atrelada à origem biológica da relação temporal com o meio.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMSON, E. E.; MOORE, R. Y. Suprachiasmatic nucleus in the mouse: retinal innervation, intrinsic organization and efferent projections. **Brain Res**, v. 916, n.1-2, p.172 – 91, 2001.

ARCHER, S. N.; ROBILLIARD, D. L.; SKENE, D. J.; SMITS, M. WILLIAMS, A.; ARENDT, J.; SCHANTZ, M. V. A length Polymorphism in the circadian clock gene *Per3* is linked to delayed sleep phase syndrome and extreme diurnal preference. **Sleep**, v. 26, n. 4, p. 413 – 415, 2003.

ASCHOFF, J. Circadian rhythm in man. **Science**, v. 11, n. 148, p. 1427 – 1432, 1965.

ATKINSON, G.; EDWARDS, B.; REILLY, T.; WATERHOUSE, J. Exercise as a synchroniser of human circadian rhythms: an update and discussion of the methodological problems. **Eur J Appl Physiol**, v. 99, n. 4, p. 331 – 341, 2007.

ATON, S. J.; HERZOG, E. D. Come together, right...now: synchronization of rhythms in a mammalian circadian clock. **Neuron**, v. 48, n. 4, p. 531 – 534, 2005.

BAEHR, E. K.; FOGG, L. F.; EASTMAN, C. I. Intermittent bright light and exercise to entrain human circadian rhythms to night work. **Am J Physiol**, v. 277, n. 6, p. 1598 – 1604.

BAEHR, E. K.; EASTMAN, C. I.; REVELLE, W.; OLSON, S H. L.; WOLFE, L. F.; ZEE. Circadian phase-shifting effects of nocturnal exercise in older compared with young adults. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 284, p. 1542 – 1550, 2003.

BAILEY, S. L. E HEITKEMPER, M. M. Circadian rhythmicity of cortisol and body temperature: morningness-eveningness effects. **Chronobiology International**, v. 18, n. 2, p. 249 – 261, 2001.

BARGER, L. K.; WRIGHT, K. P.; HUGHES, R. J.; CZEISLER, C. A. Daily exercise facilitates phase delays of circadian melatonin rhythm in very dim light. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 286, p. 1077 – 1084, 2004.

BEERSMA, D. G. M.; HIDDINGA, A. E. No impact of physical activity on the period of the circadian pacemaker in humans. **Chronobiology International**, v. 15, n. 1, p. 49 – 57, 1998.

BENEDITO-SILVA, A. A.; MENNA-BARRETO, L. MARQUES, N.; TENREIRO, S. A self assessment questionnaire for the determination of morningness-eveningness types in Brazil. **Prog Clin Bio Res**, v. 341, p. 89 – 98, 1990.

BOIVIN, D. B.; DUFFY, J. F.; KRONAUER, R.E. e CZEISLER, C.A. Dose-response relationships for resetting of human circadian clock by light. **Nature**, Feb 8, v. 379, n.

6565, p. 540 – 542, 1996.

BOIVIN, D. B. e CZEISLER, C. A. Resetting of circadian melatonin and cortisol rhythms in humans by ordinary room light. **Neuroendocrinology**, v. 9, p. 779 – 782, 1998.

BRADY, J. Circadian rhythms – endogenous or exogenous? **J Comp Physiol**, v. 161, p. 711 – 714, 1987.

BRANDSTAETTER, R. Circadian lessons from peripheral clocks: Is the time of the mammalian pacemaker up? **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 101, n. 16, p. 5699 – 5700, 2004.

BUXTON, O. M.; FRANK, S. A.; L'HERMITE-BALÉRIAUX, M.; LEPROULT, R.; TUREK, F. W.; VAN CAUTER, E. Roles of intensity and duration of nocturnal exercise in causing phase delays of human circadian rhythms. **Am J. Physiol**, v. 273, p. 536 – 542, 1997.

BUXTON, O. M.; LEE, C. W.; L'HERMITE-BALÉRIAUX, M.; TUREK, F. W.; VAN CAUTER, E. Exercise elicits phase shifts and acute alterations of melatonin that vary with circadian phase. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 284, p.714 – 721, 2003.

CAMBRAS, T.; DÍEZ-NOGUERA, A. Evolution of rat motor activity circadian rhythm under three different light patterns. **Physiol Behav**, v. 49, n. 1, p. 63 – 68, 1991.

CANAL-CORRETGER, M. M.; VILAPLANA, J.; CAMBRAS, T.; DÍEZ-NOGUERA, A. Effect of light on the development of the circadian rhythm of motor activity in the mouse. **Chronobiol Int**, v. 18, n. 4, p. 683 - 696, 2001.

CANAL-CORRETGER, M. M.; CAMBRAS, T.; DÍEZ-NOGUERA, A. Effect of light during lactation on the phasic and tonic responses of the rat pacemaker. **Chronobiol Int**, v. 20, n. 1, p. 21 – 35, 2003.

CARSKADON, M. A.; VIEIRA, C.; ACEBO, C. Association between puberty and delayed phase preference. **Sleep**, v. 16, n. 3, p. 258 – 262, 1993.

CZEISLER, C. A.; ALLAN, J. S.; STROGATZ, S. H.; RONDA, J. M.; SÁNCHEZ, R.; RÍOS, C. D.; FREITAG, W. O.; RICHARDSON, G. S.; KRONAUER, R. E. Bright light resets the human circadian pacemaker independent of the timing of the sleep-wake cycle. **Science**, v. 233, n. 4764, p. 667 – 671, 1986.

CZEISLER, C. A.; KRONAUER, R. E.; ALLAN, J. S.; DUFFY, J. F.; JEWETT, M. E.; BROWN, E. N.; RONDA, J. M. Bright light induction of strong (type 0) resetting of the human circadian pacemaker. **Science**, v. 244, n. 4910, p. 1328 – 1333, 1989.

CZEISLER, C. A.; DUMONT, M.; DUFFY, J.; STEINBERG, J. D.; RICHARDSON, G. S.; BROWN, E. N.; SÁNCHEZ, R.; RÍOS, C. D.; RONDA, J. M. Association of sleep-wake habits in older people with changes in output of circadian pacemaker. **The lancet**, v. 340, n. 17, p. 933 – 936, 1992.

CZEISLER, C. A.; DUFFY, J. F.; SHANAHAN, T. L.; BROWN, E. N.; MITCHELL, J. F.; RIMMER, D. W.; RONDA, J. M.; SILVA, E. J.; ALLAN, J. S.; EMENS, J. S.; DIJK, D. J.; KRONAUER, R. E. Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. **Science**, v. 284, n. 5423, p. 2177 – 2181, 1999.

DAMIOLA, F.; LE MINH, N.; PREITNER, N.; KORNMANN, B.; FLEURY-OLELA, F.; SCHIBLER, U. Restricted feeding uncouples circadian oscillators in peripheral tissues from the central pacemaker in the suprachiasmatic nucleus. **Genes Dev**, v. 14, n. 23, p. 2950 – 2961, 2000.

DUFFY, J. F.; DIJK, D. J.; HALL, E. F.; CZEISLER, C. A. Relationship of endogenous circadian melatonin and temperature rhythms to self-reported preference for morning or evening activity in young and older people. **J Investig Med**, v. 47, p. 141 – 150, 1999.

DUFFY, J. F.; RIMMER, D. W.; CZEISLER, C. A. Association of intrinsic circadian period with morningness-eveningness, usual wake time, and circadian phase. **Behav Neurosci**, v. 115, n. 4, p. 895 – 899, 2001.

DUFFY, J. F.; WRIGHT, K. P. Jr. Entrainment of circadian system by light. **J Biol Rhythms**, v. 20, n. 4, p. 326 – 338, 2005.

DUNLAP, J. C. Human Circadian Organization. In: DUNLAP, J.; LOROS, J. J.; DECOURSEY, P. **Chronobiology: Biological Timekeeping**. Sunderland, MA: Sinauer Associates, 2004, p. 291 – 323.

EASTMAN, C. I.; HOESE, E. K.; YOUNGSTEDT, S.D.; LIU, L. Phase-shifting human circadian rhythms with exercise during the night shift. **Physiol Behav**, v. 58, p. 1287 – 1291, 1995.

ENDO, T.; HONMA, S.; HASHIMOTO, S.; H, K. After-effect of entrainment on the period of human circadian system. **Japanese Journal of Physiology**, v. 49, p. 425 – 430, 1999.

GUILDING, C.; PIGGINS, H. D. Challenging the omnipotence of the suprachiasmatic timekeeper: are circadian oscillators present throughout the mammalian brain? **Eur J Neurosci**, v. 25, n. 11, p. 3195 – 3216, 2007.

GOLOMBEK, D. **Cronobiología Humana** - ritmos y relojes biológicos en la salud y en la enfermedad. Buenos Aires: Universidad Nacional de Quilmes Ediciones, 2002.

GOULET, G.; MONGRAIN, V.; DESROSIERS, C.; PAQUET, J.; DUMONT, M. Daily light exposure in morning-type and evening-type individuals. **J Biol Rhythms**, v. 22, n. 2, p. 151 – 158, 2007.

HATTAR, S.; LIAO, H. W.; TAKAO, M.; BERSON, D. M.; YAU, K. W. Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. **Science**, v. 295, n. 5557, p. 1065 – 1070, 2002.

HASHIMOTO, S.; KOHSAKA, M.; NAKAMURA, K.; HONMA, H.; HONMA, S.; HONMA, K. Midday exposure to bright light changes the circadian organization of plasma melatonin rhythm in humans. **Neurosci Lett**, v. 221, n. 2 – 3, p. 89 – 92, 1997.

HÉBERT, M.; MARTIN, S. K.; LEE, C.; EASTMAN, C. I. The effects of prior light history on the suppression of melatonin by light in humans. **J Pineal Res**, v. 33, p. 198 – 203, 2002.

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

INOUE, S. T.; KAWAMURA, H. Persistence of circadian rhythmicity in a mammalian hypothalamic "island" containing the suprachiasmatic nucleus. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA**, v. 76, n. 11, p. 5962 – 5966, 1979.

JASSER, S. A.; HANIFIN, J. P.; ROLLAG, M. D.; BRAINARD, G. C. Dim light adaptation attenuates acute melatonin suppression in humans. **J Biol Rhythms**, v. 21, n. 5, p. 394 – 404, 2006.

JEWETT, M. E.; RIMMER, D. W.; DUFFY, J. F.; KLERMAN, E. B.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. Human circadian pacemaker is sensitive to light throughout subjective day without evidence of transients. **Am J Physiol**, v. 273, n. 5, p. 1800 – 1809, 1997.

KATZENBERG, D.; YOUNG, T.; FINN, L.; LIN, L.; KING, D. P.; TAKAHASHI, J. S.; MIGNOT, E. A CLOCK Polymorphism associated with human Diurnal preference. **Sleep**, v. 21, n. 6, p. 569 – 576, 1998.

KERKHOF, G. A. Inter-individual differences in the human circadian system: a review. **Biol Psychol**, v. 20, n. 2, p. 83 – 112, 1985.

KERKHOF, G. e VAN DONGEN, H. P. A. Morning-type and evening-type individuals differ in the phase position of their endogenous circadian oscillator. **Neurosci Lett**, v. 218, p. 153 – 156, 1996,

KLERMAN, E. B.; RIMMER, D. W.; DIJK, D.; KRONAUER, R. E.; RIZZO III, J. F.; CZEILER, C. A. Nonphotic entrainment of the human circadian pacemaker. **Am J Physiol**, v. 274, p. 991 – 996, 1998.

KHALSA, S. B.; JEWETT, M. E.; CAJOCHEN, C.; CZEISLER, C. A. A phase response curve to single bright light pulses in human subjects. **J Physiol**, v. 549, n. 3, p. 945 – 952, 2003.

KRAUCHI, K.; CAJOCHEN, C.; WERTH, E.; WIRZ-JUSTICE, A. Alteration of internal circadian phase relationships after morning versus evening carbohydrate-rich meals in humans. **J Biol Rhythms**, v. 17, n. 4, p. 364 – 376, 2002.

LAMONT, E. W.; JAMES, F. O.; BOIVIN, D. B.; CERMAKIAN, N. From circadian clock gene expression to pathologies. **Sleep Med**, v. 8, n. 6, p. 547 – 556, 2007.

LEVENE, H. **Contributions to probability and statistics: essays in honor of Harold Hotelling**. Stanford University Press, Stanford, CA, p. 278 – 292, 1960.

LIU, X.; UCHIYAMA, M.; SHIBUI, K.; KIM, K.; KUDO, Y.; TAGAYA, H.; SUZUKI, H.; OKAWA, M. Diurnal preference, sleep habits, circadian sleep propensity and melatonin rhythm in healthy human subjects. **Neurosci Lett**, v. 280, n. 3, p. 199 – 202, 2000.

LOUZADA, F. M. **Um estudo sobre a expressão da ritmicidade biológica em diferentes contextos socioculturais: o ciclo vigília/sono de adolescentes**. 144 f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

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

MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. **Cronobiologia: Princípios e Aplicações**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. (Acadêmica; 12).

MEIJER, J. H.; MICHEL, S.; VANSTEENSEL, M. J. Processing of daily and seasonal light information in the mammalian circadian clock. **Gen Comp Endocrinol**, v. 152, n. 2 – 3, p. 159 – 164, 2007.

MEIJER, J. H.; WATANABE, K.; SCHAAP, J.; ALBUS, H.; DÉTARI, L. Light responsiveness of the suprachiasmatic nucleus: long-term multiunit and single-unit recordings in freely moving rats. **J Neurosci**, v. 18, n. 21, p. 9078 – 9087, 1998.

MENNA-BARRETO, L.; ISOLA, A.; LOUZADA, F.; BENEDITO-SILVA, A. A.; MELLO, L. Becoming circadian--A one-year study of the development of the sleep-wake cycle in children. **Braz J Med Biol Res**, v. 29, n. 1, p. 125 – 129, 1996.

MENAKER, M. Circadian photoreception. **Science**, v. 299, p.213 – 214, 2003.

MINORS, D. S.; WATERHOUSE, J. M.; WIRZ-JUSTICE, A. A human phase-response curve to light. **Neurosci Lett**, v. 133, n. 1, p. 36 – 40, 1991.

MISTLBERGER, R. E.; SKENE, D. J. Social influences on mammalian circadian rhythms: animal and human studies. **Biol Rev Camb Philos Soc**, v. 79, n. 3, p. 533 – 556, 2004.

MISTLBERGER, R. E.; SKENE, D. J. Nonphotic entrainment in humans? **J Biol Rhythms**, v. 20, n. 4, p. 339 – 352, 2005.

MIYASAKI, T.; HASHIMOTO, S.; MASUBUCHI, S.; HONMA, S.; HONMA, K. I. et al. Phase-advance shifts of human circadian pacemaker are accelerated by daytime physical

exercise. **Am J Physiol Integr Comp Physiol**, 281, p. 197 – 205, 2001.

MONGRAIN, V.; LAVOIE, S.; SELMAOUI, B.; PAQUET, J.; DUMONT, M. Phase relationships between sleep-wake cycle and underlying circadian rhythms in morningness-eveningness. **J Biol Rhythms**, v. 19, n. 3, p. 248 – 257, 2004.

MONGRAIN, V.; PAQUET, J.; DUMONT, M. Contribution of the photoperiod at birth to the association between season of birth and diurnal preference. **Neurosci Lett**, v. 406, n. 1 – 2, p. 113 – 116, 2006.

MONGRAIN, V.; CARRIER, J.; DUMONT, M. Circadian and homeostatic sleep regulation in morningness-eveningness. **J Sleep Res**, v. 15, n. 2, p. 162 – 166, 2006.

MONGRAIN, V.; DUMONT, M. Increased homeostatic response to behavioral sleep fragmentation in morning types compared to evening types. **Sleep**, v. 30, n. 6, p. 773 – 780, 2007.

MONK, T. H.; KUPFER, D. J. Which aspects of morningness-eveningness change with age? **J Biol Rhythms**, v. 22, n. 3, p. 278 – 280, 2007.

MOORE, R. Y. Circadian timing. Capítulo 45 de **Fundamental Neuroscience** (M. J. Zigmond, F.E. Bloom, S. C. Landis, J. L., Roberts e L.R. Squire, orgs.), p. 1189 – 1206. Academic Press, Nova York, EUA, 1999.

MOORE, R. Y. ; EICHLER, V. B. Loss of a circadian adrenal corticosterone rhythm following suprachiasmatic lesions in the rat. **Brain Res.**, v. 42, p, 201 – 206, 1972.

MOORE-EDE, M. C.; SULZMAN, F. M.; FULLER, C. A. **The clocks that time us: physiology of the circadian timing system.** Cambridge, Harvard University Press, 1982.

MROSOVSKY, N. Locomotor activity and non-photic influences on circadian clocks. **Biol Rev Camb Philos Soc**,v. 71, n. 3, p. 343 – 372, 1996.

NATALE, V.; ADAN, A. Season of birth modulates morningness-eveningness preference in humans. **Neurosci Lett**, v. 274, n. 2, p. 139 – 141, 1999.

PEIXOTO, C. A. T. **Efeitos da presença de energia elétrica nas residências sobre a ritmicidade circadiana de adolescentes.** 101 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

PEREIRA, D. S.; TUFIK, S.; LOUZADA, F. M.; BENEDITO-SILVA, A. A.; LOPEZ, A. R.; LEMOS, N. A.; KORCZAK, A. L.; D'ALMEIDA, V.; PEDRAZZOLI, M. Association of the length polymorphism in the human Per3 gene with the delayed sleep-phase syndrome: does latitude have an influence upon it? **Sleep**, v. 28, n. 1, p. 29 – 32, 2005.

PITTENDGRIGH, C. S.; DAAN, S. A Functional Analysis of Circadian Pacemakers in

Nocturnal Rodents. 1. The stability and lability of spontaneous frequency. **J Comp Physiol**, v. 106, p. 223 – 252, 1976.

ROENNEBERG, T.; WIRZ-JUSTICE, A. e MERROW, M. Life between clocks – daily temporal patterns of human chronotypes. **J Biol Rhythms**, v. 18, p. 80 – 90, 2003.

ROENNEBERG, T.; KUEHNLE, T.; PRAMSTALLER, P. P.; RICKEN, J.; HAVEL, M.; GUTH, A.; MERROW, M. A marker for the end of adolescence. **Curr Biol**, v. 14, n. 24, p. 1038 – 1039, 2004.

ROENNEBERG, T.; KUEHNLE, T.; JUDA, M.; KANTERMANN, T.; ALLEBRANDT, K.; GORKIJN, M.; MERROW, M. Epidemiology of the human circadian clock. **Sleep Med Rev**, v. 11, n. 6, p. 429 – 438, 2007.

ROENNEBERG, T.; KUMAR, C. J. e MERROW, M. The human circadian clock entrains to sun time. **Curr Biol**, v. 17, n. 2, p. 44 – 45, 2007.

RUFIANGE, M.; BEAULIEU, C.; LACHAPELLE, P.; DUMONT, M. Circadian light sensitivity and rate of retinal dark adaptation in indoor and outdoor workers. **J Biol Rhythms**, v. 22, n. 5, p. 454 – 457, 2007.

SAPER, C. B.; LU, J.; CHOU, T. C.; GOOLEY, J. The hypothalamic integrator for circadian rhythms. **TRENDS in neurosciences**, v. 28, n. 3, p. 152 – 157, 2005.

SCHEER, F. A.; WRIGHT, K. P. Jr.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. Plasticity of the intrinsic period of the human circadian timing system. **PloS ONE**, v. 2, n. 1, e721, 2007.

SCHIBLER, U.; RIPPERGER, J.; BROWN, S. A. Peripheral circadian oscillators in mammals: time and food. **J Biol Rhythms**, v. 18, n. 3, p. 250 – 260, 2003.

SCHILDKNECHT, H. Turgorins, Hormones of the endogenous daily rhythms of higher organized plants – detection, isolation, structure, synthesis, and activity. **Angew. Chem. Int. Ed. Engl.**, v. 22, p. 695 – 710, 1983 *apud* MARQUES, N.; MENNA-BARRETO, L. **Cronobiologia: Princípios e Aplicações**. 3. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. (Acadêmica; 12).

SERON-FERRE, M.; VALENZUELA, G. J.; TORRES-FARFAN, C. Circadian clocks during embryonic and fetal development. **Birth Defects Res C Embryo Today**, v. 81, n. 3, p. 204 – 214, 2007.

SMITH, K. A.; SCHOEN, M. W.; CZEISLER, C. A. Adaptation of Human Pineal Melatonin Suppression by Recent Photic History. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 89, n. 7, p. 3610 – 3614, 2004.

STEPHAN, F. K.; ZUCKER, I. Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. **Proc. Nat. Acad. Sci. USA**, v. 69,

p. 1583 – 1586, 1972.

TAILLARD, J.; PHILIP, P.; COSTE, O.; SAGASPE, P.; BIOULAC. The circadian and homeostatic modulation of sleep pressure during wakefulness differs between morning and evening chronotypes. **J. Sleep Res.**, v. 12, p. 275 – 282, 2003.

THAPAN, K.; ARENDT, J.; SKENE, D. J. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. **J Physiol**, v. 535, p. 261 – 267, 2001.

THOMPSON, E. P. Tempo, disciplina de trabalho e capitalismo industrial. In: **Costumes em comum**: estudos sobre a cultura popular tradicional. São Paulo, Companhia das Letras, 1998.

VAN REETH, O.; STURIS, J.; BYRNE, M. M.; BLACKMAN, M. J. D.; L'HERMITE-BALÉRIAUX, LEPROULT, R.; OLINER, C.; REFETTOFF, S.; TUREK, F. W.; VAN CAUTER, E. Nocturnal exercise phase delays circadian rhythms of melatonin and thyrotropin secretion in normal men. **Am J Physiol Endocrinol Metab**, v.266, p. 964 – 974, 1994.

VAZ, M.; KARAOLIS, N.; DRAPER, A.; SHETTY, P. A compilation of energy costs of physical activities. **Public Health Nutr**, v. 8, n. 7A, p. 1153 – 1183, 2005.

WEVER, R. **The Circadian System of Man**: Results of Experiments under Temporal Isolation. Berlin, Springer-Verlag, 1979.

WRIGHT, K. P. Jr.; HUGHES, R. J.; KRONAUER, R. E.; DIJK, D. J.; CZEISLER, C. A. Intrinsic near-24-h pacemaker period determines limits of circadian entrainment to a weak synchronizer in humans. **Proc Natl Acad Sci USA**, v. 98, n. 24, p. 14027 – 14032, 2001.
WRIGHT, K. P. Jr.; GRONFIER, C.; DUFFY, J. F.; CZEISLER, C. A. Intrinsic period and light intensity determine the phase relationship between melatonin and sleep in humans. **J Biol Rhythms**, v. 20, n. 2, p. 168 – 177, 2005.

WOELFLE, M. A.; OUYANG, Y.; PHANVIJHITSIRI, K.; JOHNSON, C.H. The adaptive value of circadian clocks: an experimental assessment in cyanobacteria. **Curr Biol**, v. 24, n. 16, p. 1481 – 1486, 2004.

YOO, S. H. et al. Period 2: Luciferase real-time reporting of circadian dynamics reveals persistent circadian oscillations in mouse peripheral tissues. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 101, n. 15, p. 5339 – 5346, 2004.

YOUNGSTEDT, S. D.; KRIPKE, D. F.; ELLIOT, J. A. Circadian phase-delaying effects of bright light alone and combined with exercise in humans. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 282, n. 1, p. 259 – 266, 2002.

WATERHOUSE, J.; MINOR, D.; FOLKARD, S.; OWENS, D.; ATKINSON, G.; MACDONALD, I.; REILY, T.; SYTNIK, N.; TUCKER, P. Light of domestic intensity

produces phase shifts of the circadian oscillator in humans. **Neuroscience Letters**, v. 245, p. 97 – 100, 1998.

WATERHOUSE, J.; FOLKARD, S.; VAN DONGEN, H.; MINORS, D.; OWENS, D.; KERKHOF, G.; WEINERT, D.; NEVILL, A.; MACDONALD, I.; SYTNIK, N.; TUCKER, P. Temperature profiles, and the effect of sleep on them, in relation to morningness-eveningness in healthy female subjects. **Chronobiology International**, v. 18, n.2, p. 1075 – 1092, 2001.

ZAR, J. H. Multisample Hypotheses: the analysis of variance. In: **Biostatistical Analysis**. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1984, p. 162 – 184.

ZAVADA, A.; GORDIJN, M. C. M.; BEERSMA, D. G. M.; DANN, S.; ROENNEBERG, T. Comparison of the Munich questionnaire with the Horne-Östberg's morningness-eveningness score. **Chronobiology International**, v. 22, n. 2, p. 267 – 278, 2005.

ZEITZER, J. M.; DIJK, D. J.; KRONAUER, R.; BROWN, E.; CZEISLER, C. Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. **Journal of Physiol**, v. 526, n. 3, p. 695 – 702, 2000.

ZEITZER, J. M.; KHALSA, S. B.; BOIVIN, D. B.; DUFFY, J. F.; SHANAHAN, T. L.; KRONAUER, R. E.; CZEISLER, C. A. Temporal dynamics of late-night photic stimulation of the human timing system. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**, v. 289, n. 3, p. 839 – 844, 2005.