

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Departamento de Fisioterapia
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia
Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia

**AVALIAÇÃO DOS FATORES DE RISCO BIOMECÂNICOS
PRESENTES NA ATIVIDADE OCUPACIONAL DE
ELETRICISTAS**

CRISTIANE SHINOHARA MORIGUCHI DE CASTRO

SÃO CARLOS

2011

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Departamento de Fisioterapia
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia
Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia

**AVALIAÇÃO DOS FATORES DE RISCO BIOMECÂNICOS
PRESENTES NA ATIVIDADE OCUPACIONAL DE
ELETRICISTAS**

CRISTIANE SHINOHARA MORIGUCHI DE CASTRO

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Fisioterapia, área de concentração: Processos de Avaliação e Intervenção em Fisioterapia.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. HELENICE JANE COTE GIL COURY

SÃO CARLOS

2011

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

M856af

Moriguchi-de-Castro, Cristiane Shinohara.

Avaliação dos fatores de risco biomecânicos presentes na atividade ocupacional de eletricitistas / Cristiane Shinohara Moriguchi de Castro. -- São Carlos : UFSCar, 2011. 181 f.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Fisioterapia preventiva. 2. Ergonomia. 3. Inclínometria. 4. LER/DORT. 5. Postura. I. Título.

CDD: 615.82 (20^a)

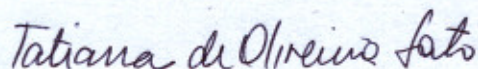
FOLHA DE APROVAÇÃO

Membros da banca examinadora para defesa de tese de doutorado de **CRISTIANE SHINOHARA MORIGUSHI DE CASTRO**, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, em 24 de outubro de 2011

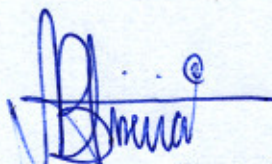
Banca Examinadora:



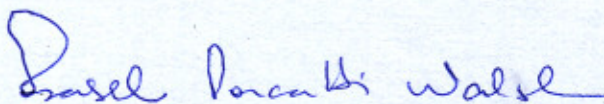
Prof.ª Dr.ª Helenice Jane Cote Gil Coury
(UFSCar)



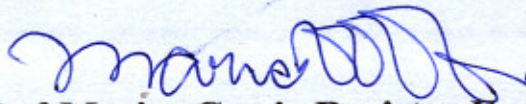
Prof.ª Dr.ª Tatiana de Oliveira Sato
(UFSCar)



Prof.ª Dr.ª Ana Beatriz de Oliveira
(UFSCar)



Prof.ª Dr.ª Isabel Aparecida Porcatti Walsh
(UFTM)



Prof.ª Dr.ª Marisa Cassia Registro Fonseca
(USP)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por mais uma conquista e por iluminar meu caminho.

Ao meu marido, Leandro, que em todos os momentos divididos nessa jornada me confortou com amor, compreensão, paciência, sabedoria e incentivos e que sempre, sempre, dispôs de um sorriso para me alegrar. Agradeço também por me ensinar a não enfrentar a vida, mas sim a desfrutar cada segundo com alegria e a ter fé nos momentos difíceis.

Aos meus pais, por dedicarem não somente suas vidas para a realização dos nossos sonhos, como também suas orações.

Aos meus irmãos, pelo amor, carinho e bons momentos que vivemos sempre.

Aos meus familiares, por sempre estarem presentes, atenciosos e querendo motivos para festas.

Aos amigos inseparáveis, Tati, Luís e Matheus, que além do conforto de ter com quem contar nas horas difíceis, são essenciais nos momentos bons.

Às minhas companheiras de Laboratório, que sempre estão presentes e dispostas a ajudar.

À Iolanda, pelo constante bom humor, sabedoria e sensibilidade.

Aos amigos de perto e de longe que sempre me encorajam e contribuem para minha felicidade.

Aos Professores e Funcionários do Departamento de Fisioterapia e da Secretaria de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos pelos serviços prestados e por toda disponibilidade.

AGRADECIMENTOS À FAPESP

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) Processo Número 2008/10.399-0 pelo subsídio financeiro que permitiu dedicação exclusiva ao desenvolvimento deste projeto e a oportunidade de realizar estágio no exterior por um período de 3 meses no Laboratório de Ergonomia da Universidade de Marquette, Milwaukee, EUA.

AGRADECIMENTOS AOS COLABORADORES

Aos Professores colaboradores, Gert-Åke Hansson e Lothy Granqvist (Universidade de Lund) que foram fundamentais para o aprendizado no uso do equipamento (inclinômetro) e análises dos dados.

Ao Professor Richard Marklin (Universidade de Marquette, WI, EUA) pela colaboração na análise dos dados e pela oportunidade de estágio em seu laboratório na Universidade de Marquette, Wisconsin, EUA

Ao Prof. Bo Veiersted (Instituto Nacional de Saúde ocupacional da Noruega) pela rica colaboração na comparação entre trabalhadores de diferentes países.

À CPFL Energia, representada pelo gerente do Departamento de Segurança, Saúde e Qualidade de Vida, Luiz Carlos de Miranda Júnior, pela confiança e suporte no desenvolvimento dos estudos. Aos funcionários envolvidos que foram diretamente responsáveis pelas oportunidades de coleta de dados realizadas. Aos eletricitas que prontamente se disponibilizaram a participar e que são a razão do nosso investimento.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Profa. Helenice

Que contribuiu em mais uma etapa do meu caminho com toda sua experiência e dedicação.

Obrigada por todo aprendizado, oportunidades geradas, desafios vencidos em conjunto, incentivo e suporte para sempre seguir em frente e por toda compreensão nos momentos difíceis.

Obrigada também pelo constante cuidado e amparo não apenas profissional.

Existiria meta alcançada sem um objetivo?

A felicidade de uma realização sem um sonho?

Ou vitórias sem disciplina?

Disciplina sem um Mestre?

RESUMO

A disponibilidade de energia elétrica é um serviço básico que afeta diretamente a vida e a economia da população. Para a manutenção deste serviço, eletricitistas das empresas de distribuição de energia e eletricitistas de construção são expostos aos riscos de acidentes fatais e à alta sobrecarga musculoesquelética. Apesar do reconhecimento dos altos índices de acidentes e de lesões musculoesqueléticas nestes trabalhadores, poucos estudos que avaliam a exposição destes sujeitos aos fatores de risco presentes no ambiente ocupacional estão disponíveis na literatura. Neste sentido, é necessário conhecer os fatores de risco presentes na atividade ocupacional (Estudo 1), quantificá-los por medidas diretas válidas (Estudos 2, 3 e 5) e verificar a importância dos resultados encontrados para a prática clínica (Estudos 4 e 5). O Estudo 1 foi desenvolvido para determinar a prevalência de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de distribuição e identificar os fatores de risco para distúrbios musculoesqueléticos presentes nas atividades mais frequentemente desenvolvidas por estes. Os resultados deste estudo mostraram alta prevalência de sintomas musculoesqueléticos em ombros e cervical associados à alta sobrecarga postural, identificada por observação. Com base nestes resultados foi proposto o Estudo 2 para quantificar a sobrecarga postural a que estes trabalhadores estão submetidos durante cinco das atividades frequentemente realizadas. Maior detalhamento da atividade de remoção e reposição da escada foi realizado no Estudo 3, que envolveu, além do registro postural, a medida da força e esforço requeridos. As posturas e movimentos da cabeça, tronco superior, cervical e ombros direito e esquerdo foram registrados por inclinometria por meio de 4 transdutores previamente calibrados e fixos na cabeça, tronco superior e braços direito e esquerdo, respectivamente. Os Estudos 2 e 3 identificaram a exposição dos eletricitistas de distribuição a posturas inadequadas para ombros e cervical nas atividades avaliadas. No entanto, como estes dois estudos foram realizados em ambiente simulado, foi realizado o Estudo 4, para verificar a representatividade destes resultados encontrados em ambiente simulado quando comparados ao registro realizado em ambiente ocupacional real. Os resultados do Estudo 4 mostraram que as atividades desenvolvidas em ambiente simulado podem apresentar a mesma sobrecarga postural do ambiente ocupacional desde que a atividade possa ser simulada. Além da representatividade, no Estudo 5 foi realizada a comparação da exposição postural entre eletricitistas de construção Brasileiros e Noruegueses, para verificar se o mesmo tipo de trabalho, avaliado pelo mesmo instrumento a partir dos mesmos procedimentos, indicam a mesma exposição independente da cultura, o que permite inferir sobre a validade externa dos resultados encontrados. De acordo com os resultados encontrados, a exposição de eletricitistas Brasileiros e Noruegueses é similar. Os resultados do Estudo 5 também indicam a alta sobrecarga postural a que os eletricitistas de construção estão expostos. Portanto, a presente tese revelou a necessidade de intervenções ergonômicas para redução dos fatores de riscos biomecânicos presentes na atividade de eletricitistas e a representatividade dos resultados encontrados para situações ocupacionais reais e para outras populações.

Palavras-chave: eletricitistas, ergonomia, fisioterapia do trabalho, LER/DORT, inclinometria,

ABSTRACT

Electrical energy is an essential good that may affect people's life and the economy. Overhead line workers and construction electricians are the workers responsible for the availability of this good. To perform their occupational tasks these workers are exposed to fatal accidents and musculoskeletal overload. Although of high rates of accidents and musculoskeletal injuries among these workers, few studies evaluated the presence of risk factors in the occupational settings of line workers and electricians. In this sense, it is necessary to identify the risk factors in the electricians activities (Study 1), quantify the exposure using valid direct methods (Study 2, 3 and 5) and verify the importance of the found results for clinical applications (Study 4 and 5). Study 1 was developed to determine the prevalence of musculoskeletal symptoms among line workers and to identify the risk factors for musculoskeletal disorders. The results of this study showed postural overload and high prevalence of musculoskeletal symptoms at shoulders and neck. Based on these results, Study 2 was purposed to quantify the postural overload in the five main tasks performed by line workers. Loading and unloading the ladder on the vehicle support was deeply investigated by means of posture and force measurements in Study 3, due its higher frequency in line workers schedule. Postures and movements were recorded by four inclinometer sensors at a sampling rate of 20Hz. Inclinometer sensors were previously calibrated and them attached at workers' head, upper back and right and left upper arms. Study 2 and 3 identified that line workers are exposed to shoulder and neck awkward postures during all evaluated tasks. However, both studies were performed in simulated settings. By this way, Study 4 was developed to verify if the postures recorded in the simulated conditions are representative of the posture recorded in occupational environment. The results of Study 4 showed that whether the tasks are possible to be reproduced in simulated conditions the postural overload is representative of occupational overload. Besides the representativeness, Study 5 focused the comparison between posture exposure among Brazilian and Norwegian electricians to verify whether the same job type evaluated by the same method under the same procedures would present the same overload disregard the culture differences. The results of this study would allow inferring about external validity of the recordings. According to the found results, Brazilian and Norwegian posture exposure is similar. The results of Study 5 also indicated the high postural overload that these workers are submitted. Therefore, the present thesis showed the need for ergonomic interventions to reduce biomechanical risk factors presented at electricians work activity and the representativeness of the found results to occupational environmental conditions and to other populations.

Key-words: overhead line worker, construction electrician, ergonomics, physical therapy, work related musculoskeletal disorders, inclinometry

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Eletricistas classificados em equipes de acordo com atividade realizada durante atividade ocupacional. A) Eletricistas de linha viva = ELV, B) Eletricistas de emergência e manutenção = EEM e C) Eletricista comercial = EC.	11
Figura 2.	Atividades realizadas pelos eletricistas em ambiente simulado. A) Substituição de relé fotoelétrico. B) Ligar e desligar unidade do consumidor. C) Substituição de lâmpada. D) Posicionamento e remoção da escada. E) Substituição de fusível de 100 Amperes.	32
Figura 3.	Inclinômetro posicionado para registro postural e de movimentos da cabeça. A. Inclinômetro fixo no capacete. B. Inclinômetro fixo na frente do trabalhador.	35
Figura 4.	Inclinômetro acoplado à direita do processo espinhoso de C7/T1 para registro postural e de movimento do tronco superior	35
Figura 5.	Fixação sensores inclinométricos para o registro postural e de movimentos dos membros superiores. A. Detalhes da fixação do inclinômetro sobre a placa plástica no membro superior direito. B. Inclinômetros fixos bilateralmente nos braços e capacete.	36
Figura 6.	Posição neutra de referência para o registro postural da cabeça e tronco superior.	37
Figura 7.	Posição neutra de referência para os registros postural e de movimento do membro superior direito.	37
Figura 8.	Elevação dos braços direito e esquerdo dos 12 eletricistas de distribuição durante a realização das 5 atividades. Os percentis 50 e 90 e a fração de tempo com os braços acima dos 90° são apresentados. Os dados de cada eletricista está representado por linhas conectadas.	41
Figura 9.	Flexão/extensão da cabeça, tronco superior e cervical dos 12 eletricistas realizando as 5 atividades. Os percentis 10, 50 e 90 são apresentados. Os dados de cada eletricista está representado por linhas conectadas. Valores positivos referem-se a flexão e negativos a extensão.	44
Figura 10.	Correlação entre a extensão da cabeça (percentil 10) e elevação dos braços (percentil 90) direito (círculos pretos) e braço esquerdo (círculos brancos). Todas as atividades foram consideradas em conjunto.	47
Figura 11.	Remoção da escada por eletricista (suporte fixo a 1,70	55

metros de altura).

- Figura 12. A) Suporte de ferro utilizado para fixar dinamômetro no suporte de escada do veículo. B) Suporte fixado sobre veículo para simulação da atividade. 57
- Figura 13. Vista lateral (A) e superior (B) das condições de teste durante a atividade de remoção da escada (tração). 58
- Figura 14. Eletricistas de distribuição de energia elétrica realizando três atividades em ambiente simulado e real. 1A Substituição de relé em ambiente simulado. 1B Substituição de relé em ambiente real. 2A Ligar/desligar unidade consumidora em ambiente simulado. 2B Ligar/desligar unidade consumidora em ambiente real. 3A Substituição de lâmpada em ambiente real. 3B Substituição de lâmpada em ambiente simulado. 69
- Figura 15. Data logger e modelo em madeira para modelagem do couro. 72
- Figura 16. A) Capa em couro, revestimento em espuma e capa em napa apresentados nesta ordem da esquerda para direita. B) Data logger revestido com as capas e com sensores inclinométricos acoplados. 72
- Figura 17. Histogramas com distribuição das posturas de extensão/flexão cervicais e elevação dos braços direito e esquerdo em ambiente simulado e real. Barras escuras representam frequência e em ambiente simulado (N=12) e barras mais claras, frequência em ambiente real. Para a substituição de lâmpada apenas 11 eletricistas realizaram a atividade em ambiente real. 76
- Figura 18. Registro ao longo do tempo da elevação dos braços para um sujeito que realizou as atividades em ambiente simulado e real. Linhas em preto correspondem ao ombro direito e linhas cinza ao ombro esquerdo. 78
- Figura 19. Média e desvio-padrão da elevação dos braços de 12 eletricistas Brasileiros e 12 eletricistas Noruegueses durante o trabalho e durante as pausas nos percentis 90 e 99 e em relação a porcentagem de tempo permanecida acima dos 60° e dos 90°. Barras brancas = Brasileiros e barras cinzas = Noruegueses. * Diferença estatisticamente significativa entre eletricistas Brasileiros e Noruegueses (teste de Mann-Whitney). 90
- Figura 20. Média e desvio-padrão da extensão/flexão da cabeça e cervical de 12 eletricistas Brasileiros e 12 eletricistas Noruegueses durante o trabalho e durante as pausas nos Percentis 1, 10, 50, 90 e 99. Barras brancas = Brasileiros e barras cinzas = Noruegueses. * Diferença estatisticamente significativa entre eletricistas Brasileiros e Noruegueses (teste de Mann-Whitney). 92

Figura 21. Média e desvio-padrão da flexão (valores positivos - percentil 99) e extensão (valores negativos - percentil 1) da cabeça e elevação do braço direito para eletricitas de construção Brasileiros (EI_Br) e Noruegueses (EI_No) comparadas a outras ocupações realizadas por trabalhadores (incluindo pausas). Com: trabalhadores em computador, Dent: dentista, Indus: trabalhadores da indústria, Peixe: processamento de peixe, Frigo: cortadores de carne, Escrit: trabalhadores de escritório. Adaptado de Hansson et al. (2010). Círculos abertos: percentil 99, círculos preenchidos: percentil 1. Linhas horizontais referem-se a valores de pausas para o percentil 99 (linha tracejada) e percentil 1 (linha contínua).

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Proporção de trabalhadores sintomáticos (%) e intensidade (média \pm desvio-padrão) de sintomas musculoesqueléticos nas regiões mais freqüentemente relatadas pelos eletricitistas separados por equipe (ELV = Eletricistas de Linha Viva, EEM = Eletricistas de Emergência/ Manutenção, EC = Eletricistas Comercial). 17
- Tabela 2. Atividades mais freqüentemente realizadas por cada equipe (ELV = Eletricistas Linha Viva, EEM = Eletricistas Emergência/ Manutenção, EC = Eletricistas Comercial) e fatores de riscos biomecânicos para DORT nos ombros, coluna e joelho. 19
- Tabela 3. Posturas e movimentos dos braços direito e esquerdo dos 12 eletricitistas de distribuição realizando as 5 atividades. Média (M) e, entre parênteses, desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 50 e 90 de elevação dos braços, assim como a fração de tempo acima dos 60° 90°. O percentil 50 da velocidade angular também é apresentado. Diferenças estatisticamente significativas entre as atividades (D) foram verificadas pelo teste de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni ($p < 0.005$). 43
- Tabela 4. Posturas e movimentos da cabeça, tronco superior e cervical dos 12 eletricitistas de distribuição realizando as 5 atividades. Média (M) e, entre parênteses, desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 10, 50 e 90 de flexão/extensão. Diferenças estatisticamente significativas entre as atividades (D) foram verificadas pelo teste de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni ($p < 0.005$). 46
- Tabela 5. Correlações entre idade, altura dos trabalhadores, força para remoção e reposição da escada no veículo em relação à força máxima de tração e compressão, respectivamente, nível de esforço percebido durante manuseio da escada na situação experimental e em ambiente real e elevação do braço direito. Correlações estatisticamente significativas estão destacadas em negrito. 61
- Tabela 6. Flexão/extensão cervical e elevação dos membros superiores direito (MSD) e esquerdo (MSE) de 12 eletricitistas realizando 3 atividades em ambiente simulado (S) e 12 eletricitistas em ambiente real (R). Média (M) e desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 5, 50 e 95 e para a diferença entre os percentis 95 e 5. A diferença entre o ambiente simulado e real também foi calculada (S – R). Diferenças estatisticamente significativas estão destacadas em negrito. 74

- Tabela 7. Média (M), desvio-padrão (DP) e diferença entre duração da atividade em ambiente simulado (S) e real (R). Diferenças estatisticamente significativas foram destacadas em negrito. 77
- Tabela 8. Média, mínimo e máximo da duração total dos registros, assim como para o período em trabalho e em pausas de 12 eletricitistas de construção Brasileiros (Br) e 12 Noruegueses (No) são apresentados em horas (h) e minutos (min). A duração das atividades é apresentada em porcentagem de tempo trabalhado. Diferenças estatísticas ($p < 0.05$; teste de Mann-Whitney) entre Br e No foram significativas em todas as condições, com exceção da atividade de planejamento. 93
- Tabela 9. Posturas e movimentos dos membros superiores, cabeça e pescoço de 12 eletricitistas de construção Brasileiros ^a e 12 Noruegueses ^b durante a realização de 3 atividades: planejamento, suporte e instalação. O número de sujeitos (n) realizando cada atividade é apresentado. Média e, entre parênteses, desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 90 e 99 de elevação dos membros superiores, assim como a fração de tempo mantida em elevação acima de 60° e 90°. Os percentis 1, 10, 50, 90 e 99 da cabeça e cervical para os movimentos de flexão/extensão são mostrados. O percentil 50 da velocidade angular também é apresentado. 95

SUMÁRIO

Contextualização	1
Estudo 1: Avaliação de sintomas músculoesqueléticos e principais atividades em eletricitistas de distribuição de energia elétrica	8
Introdução	8
Materiais e Métodos	9
Sujeitos	9
Procedimentos	11
Análise dos dados	14
Resultados	14
Discussão	21
Conclusão	26
Desdobramentos futuros	27
Estudo 2: Avaliação das posturas e movimentos em cinco atividades frequentemente realizadas pelos eletricitistas de distribuição	28
Introdução	28
Materiais e Métodos	30
Sujeitos	30
Atividades realizadas	31
Procedimentos para coleta de dados por inclinometria	33
Análise dos dados	39
Resultados	40
Discussão	48
Conclusão	51
Desdobramentos futuros	52
Estudo 3: Remoção e reposição da escada no suporte do veículo	54
Introdução	54
Materiais e Métodos	56
Sujeitos	56

Procedimentos	56
Análise dos dados	58
Resultados	59
Discussão	62
Conclusão	64
Desdobramentos futuros	65
Estudo 4: Comparação entre atividade realizada em situação real e simulada	66
Introdução	66
Materiais e Métodos	68
Sujeitos	68
Descrição das atividades	69
Coleta de dados	71
Análise dos dados	73
Resultados	73
Discussão	78
Limitações do estudo	82
Conclusão	82
Desdobramentos futuros	83
Estudo 5: Registro de posturas e movimentos em eletricitistas de construção	84
Introdução	84
Materiais e Métodos	85
Sujeitos	85
Descrição das atividades	86
Procedimentos	87
Análise dos dados	88
Resultados	88
Discussão	97
Conclusão	101
Considerações Finais	102
Referências Bibliográficas	104

Anexo I Sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de rede de distribuição de energia

Anexo II Manual de Operação: Inclínometria

Anexo III Postures and movements in the most common tasks of Power line workers

Anexo IV Biomechanical analysis of loading/unloading a ladder on a truck

CONTEXTUALIZAÇÃO

A reparação e manutenção das linhas de distribuição de energia elétrica são funções essenciais para o fornecimento de energia elétrica à sociedade, que aumenta cada vez mais o seu consumo¹. Esta atividade ocupacional é desempenhada pelos eletricitistas de distribuição de energia elétrica, que segundo a Classificação Brasileira de Ocupações do Ministério do Trabalho é descrita como eletricitista de alta e baixa tensão, CBO: 7321-20. Estes trabalhadores, além da periculosidade (Loomis et al., 1999), também estão expostos a riscos biomecânicos associados ao desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) para desempenhar suas tarefas. Segundo Seeley e Marklin (2003) poucos eletricitistas têm capacidade física para exercer a função durante toda a vida de trabalho, pois um grande número deles apresenta lesões musculoesqueléticas após anos de exposição à atividade.

Apesar do grau de risco envolvido na produção e distribuição de energia elétrica estar classificado como 2% pelo Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho de 2009 (AEPS, 2009), ainda há poucos estudos com eletricitistas brasileiros publicados. Estudos disponíveis na literatura brasileira enfocaram apenas a avaliação de acidentes do trabalho (Koifman et al., 1983), o impacto da privatização no setor elétrico na saúde e segurança do trabalhador (Scopinho, 2002) e avaliações de saúde e da capacidade do trabalhador (Martinez e Latorre, 2008). Não foram encontrados estudos sobre a prevalência de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de distribuição brasileiros, com perspectiva de identificação dos fatores de riscos biomecânicos.

¹ Fonte: G1.com em 26/08/2011

Mesmo na literatura internacional, há poucos estudos em eletricitistas de distribuição de energia elétrica. Estudos encontrados na literatura internacional enfatizam principalmente os efeitos da exposição a campos magnéticos (Renew et al., 2003; Bracken et al., 2005) e acidentes de trabalho (Loomis et al., 1999). Foram encontrados também estudos epidemiológicos (Graves et al., 1996; EPRI, 2001), de avaliações biomecânicas de ferramentas (Marklin et al., 2004) e de intervenções ergonômicas (Seeley e Marklin, 2003), mas nenhum que tenha avaliado por medidas diretas a exposição destes trabalhadores aos fatores de risco biomecânicos para os DORTs.

Neste sentido, os principais fatores de risco biomecânicos e seu impacto na saúde dos trabalhadores deve ser conhecido nesta população de trabalhadores. Desta forma foi desenvolvido um estudo inicial (Estudo 1) para determinação da prevalência de sintomas musculoesqueléticos, principais regiões acometidas, impacto das desordens no desenvolvimento do trabalho e identificação dos principais fatores de risco biomecânicos para desordens musculoesqueléticas.

Dentre os diversos fatores de riscos posturais para o surgimento de DORTs que podem estar presente na atividade dos eletricitistas, o trabalho acima do nível dos ombros é característica desta situação ocupacional. Diversos achados contribuem para diferentes propostas de limites seguros para prevenções de desordens musculoesqueléticas nos ombros (Bernard, 1997). No entanto, não apenas a amplitude, mas também a freqüência, a força exercida e a duração das posturas durante o trabalho devem ser consideradas para avaliar a exposição postural dos trabalhadores (Winkel e Westgaard, 1992). A avaliação e conhecimento da exposição permitem prever as

conseqüências desta exposição, verificar a sua adequação às recomendações disponíveis e, assim, auxiliar no seu controle (Burdorf, 2010). A ausência de medidas preventivas, no entanto, pode conduzir à problemas de saúde de difícil solução, os quais podem levar à incapacidades permanentes no trabalhador. Neste sentido, faz-se necessário a avaliação das posturas e movimentos dos eletricitistas de distribuição de energia elétrica durante atividade ocupacional. Desta forma, foi desenvolvido o Estudo 2 para avaliar as posturas e movimentos em cinco atividades desempenhadas frequentemente pelos eletricitistas.

Dentre as cinco atividades avaliadas, a remoção e reposição da escada no veículo foi avaliada mais detalhadamente no Estudo 3, já que esta é uma atividade preparatória e conseqüentemente realizada previamente às atividades que requerem uso da escada. Neste estudo o nível de elevação dos braços foi avaliado no momento da remoção e reposição da escada, diferentemente do Estudo 2 em que o registro postural foi realizado durante toda a atividade. Além disto, no Estudo 3 foram avaliados a força, e esforço percebido.

Medidas de exposição de trabalhadores a fatores de risco biomecânicos devem priorizar métodos quantitativos para contribuir com o conhecimento sobre as desordens musculoesqueléticas e assim, definir estratégias de prevenção eficazes (Marras et al., 2009). Medidas diretas e válidas de postura e movimento em ambiente ocupacional representam ainda um desafio. Enquanto equipamentos opto-eletrônicos parecem possibilitar medidas confiáveis e válidas, estes requerem amplo espaço ao redor do objeto registrado e, naturalmente, não podem ser utilizados no ambiente de trabalho

devido a restrições de espaço físico. Eletrogoniômetros flexíveis têm sido uma alternativa interessante para o registro contínuo de movimentos durante períodos longos de exposição ocupacional para diferentes articulações corporais. No entanto, seus sensores são específicos para cada articulação e não há ainda sensores para ombro disponíveis comercialmente.

Uma alternativa viável para o registro bilateral dos ombros e região cervical é a inclinometria (Bernmark e Wiktorin, 2002). Este método de medida permite estimar os três principais fatores que quantificam exposição: intensidade, frequência e duração. A medida destes três fatores da exposição permite evidenciar a associação entre o fator de risco em questão e as desordens musculoesqueléticas (Winkel e Westgaard, 1992; Bernard, 1997; van der Beek e Frings-Dresen, 1998). Ainda, os equipamentos para inclinometria são portáteis, de fácil manuseio e não exigem muito tempo para calibração e preparo do sujeito (Hansson et al., 2001a; Bernmark e Wiktorin, 2002). Portanto, a inclinometria apresenta-se como uma alternativa viável para a avaliação da exposição postural, possibilitando o estudo dos fatores de risco presentes na atividade dos eletricitistas.

A falta de estudos realizados com a população de eletricitistas de distribuição de energia elétrica pode ser decorrente da dificuldade em avaliar a situação ocupacional. Como estes trabalhadores realizam trabalho de campo, para avaliar a atividade no ambiente ocupacional é necessário extenso deslocamento, em média 121 ± 74 km por dia, de acordo com dados fornecidos por uma empresa de distribuição de energia. Outra limitação importante são as normas de segurança do trabalho, que restringem a aplicação de medidas diretas, pois o eletricitista não deve usar qualquer adorno metálico devido ao

risco de choques e queimaduras. Por este motivo, medidas diretas com uso de equipamentos acoplados ao trabalhador são prioritariamente realizadas em ambientes simulados.

A questão de segurança no trabalho e a conseqüente impossibilidade de avaliação dos movimentos desses profissionais por equipamentos de medida direta pode levantar questionamentos sobre a validade de estudos realizados em situações simuladas. Neste sentido, torna-se interessante investigar o quanto as atividades simuladas podem reproduzir a sobrecarga das atividades ocupacionais. Assim, verificar a representatividade das posturas avaliadas em ambiente simulado foi o objetivo do Estudo 4. O desenvolvimento deste Estudo requereu revestimento do equipamento para evitar risco de choques e comprometimento da segurança do electricista. Além disto, maior duração das coletas de dados para registro das atividades selecionadas foram necessárias devido aos grandes deslocamentos entre um posto de trabalho e outro.

Além dos electricistas de distribuição de energia elétrica, há também os electricistas que trabalham na instalação e reparação da rede elétrica em prédios e residências, os electricistas de construção, reconhecidos como electricistas de instalações elétricas, CBO: 7156-15, pelo Ministério do Trabalho. Igualmente importante para a sociedade e também com alto risco de acidentes, estudos envolvendo estes trabalhadores são mais frequentes na literatura. Este fato pode estar relacionado à elevada taxa de absenteísmo por desordens musculoesquelétricas apresentada pelos trabalhadores da indústria de construção civil (Cheng et al., 2010; Schneider, 2001). De acordo com a literatura, as regiões cervical e de ombros são submetidas à alta sobrecarga biomecânica que podem levar a dor e disfunção em electricistas de construção.

Os principais fatores de risco responsáveis por esta sobrecarga são: trabalho com braços acima do nível dos ombros, as posturas extremas mantidas, uso de ferramentas frequente, esforço físico e vibração (Sandmark e Nisell, 1994; Albers et al., 2005).

Apesar do reconhecimento da presença do fator de risco postural, nenhum estudo foi localizado na literatura disponível que tenha realizado medidas diretas para avaliação postural durante o trabalho destes profissionais. A identificação da presença de fatores de risco biomecânicos na atividade dos eletricitistas de construção pela literatura é baseada em relato dos trabalhadores (Sandmark e Nisell, 1994) e em observações (Albers et al., 2005). Assim, foi desenvolvido o Estudo 5, que além de preencher lacunas do conhecimento referente à avaliação da exposição postural em eletricitistas de construção, apresenta a comparação entre a exposição postural dos eletricitistas brasileiros comparados a eletricitistas noruegueses. Com esta comparação pretende-se explorar a exposição em uma mesma situação ocupacional, avaliada com o mesmo instrumento e mesmos procedimentos, mas em culturas diferentes, o que permitiria inferir sobre a validade externa dos resultados de exposição encontrados para os trabalhadores avaliados.

Assim sendo, esta tese tem como objetivo Conhecer os fatores de risco presentes na atividade ocupacional de eletricitistas (Estudo 1), quantificá-los por medidas diretas válidas (Estudos 2, 3 e 5) e verificar a importância dos resultados encontrados para a prática clínica (Estudos 4 e 5).

A seguir serão apresentados em detalhes os cinco estudos que compõem a presente tese de doutorado e dirigem a atenção à consecução dos objetivos propostos:

- Estudo 1: avaliar a ocorrência de sintomas de DORT em eletricitas de uma regional de uma empresa de distribuição de energia elétrica, verificar se existiam diferenças entre as funções exercidas quanto à proporção de trabalhadores sintomáticos e realizar um levantamento preliminar dos principais fatores de riscos biomecânicos presentes.
- Estudo 2: quantificar as posturas e movimentos dos ombros, cabeça, tronco superior e cervical durante cinco atividades frequentemente realizadas pelos eletricitas de distribuição por meio de inclinometria.
- Estudo 3: avaliar a postura, forças exigidas e o esforço percebido durante a atividade de remoção/reposição da escada no veículo.
- Estudo 4: verificar se as posturas de flexão/extensão da cervical e elevação dos membros superiores registradas em ambiente simulado representam as posturas registradas em ambiente ocupacional nos eletricitas de distribuição.
- Estudo 5: quantificar as posturas e movimentos dos membros superiores, cabeça, tronco superior e cervical durante o trabalho e durante as pausas de eletricitas de construção Brasileiros e Noruegueses.

ESTUDO 1: Avaliação de sintomas musculoesqueléticos e principais atividades em eletricitistas de distribuição de energia elétrica

Este estudo encontra-se publicado na Revista Brasileira de Fisioterapia 2009;13(2):123-129 (Anexo I).

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi¹, Jeronimo Farias de Alencar¹, Luiz Carlos de Miranda Júnior², Helenice Jane Cote Gil Coury¹

¹Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Brasil;

²Centro Superior de Educação Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil.

INTRODUÇÃO

A atividade ocupacional dos eletricitistas de distribuição apresenta diversos fatores de risco biomecânicos que podem levar ao desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), como: exposição a trabalho pesado, posturas inadequadas, manuseio freqüente de ferramentas e materiais, realização de força (Graves et al., 1996; Päivinen, 2006). No entanto, a prevalência de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de distribuição brasileiros, assim como a descrição dos principais fatores de risco biomecânicos presentes nas atividades realizadas, ainda não foram exploradas pela literatura disponível.

De acordo com o modelo proposto por Westgaard e Winkel (1996), há uma relação entre a exposição física e os efeitos que esta pode causar no sistema musculoesquelético do trabalhador. O conhecimento dos riscos impostos pelo trabalho pode auxiliar no entendimento da ocorrência dos distúrbios musculoesqueléticos nos trabalhadores e permitirá a implementação

de ações preventivas mais eficazes. Além disto, estes resultados podem auxiliar na redução dos índices de acidente de trabalho, já que, segundo Loomis et al. (1999) o índice de mortalidade por choques elétricos e quedas ainda são elevados.

Estudos sobre a presença de fatores de riscos biomecânicos podem ser complementados por avaliações subjetivas dos trabalhadores. Desta forma, o impacto dos distúrbios no desempenho dos trabalhadores pode ser verificado, o que fornece um indicador da necessidade de intervenção ergonômica para controle desses fatores de risco (Jester et al., 2005; Punnet e Wegman, 2004). Como resultado, medidas preventivas específicas podem tentar diminuir ou remover os principais fatores de risco e, assim, melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores (Cameron, 1996).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de sintomas de DORT em eletricitas de uma regional de uma empresa de distribuição de energia elétrica, verificar se existiam diferenças entre as funções exercidas quanto à proporção de trabalhadores sintomáticos e realizar um levantamento preliminar dos principais fatores de riscos biomecânicos presentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Participaram do estudo 30 eletricitas trabalhadores exclusivos de uma empresa de distribuição de energia elétrica, do sexo masculino (média de idade de $38,1 \pm 5,5$ anos), que realizavam diversos trabalhos de campo em uma região do interior do Estado de São Paulo. Estes eletricitas correspondem a 84% dos

eletricistas da regional avaliada e fazem parte de um grupo de 1233 eletricistas com funções semelhantes na empresa.

Os critérios para inclusão considerados foram: trabalhadores contratados pela empresa de distribuição de energia elétrica como eletricista, com mais de 3 meses de experiência.

Os critérios de exclusão foram presença de doenças que pudessem interferir no relato de sintomas musculoesqueléticos. Pelo critério de exclusão, apenas um trabalhador foi excluído da amostra (total = 31), pois este apresentou sintomas musculoesqueléticos decorrente de neurocisticercose.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (CAAE 0032.0.135.000-07).

Os eletricistas de distribuição foram divididos em três equipes de acordo com o tipo de atividades que realizam (Figura 1):

1) Eletricista de Linha Viva - ELV (6 eletricistas): eletricistas que executam manutenção de rede de distribuição energizada de alta e baixa tensão. Essa equipe utiliza caminhões com cestas aéreas para suspensão do eletricista (Figura 1A).

2) Eletricista de Emergência e Manutenção - EEM (18 eletricistas): eletricistas que atuam em situações emergenciais e em serviços pré-programados, são responsáveis pela inspeção e manutenção da rede elétrica de média e baixa tensão e manutenção da iluminação pública. A equipe EEM realiza suas atividades com suspensão por escadas e os eletricistas são presos ao poste ou à escada por cintos. São utilizados três tamanhos de escada: uma central (10,2m) fixa ao veículo e não carregada pelo eletricista; e duas removíveis,

uma de 7,8m e 31kg que deve ser carregada em dupla e outra de 6,6m e 26kg, carregada por apenas 1 eletricista (Figura 1B).

3) Eletricista Comercial - EC (6 eletricistas): eletricistas de fiscalização, que são responsáveis pela ligação/desligamento do fornecimento de energia e manutenção/retirada de medidores de consumo de energia, atividades que envolvem pouco uso de escadas e menor esforço muscular, com uso ocasional de ferramentas (Figura 1C).

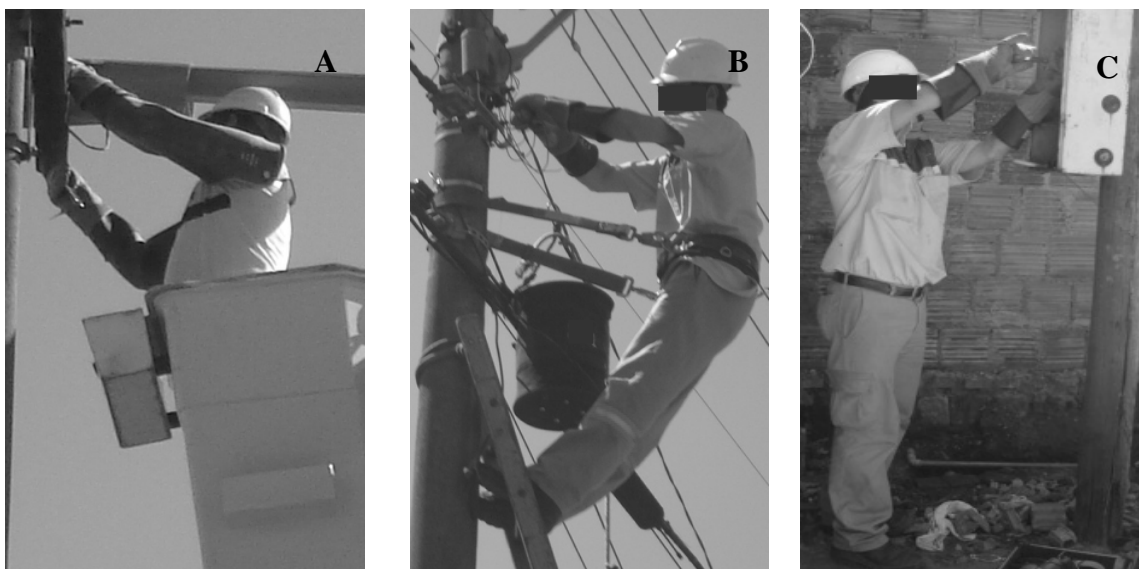


Figura 1. Eletricistas classificados em equipes de acordo com função realizada durante atividade ocupacional. A) Eletricistas de linha viva = ELV, B) Eletricistas de emergência e manutenção = EEM e C) Eletricista comercial = EC.

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários no período de 25 de abril a 03 de julho de 2007. Os questionários foram aplicados em grupos de, no máximo, cinco pessoas por vez, em locais reservados antes do início do turno de trabalho. Os sujeitos foram informados sobre os procedimentos gerais

da pesquisa e assinaram um termo de consentimento formal, livre e esclarecido, no qual foi assegurada a confidencialidade dos dados.

O questionário utilizado foi aprimorado em dois estudos pilotos para obtenção da versão final. O primeiro piloto foi realizado com o engenheiro líder da empresa, que sugeriu algumas alterações para facilitar o entendimento das questões por parte dos funcionários. O segundo piloto foi realizado com quatro eletricitistas que avaliaram a clareza das questões e, aquelas que não foram corretamente compreendidas, foram reformuladas.

A primeira parte do questionário apresentava questões gerais que coletavam dados demográficos (idade, sexo, altura, massa corporal) e ocupacionais (tempo de serviço na empresa, descrição da atividade desempenhada atual e anteriormente, período de tempo que estava na mesma função, exposição a determinadas atividades e duração delas em relação à semana de trabalho, tais como: viagens, caminhadas, preparação do local e observação). Além dessas, também foram incluídas perguntas sobre afastamentos, saúde geral, nível de atividade física e se realizava atividades domésticas.

Na segunda parte do questionário solicitava-se ao trabalhador identificar, no mapa corporal adaptado de Corlett e Bishop (1976) as regiões que apresentavam algum desconforto que tivesse ocorrido mais que três vezes no último ano ou durado mais que três dias consecutivos, que não estivesse associado a lesão traumática. Em seguida, solicitou-se aos trabalhadores que caracterizassem os sintomas de acordo com os descritores do Questionário de dor McGill traduzido e validado em português (Varoli e Pedrazzi, 2006). A última parte do questionário continha escalas de dor numéricas (Farrar et al.,

2001) de 0 a 10, nas quais eram identificadas as intensidades de desconforto percebidas em cada região corporal no momento da avaliação.

Pela análise prévia dos resultados dos questionários, a região dos ombros apresentou-se como a mais acometida por sintomas musculoesqueléticos. Para avaliar o impacto dos sintomas musculoesqueléticos na performance do trabalhador, uma nova coleta de dados foi planejada, na qual foi utilizado o item opcional sobre trabalho, presente na versão em português do Questionário DASH (Orfale et al., 2005). De acordo com o procedimento de análise deste questionário, foi calculada a pontuação para comparação qualitativa entre as equipes que apresentaram trabalhadores sintomáticos devido ao pequeno número de indivíduos por grupo.

Dados referentes a afastamentos e faltas foram disponibilizados pelo Departamento Pessoal da empresa para verificar quanto os sintomas musculoesqueléticos têm afetado os trabalhadores.

Para verificar as principais atividades realizadas pelos eletricitistas de cada equipe, foi solicitado o preenchimento de planilhas de controle de atividades. Nessas planilhas, os eletricitistas registraram as atividades realizadas durante um dia de trabalho. A planilha já era adotada pela empresa e usada com relativa frequência, não exigindo treinamento dos funcionários para seu preenchimento.

Observações diretas sistemáticas no ambiente de trabalho também foram realizadas por dois observadores treinados a fim de identificar os fatores de riscos biomecânicos presentes nas atividades mais frequentemente realizadas por cada equipe. As atividades ocupacionais avaliadas pelos observadores também foram registradas por vídeo para complementar

avaliação. Os fatores de risco biomecânicos para os DORTs presentes nas atividades foram identificados por esses avaliadores, que após obterem consenso nas descrições dos riscos, foram interpretados à luz da literatura de acordo com metodologia de Wells (2000) e estudos pertinentes disponíveis na literatura (Bonney e Corlett, 2003; Imbeau et al., 1998; Magnusson e Pope, 1998; Bovenzi et al., 1991). Observações sistemáticas foram preferidas a protocolos de registros ou checklists devido à dificuldade de aplicação destes decorrentes da distância trabalhador do observador e da dificuldade em se observar as posturas nos planos de movimento em que estes ocorrem. Além disto, a alta variabilidade entre sujeitos e entre dias de coletas dificultam a interpretação dos resultados por protocolos ou checklists.

Análise dos dados

As informações foram analisadas descritivamente por médias e desvio-padrão. As equipes foram comparadas quanto à idade, IMC, período na função de eletricitistas e exposição pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com teste de Mann-Whitney para comparação múltipla com ajuste de Bonferroni. Foi utilizado teste χ^2 para verificar associação dos aspectos da vida diária (trabalho doméstico e atividade física) na prevalência de sintomas e para verificar associação entre as equipes e a proporção de eletricitistas sintomáticos e assintomáticos em cada região corporal. Os cálculos estatísticos foram realizados no software Statistica, com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

Não houve diferença estatisticamente significativa entre as equipes quanto as características antropométricas idade ($p=0,364$) e IMC ($p=0,2362$). A

média de idade e IMC das equipes foram: ELV 41,6±6,4anos e 25,9±2,8kg/m²; EEM 37±5,1anos e 27,5±2,5 kg/m²; EC 38±4,6anos e 25,8±2,3kg/m². As equipes também não diferiram quanto ao período na função (p=0,3528) ou ao período em que permanecem em viagem (p=0,0647), caminhando (p=0,33), preparando local (p=0,65) ou em observação (p=0,31) durante uma semana de trabalho, mas diferem quanto à utilização da cesta aérea e escada. Apenas as equipes EEM e EC fazem uso das escadas, sendo que a primeira está mais exposta ao uso (p=0,003).

Os resultados do teste χ^2 revelaram que não houve associação entre prevalência de sintomas e os fatores não ocupacionais: atividade doméstica (p= 0.14) e atividade física (p= 0.42). A presença de doença crônica de origem não musculoesquelética não foi considerada no teste porque apenas dois indivíduos apresentaram problemas crônicos de saúde. Já o teste de associação entre equipes e regiões sintomáticas, revelou que apenas os sintomas da região dos ombros estão associados à equipe a qual o trabalhador faz parte (p = 0,02). A associação mostrou-se significativa apenas entre a ELV e EEM (p=0.016) e entre ELV e EC (p=0.001).

A proporção de trabalhadores sintomáticos que apresentaram ao menos um relato de desconforto dentre os 30 funcionários avaliados foi de 87% (26 em 30), nos quais as regiões dolorosas mais freqüentes foram: ombro, coluna e joelho. A Tabela 1 apresenta a proporção de trabalhadores sintomáticos e intensidade média dos desconfortos nas regiões mais freqüentes por equipe. Os relatos de desconforto na coluna (13 eletricitistas) apresentaram-se principalmente na região lombar (62%), seguida pela torácica (31%), cervical e cóccix (15% cada). Caso os sintomas relatados para essas regiões da coluna

fossem considerados separadamente, a proporção de trabalhadores sintomáticos para cada região da coluna seria comparativamente inferior à proporção dos sintomáticos para região dos ombros. Assim, a região dos ombros apresenta-se, individualmente, como a mais acometida por sintomas musculoesqueléticos nestes eletricitistas. Outras regiões com menor ocorrência de relatos de sintomas foram antebraços (13%), cotovelos (10%), braços, nádegas e coxa (7% cada). Assim, a proporção de desconforto nos membros superiores foi de 57%.

Tabela 1. Proporção de trabalhadores sintomáticos (%) e intensidade (média \pm desvio-padrão) de sintomas musculoesqueléticos nas regiões mais freqüentemente relatadas pelos eletricitistas separados por equipe (ELV = Eletricitistas de Linha Viva, EEM = Eletricitistas de Emergência/ Manutenção, EC = Eletricitistas Comercial).

	ELV (n=6)	EEM (n=18)	EC (n=6)	Total (n=30)
Região corporal				
Ombro				
<i>Proporção de sintomáticos (%)</i>	100	39	0	43
<i>Intensidade dor (M\pmDP)</i>	3 \pm 2	4 \pm 1	0	
Coluna				
<i>Proporção de sintomáticos (%)</i>	17	56	33	43
<i>Intensidade dor (M\pmDP)</i>	4 \pm 0	4 \pm 2	5 \pm 1	
Joelho				
<i>Proporção de sintomáticos (%)</i>	33	33	17	30
<i>Intensidade dor (M\pmDP)</i>	4 \pm 1	4 \pm 2	4 \pm 0	
Proporção de sintomáticos Total (%)	100	67	50	70

A presença de sintomas variou conforme as equipes apesar de a intensidade de desconforto média ter sido similar. Conforme observa-se na Tabela 1, houve maior número de trabalhadores sintomáticos na equipe ELV, com ombro sendo a principal região de desconforto dentre os dos eletricitistas desta equipe.

Os sintomas do Questionário McGill relatados pelos eletricitistas na região dos ombros foram: dor, sensação de peso, agulhada, pontada, fisgada, formigamento e fadiga. Na região da coluna os sintomas reportados pelos eletricitistas foram apenas referente a dor e fisgada. Nos joelhos, os indivíduos relataram apenas o sintoma doloroso.

Onze dos 13 funcionários sintomáticos em ombro responderam o Questionário DASH, cinco eletricitistas da equipe ELV e seis da equipe EEM. As questões sobre o impacto do problema no trabalho revelaram que a equipe

ELV apresenta de nenhuma a média dificuldade para realizar trabalho habitual, com pontuação média de 28 ± 15 e a equipe EEM, de nenhuma a pouca dificuldade e pontuação média de 8 ± 11 . Apenas 1 eletricitista da equipe ELV não respondeu todas as questões do DASH quanto ao trabalho.

A Tabela 2 separa as atividades mais freqüentes por equipes e descreve os principais riscos biomecânicos identificados pelos observadores para os DORT nas regiões dos ombros, coluna e joelho. A separação não é rigorosa já que algumas atividades são comuns entre as equipes.

Tabela 2. Atividades mais frequentemente realizadas por cada equipe (ELV = Eletricistas Linha Viva, EEM = Eletricistas Emergência/ Manutenção, EC = Eletricistas Comercial) e fatores de riscos biomecânicos para DORT nos ombros, coluna e joelho.

Equipe	Atividades	Fatores de riscos específicos da atividade	Fatores de risco gerais da equipe	Fatores de riscos gerais para 3 equipes
ELV	Troca de cruzeta	Força	Extensão cervical mantida, postura estática de ombros, elevação dos braços acima dos ombros, postura em pé por períodos prolongados com pouca mobilidade dos membros inferiores.	Vibração do corpo todo durante viagens, postura sentada por períodos prolongados, frequente uso de ferramentas, força de preensão, manuseio peso em postura inadequada.
	Troca de isolador	Força		
	Poda de árvores (moto-serra)	Vibração mão/braço, força		
EEM	Reparações transformador	Força	Extensão cervical mantida, postura estática de ombros, elevação dos braços acima dos ombros, frequente manuseio de escadas, hiperlordose pelo uso de cinto pélvico de segurança, subir e descer escadas com frequência.	
	Serviços emergenciais diversos	Variáveis		
	Reconexão de fios			
	Manutenção iluminação pública	Alcance extremo, postura não-neutras membros superiores e coluna		

	Poda de árvores (serra/facão)	Impacto, força, repetição		
	Orientação ao cliente	Sem riscos	Sem riscos	
EC	Inspeção de medidor	Posturas não-neutras coluna	Elevação dos braços acima dos ombros ocasional, manuseio ocasional de escadas.	
	Troca/retirada de medidor	Força		
	Ligação/desligamento fornecimento energia			
	Orientação ao cliente	Sem riscos	Sem riscos	

Apesar do alto índice de relato de sintomas musculoesqueléticos, no ano de 2006 não houve comunicação de acidente de trabalho. O absenteísmo totalizou 297 dias (18,5 dias/ano por funcionário), com motivos diversos, sendo que, as lesões esportivas e cirurgia de joelho foram motivos de afastamento de 4 eletricitas (total de 59 dias). Dores e cirurgia na coluna motivaram 17 dias de afastamentos para outros eletricitas. Assim, coluna e joelhos foram responsáveis por 25,5% de ausência no trabalho.

DISCUSSÃO

As principais regiões acometidas por sintomas musculoesqueléticos encontradas nos eletricitas de distribuição do presente estudo, apresentadas na Tabela 1, estão de acordo com Graves et al. (1996). No entanto, estes autores encontraram maior prevalência de sintomas em coluna lombar (64%). Outra diferença entre Graves et al. (1996) e o presente estudo é a identificação de diferentes atividades entre os eletricitas.

A separação em equipes permitiu a identificação de diferentes fatores de risco biomecânicos conforme a atividade realizada, isso porque, como não houve diferença entre as equipes quanto a dados antropométricos; período de exercício da função; tempo gasto em atividades tais como: período em viagem, caminhando, em preparação do local e em observação, a proporção de trabalhadores sintomáticos encontrada para cada equipe pode ser atribuída a fatores ocupacionais específicos a cada equipe como: tipo das função realizada e uso de escada/cesta aérea.

A diferença entre as equipes era esperada, pois as funções diferem quanto à exposição a fatores de riscos biomecânicos, apesar de algumas

atividades serem comuns. No entanto, o alto índice de relatos de desconforto nos ombros na equipe ELV não era esperado, pois a versatilidade do braço mecânico da cesta aérea permite maior proximidade ao posto de trabalho e melhor posicionamento do trabalhador. Além disto, estes eletricitistas não trabalham com escadas e, portanto, não necessitam manusear o dispositivo, que é um fator de risco para disfunções na região do ombro e coluna. O manuseio da escada oferece riscos tanto durante a retirada da escada do veículo, por esta ficar presa em suportes rígidos a uma altura de 1,7m, quanto durante o seu deslocamento, devido a carga e forma de manuseio (Imbeau et al., 1998).

A observação da equipe ELV feita pelos pesquisadores revelou um posicionamento inadequado da cesta aérea, com o eletricitista realizando a atividade mais distante do corpo e com os membros superiores acima da linha dos ombros como pode ser visto na Figura 1A. Esta poderia ser uma das justificativas para a alta incidência de relatos de desconfortos em ombros, já que segundo estudo de revisão sobre as causas de lesões no sistema musculoesquelético, o trabalho realizado acima da linha dos ombros está associado a presença de sintomas musculoesqueléticos nesta região (Vieira e Kumar, 2004).

Além dos aspectos biomecânicos, outra possível explicação para a alta ocorrência de sintomas nos ombros é o estresse ocupacional (van den Heuvel et al., 2005). Esta equipe está mais sujeita a riscos de choques, apresentando maior demanda de atenção e conseqüentemente, maior tensão psicogênica, que também é um fator de risco potencial para o desenvolvimento de DORT nesta região e também no pescoço (Waersted et al., 1994).

Apesar de não ter sido verificada associação entre os sintomas na região da coluna e as equipes, alguns fatores de risco biomecânicos podem ser apontados para a equipe EEM, já que esta apresentou maior ocorrência de sintomas nesta região. O manuseio freqüente da escada é um destes fatores, visto que a massa da escada (26Kg) já é superior ao limite de peso recomendado pela literatura para evitar lesões musculoesqueléticas na coluna, que é de 23Kg em condições ideais (Waters et al., 1993). A equipe EEM está exposta ainda a outro fator de risco para sintomas na coluna, que é o uso do cinto de segurança (Tabela 2). Este cinto prende o eletricitista ao poste ou escada, acentuando a lordose lombar quando é utilizado como ponto de descarga de peso (Figura 1B). O aumento da lordose resulta em maior tensão nas articulações apofisárias e favorece protrusão discal posterior, podendo resultar em dor lombar e degenerações articulares e espondilólise (Cox, 2002). Ao contrário do que poderia ser esperado, essa equipe não apresentou relatos de desconforto na região de pés e tornozelos decorrentes do uso freqüente de escadas, mas sim, nos joelhos.

As três equipes relataram sintomas musculoesqueléticos nos joelhos. Embora o presente estudo não tenha localizado a região dolorosa no joelho como anterior, posterior ou lateral, alguns fatores podem ser apontados como associados a este sintoma, dentre eles: a postura em pé por período prolongado de tempo, com pouca liberdade de movimentação das pernas (Magnusson e Pope, 1998), decorrente da dimensão limitada da cesta aérea ou por motivo de segurança nas escadas. Os trabalhadores da equipe EEM ainda sobem e descem escadas com alta freqüência, o que pode levar a compressão

da patela contra a tróclea do fêmur pelo alto nível de contração do quadríceps e, conseqüente, referência de dor anterior no joelho (Brechtler e Powers, 2002).

Por meio do questionário DASH, em suas questões sobre o trabalho, foram identificadas maiores limitações na equipe ELV, que apresentou pontuação média ($28,1 \pm 14,8$) superior a pontuação de trabalhadores que realizam trabalhos essencialmente manuais ($16,7 \pm 23,2$) encontrados por Jester et al (2005). Já a pontuação da equipe EEM ($8,3 \pm 10,9$) é mais próxima de trabalhadores que não realizam trabalhos manuais, $7,8 \pm 14,5$ (Jester et al., 2005). Nesse sentido, eletricitistas da equipe ELV apresentaram limitações funcionais em membros superiores, sobretudo nos ombros comparativamente aos demais.

Apesar da região dos ombros ter sido uma das mais acometidas por sintomas musculoesqueléticas, não houve registro de absenteísmo ou afastamentos por este motivo. Considerando ainda os níveis de intensidade de dor semelhantes entre ombros, coluna e joelhos, esperavam-se também elevados índices de absenteísmos devido à dor, cirurgias na região de ombros. Acredita-se que fatores organizacionais do trabalho como o rodízio de tarefas, a maior possibilidade de alívio da sobrecarga entre uma atividade e a seguinte (em média 22 minutos de intervalo para deslocamento de um ponto a outro), alterações na forma com que se realiza a atividade permitam que os eletricitistas continuem a trabalhar mesmo com elevados níveis de dor.

Já coluna e joelhos foram responsáveis por 25,5% das ausências do trabalho. Alguns dos problemas de joelho foram decorrentes de lesões desportivas, apesar disso, não é possível descartar-se o componente cumulativo na ocorrência dessas lesões. A preponderância da região de

joelhos e coluna nos índices de absenteísmo já foi relatada por Kelsh e Sahl (Kelsh e Sahl, 1996) em estudos de taxa de lesão em todos os tipos de trabalhadores do setor elétrico, incluindo setor administrativo.

Apesar de tratarem de eletricitistas com atividades diferentes, os presentes resultados estão em acordo com os achados de Graves et al. (1996) que verificaram maior impacto dos desconfortos na coluna e joelho em eletricitistas, tanto pela maior frequência com que estes ocorreram, como pelo fato de terem se mostrado mais limitantes que os desconfortos em ombros. Apesar disso, os sintomas em ombros também devem ser considerados, pois podem ser preditores de ocorrência de DORT no futuro (Barbe e Barr, 2006), sobretudo se considerarmos as atividades realizadas pelos eletricitistas do presente estudo.

Com base nos riscos biomecânicos identificados, medidas de intervenção devem ser propostas visando reduzir a sobrecarga músculoesquelética. A conscientização dos trabalhadores quanto aos riscos biomecânicos para as lesões músculoesqueléticas, principalmente com relação à postura deve ser considerada. Aperfeiçoamento de ferramentas e do cinto de segurança, alterações no manuseio da escada, como: a massa da escada e altura em que está presa no carro, também devem ser propostas. Ainda, intervenções na organização do trabalho como rodízio das tarefas, redução de horas extras e contratação de mais eletricitistas em épocas de aumento de demanda de trabalho também devem ser analisadas. Apesar das possíveis alterações ergonômicas apontadas, mais estudos devem ser realizados para que o processo de intervenção possa ser mais eficaz. Além de outros fatores biomecânicos, não totalmente explorados no presente estudo, a complexidade

dos DORT envolve outros fatores, tais como os psicossociais, que não foram avaliados no presente estudo.

O tamanho restrito da amostra é uma limitação do presente estudo. No entanto, os resultados apresentados mostram tendências na caracterização dos fatores de riscos biomecânicos em eletricitistas de distribuição de energia elétrica. Um outro aspecto a mencionar é que os fatores de riscos a que estes profissionais estão expostos são variados, e incluem aspectos organizacionais e individuais, dentre outros, os quais não foram explorados no presente estudo por extrapolarem os objetivos. Assim, estudos futuros devem ser realizados envolvendo amostra mais ampla para avaliações de natureza epidemiológica dessa população, assim como avaliações biomecânicas da exposição ocupacional destes trabalhadores.

CONCLUSÃO

Os resultados apresentados revelaram alto número de ocorrências de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de distribuição de energia elétrica de uma região do Estado de São Paulo. A proporção de trabalhadores sintomáticos variou conforme a atividade dos eletricitistas em relação aos sintomas em ombros, confirmando a hipótese inicial do estudo. Medidas de intervenção ergonômica específica para cada equipe são necessárias para controlar os riscos biomecânicos presentes e assim, diminuir a ocorrência dos sintomas e evitar agravamento das disfunções já apresentadas pelos sintomáticos. Controle dos riscos ergonômicos da equipe ELV deve focar principalmente a região dos ombros e joelhos, enquanto para a equipe EEM deve-se dar mais atenção a ombros e coluna, e na equipe EC à coluna e

joelhos. Para intervenção ergonômica eficaz no controle de riscos, mais estudos são necessários para avaliação da exposição ergonômica envolvida na atividade dos eletricitistas de distribuição, preferencialmente com medidas diretas dos riscos biomecânicos envolvidos.

DESDOBRAMENTOS DO ESTUDO

A alta prevalência de sintomas musculoesqueléticos nos eletricitistas de distribuição (87% apresentaram ao menos uma região sintomática) revela a necessidade de estudos adicionais que permitam quantificar a exposição aos principais fatores de risco biomecânico. A caracterização da exposição permitirá verificar a sua adequação aos limites previstos na literatura e, assim, auxiliar na redução e controle dos fatores de risco.

Dentre os diversos fatores de risco biomecânico encontrados nas atividades avaliadas pelo Estudo 1, as posturas inadequadas da cervical e dos ombros foram identificadas como fatores de riscos gerais para as três equipes de eletricitistas. Considerando a alta prevalência de sintomas nas regiões de ombro (43%) e o fato da postura de cervical e ombros estarem relacionados ao desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas na região ombro-pescoço (Winkel e Westgaard, 1992), o registro postural e de movimentos destas regiões torna-se necessário para conhecimento da sobrecarga nas atividades realizadas pelos eletricitistas. Este fato motivou a realização do Estudo 2.

Estudo 2 Avaliação das posturas e movimentos em cinco atividades frequentemente realizadas pelos eletricitistas de distribuição

Este estudo encontra-se publicado no *Jornal Industrial Health*, 2011; 49:482-491 (Anexo III).

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi¹, Letícia Carnaz¹, Jeronimo Farias de Alencar¹, Luiz Carlos de Miranda Júnior², Lothy Granqvist³, Gert-Åke Hansson³, Helenice Jane Cote Gil Coury¹

¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Brasil;

² Centro Superior de Educação Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil;

³ Divisão de Medicina Ocupacional e Ambiental, Universidade de Lund, Suécia.

INTRODUÇÃO

Medidas de exposição de trabalhadores a fatores de risco para distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs) são essenciais para ergonomia (David, 2005). Por meio da identificação dos fatores de risco e do entendimento dos mecanismos que conduzem às lesões, ergonomistas podem propor programas preventivos que reduzam os fatores de risco. Neste sentido, o conhecimento da exposição pode ser utilizado para reduzir a incidência e a severidade das desordens musculoesqueléticas (David, 2005; Marras et al., 2009).

As posturas corporais têm evidência epidemiológica de relação causal para o surgimento dos DORTs (Bernard, 1997). Mais especificamente, posturas extremas que ocorrem com frequência durante o trabalho são consideradas

fatores de risco biomecânicos para o desenvolvimento de dor e desconforto em trabalhadores (Coury, 1999; Sluiter, Rest e Frings-Dresen, 2001).

Medidas diretas válidas de postura e movimento em ambiente ocupacional podem ser feitas por meio de inclinometria (Bernmark e Wiktorin, 2002). Inclinômetros são pequenos transdutores constituídos por acelerômetros triaxiais, que fornecem medidas de postura e movimento, tendo a linha de gravidade como referência (Hansson et al., 2001a). Estes transdutores podem ser utilizados para o registro postural durante um dia inteiro de trabalho com frequência de aquisição de 20Hz (Hansson et al., 2003), sem afetar a rotina de trabalho dos indivíduos avaliados (Bernmark e Wiktorin, 2002).

Inclinômetros têm demonstrado ser altamente precisos (Hansson et al., 2006) com erro angular médio do transdutor associado ao software é de 1.3° em condições tridimensionais (Hansson et al., 2001a). Neste sentido, os inclinômetros têm sido utilizados para avaliação de sobrecarga postural em articulações complexas como ombros e cervical (Juul-Kristensen et al., 2001; Veiersted et al., 2008). Essas articulações apresentam cinemática complexa com 3 graus de liberdade e grande amplitude de movimento (Lowe 2004; Norkin e Levangie, 2001; Van Der Beek e Frings-Dressen, 1998; Yen e Radwin, 2002), o que dificulta sua avaliação precisa em ambientes não controlados (laboratoriais).

Apesar das vantagens descritas para a utilização desse equipamento em situações ocupacionais, é importante mencionar que os sensores inclinométricos registram postura e movimentos apenas bidimensionalmente. Assim, os movimentos de flexão/extensão e inclinação lateral são registrados para a cabeça, tronco superior e cervical, enquanto movimentos de elevação

são registrados para o ombro, ou seja, não há distinção entre flexão e abdução do ombro. No entanto, não há no momento equipamentos portáteis ou procedimentos disponíveis que possam ser utilizados para o registro tridimensional de articulações como o ombro em registros de exposição contínua, durante um dia de trabalho.

Portanto, o objetivo deste estudo foi quantificar as posturas e movimentos dos ombros, cabeça, tronco superior e pescoço durante cinco atividades frequentemente realizadas pelos eletricitas de distribuição por meio de inclinometria.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Doze eletricitas destros (média de idade de $43\pm 7,9$ anos, massa corporal de 86 ± 17 kg e altura de 1.80 ± 0.08 m) de uma empresa de distribuição de energia elétrica participaram do estudo. Os eletricitas avaliados correspondem a 80% do total de eletricitas que desempenham a função de emergência/manutenção da sede regional avaliada. Todos os eletricitas foram informados sobre os procedimentos e assinaram o termo de consentimento.

Os critérios para inclusão considerados foram: trabalhadores contratados pela empresa de distribuição de energia elétrica como eletricista, realizar a função de eletricista de emergência/manutenção, possuir mais de 3 meses de experiência. Os eletricitas da equipe emergência/manutenção foram avaliados por constituírem a equipe com o maior número de trabalhadores em toda a empresa.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de São Carlos.

Atividades realizadas

Com base nas planilhas de produtividade da empresa foi possível identificar as atividades mais freqüentemente realizadas pelos eletricitas de emergência e manutenção:

- a) “Troca de relé fotoelétrico” (T1): Nesta atividade o trabalhador subiu na escada, removeu o relé do poste e substituiu por novo, realizando movimentos e rotação com as mãos e, em seguida, desceu da escada (Figura 2A).
- b) “Ligar e desligar unidade do consumidor” (T2): Nesta atividade o eletricitista subiu na escada para ter acesso aos fios do poste do consumidor, removeu e substituiu o conector de fios, com auxílio do alicate, e desceu da escada (Figura 2B).
- c) “Substituição de lâmpada” (T3): Nesta atividade o eletricitista subiu na escada central fixa ao caminhão para alcançar a lâmpada da iluminação pública, abriu a tampa de proteção de polietileno da luminária, removeu e substituiu a lâmpada, fechou a tampa e desceu da escada (Figura 2C).
- d) “Posicionamento e remoção da escada” (T4): Esta é uma atividade auxiliar, mas muito realizada pelos eletricitas e por este motivo foi incluída dentre as atividades avaliadas. O trabalhador removeu a escada do suporte do caminhão a 1,70 metros de altura e a posicionou no poste e a fixou com uso de cordas. Em seguida, o eletricitista removeu a escada e a recolocou no caminhão. A massa da escada utilizada foi de 26kg (Figura 2D).
- e) “Substituição de fusível de 100 Amperes” (T5): Nesta atividade o eletricitista substituiu o fusível estando no chão por meio da vara telescópica de até 8

metros de comprimento e massa de 6,3 kg. O trabalhador posicionou a vara telescópica perpendicular ao chão e a estendeu com movimentos repetidos de elevação dos braços para alcançar o fusível no poste. Com a vara estendida, o trabalhador a manuseou para remover o fusível. Ao remover o fusível, o trabalhador recolheu a telescópica, retirou o fusível removido e fixou outro na telescópica para posicioná-lo no poste novamente, o que exigiu estender, manusear e recolher a telescópica (Figure 2E).

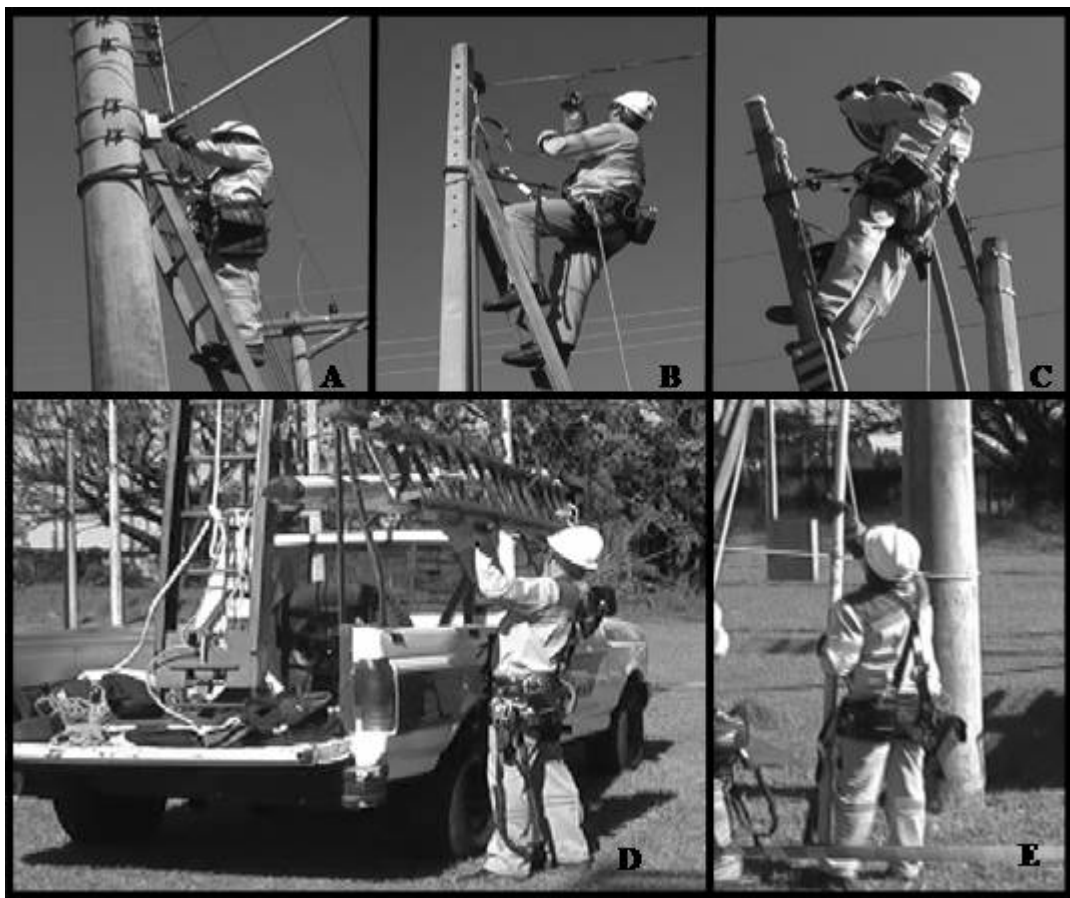


Figura 2. Atividades realizadas pelos eletricitas em ambiente simulado. A) Substituição de relé fotoelétrico. B) Ligar e desligar unidade do consumidor. C) Substituição de lâmpada. D) Posicionamento e remoção da escada. E) Substituição de fusível de 100 Amperes.

A coleta de dados foi realizada no centro de treinamento da empresa, que é um centro tecnológico que simula todos os tipos de situações que os eletricitas enfrentam em situação ocupacional. O centro é equipado também

com materiais, equipamentos de proteção individual, veículos e ferramentas, o que permite simulação do trabalho dos eletricitistas, no entanto sem energia elétrica. Uma vez que as atividades a serem realizadas foram pré-determinadas todo o centro tecnológico foi equipado e preparado previamente para a coleta de dados. Um supervisor capacitado acompanhou todas as etapas de registro e instruiu da mesma forma todos os eletricitistas durante a coleta dos dados, o que garantiu a padronização das atividades entre os eletricitistas.

A média de duração total de cada registro, incluindo o tempo de preparo para as atividades e tempo gasto para se deslocar de um ponto a outro, foi de 22 minutos. A duração das atividades foi similar para todos os trabalhadores, sendo em média 2 min 15 s; 4 min 20s; 2 min 22 s; 2 min 20 s; and 4 min 1 s para as atividades T1, T2, T3, T4 and T5, respectivamente.

Procedimentos para coleta de dados por inclinometria

O registro postural e de movimentos dos eletricitistas de distribuição por meio da inclinometria exigiu extenso treinamento prévio dos avaliadores quanto aos procedimentos para garantia da qualidade dos dados. Os avaliadores contaram com contribuição do pesquisador Gert-Åke Hansson e da pesquisadora Lothy Granqvist (Lund, Suécia), que forneceram suporte técnico para utilização do equipamento e cópia do software utilizado para análise dos registros de postura e movimentos por meio da inclinometria.

Os detalhes dos conhecimentos adquiridos sobre os procedimentos de coleta e uso do software e as adaptações necessárias para utilização da inclinometria na população brasileira foram reunidos no Manual de Operação (Anexo II).

Os procedimentos descritos a seguir foram utilizados em todos os estudos que utilizaram a inclinometria para registro de posturas e movimentos.

Quatro inclinômetros e uma unidade de aquisição dos dados (Logger Teknologi HB, Åkarp, Suécia) foram utilizados para coleta das posturas e movimentos dos ombros direito e esquerdo, da cabeça, tronco superior e da cervical a uma frequência de aquisição de 20Hz. As posturas e os movimentos da cervical foram calculados como a diferença entre o registro da cabeça e do tronco superior.

A coleta de dados por inclinometria envolveu a calibração dos inclinômetros antes do seu acoplamento ao sujeito. Assim, para cada inclinômetro as direções X, Y e Z foram calibradas em relação à linha de gravidade. Para isto, cada uma das 6 faces do inclinômetro foi posicionada sobre uma superfície plana durante 5 segundos cada.

Após a calibração, os inclinômetros foram desconectados da unidade de aquisição de dados (data logger), sem interrupção do registro, para facilitar a sua fixação no sujeito. Fita adesiva dupla face foi utilizada para fixar os inclinômetros no indivíduo.

A fixação do inclinômetro para o registro da cabeça foi feita sobre o capacete nos eletricitistas de distribuição, pois estes utilizam capacetes como equipamento de proteção individual obrigatório (Figura 3). Para melhor fixação do inclinômetro no capacete, cada transdutor recebeu fitas adesivas adicionais. A fixação do inclinômetro no capacete ao invés da cabeça pode ter gerado mínimos erros derivados da movimentação do capacete em relação a cabeça, já que o capacete deve ser bem fixado pelas fitas e cada eletricitistas tem seu próprio equipamento, que é ajustado apenas ao usuário. Além disto, as

posições de referência e direção foram registradas com o capacete já fixo e ajustado no indivíduo e o capacete não foi retirado durante toda a coleta.



Figura 3. Inclínômetro posicionado para registro postural e de movimentos da cabeça. A. Inclínômetro fixo no capacete. B. Inclínômetro fixo na frente do trabalhador.

Para o posicionamento do inclinômetro no tronco superior, a sétima vértebra cervical foi palpada e demarcada com caneta hidrográfica. O inclinômetro foi fixado à direita do processo espinhoso de C7/T1 (Figura 4). Para melhor fixação, foi colado adesivo cirúrgico de 10cm sobre o transdutor inclinométrico.



Figura 4. Inclínômetro acoplado à direita do processo espinhoso de C7/T1 para registro postural e de movimento do tronco superior.

Para o posicionamento dos inclinômetros nos membros superiores, foram palpados os músculos deltóides durante abdução dos ombros para encontrar a inserção distal destes músculos. Placas plásticas foram fixadas

abaixo da inserção distal do deltóide direito e esquerdo para diminuir artefatos de tecido mole devido a abaulamentos da musculatura nesta região. Em seguida, o transdutor foi fixado sobre a placa plástica (Figura 5 A e B).

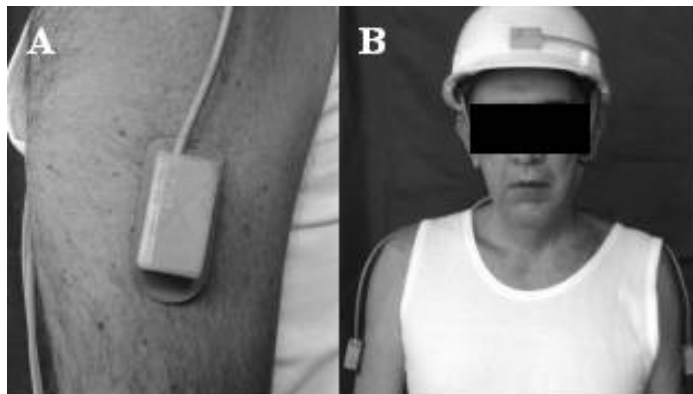


Figura 5. Fixação sensores inclinométricos para o registro postural e de movimentos dos membros superiores. A. Detalhes da fixação do inclinômetro sobre a placa plástica no membro superior direito. B. Inclinômetros fixos bilateralmente nos braços e capacete.

Após a fixação do transdutor, adesivos cirúrgicos de 10 cm foram colados sobre os transdutores dos membros superiores para melhor fixação. Ainda, foram colocadas faixas elásticas circundando a região do membro superior na qual o transdutor for fixado.

Após a fixação dos 4 inclinômetros, o sujeito era solicitado a realizar movimentos da cabeça e membros superiores para verificar se havia alguma restrição de movimento. Em seguida, para cada região corporal, foram registradas durante 5 segundos duas posições de referência: uma em posição neutra e outra indicativa da direção do movimento. A posição neutra de referência para cabeça e tronco superior (0° de flexão/extensão e inclinação) consistiu na postura ereta do sujeito, com olhar fixo em uma marca na parede na altura dos olhos a 1 ou 2 metros de distância do indivíduo (Figura 6).



Figura 6. Posição neutra de referência para o registro postural da cabeça e tronco superior.

A posição de referência indicativa de movimento foi a flexão da cabeça e tronco superior. Para tal, o sujeito sentado em uma cadeira realizou a flexão de tronco e cervical, com olhar dirigido para o chão em um ponto entre os pés.

A posição neutra de referência para os membros superiores foi obtida com o sujeito sentado em uma cadeira, com axila apoiada sobre o encosto da cadeira e o braço pendendo livremente na vertical. O indivíduo manteve um peso de 2 kg para garantir que o braço permaneça perpendicular ao solo (Figura 7) e o sensor possa ser calibrado corretamente.

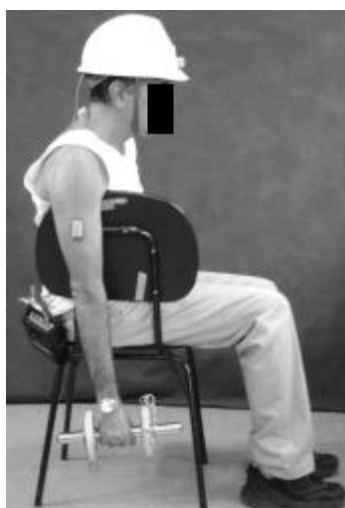


Figura 7. Posição neutra de referência para os registros postural e de movimento do membro superior direito.

A posição de referência indicativa da direção dos movimentos dos membros superiores direito e esquerdo consistiu na abdução simultânea dos

dois membros superiores à 90°, com o indivíduo ereto olhando para a marca na parede na altura dos olhos.

As posições de referência e indicativa de direção foram meticulosamente definidas para garantir a qualidade dos registros. Todo procedimento de coleta de dados foi baseado no protocolo de Hansson et al. (2001b).

Diversos estudos-pilotos para adequação dos procedimentos à população brasileira foram necessários. Dentre as dificuldades encontradas para adequação dos procedimentos, o clima quente e o excesso de suor dificultavam a fixação do equipamento na pele por períodos prolongados. Para fixação do sensor em C7, diversas fitas adesivas foram testadas, como: esparadrapo, fita adesiva microporosa, adesivos hidrocolóides para prevenção de úlceras e adesivo cirúrgico da marca Mefix de 10cm de largura. Aplicados de forma independente, nenhuma das fitas foi suficiente para fixar o sensor na cervical. Melhores resultados de fixação foram conseguidas com a limpeza da região com álcool, seguida de aplicação de tintura de benjoin e após a fixação do sensor, revestimento com fita adesiva microporosa, que deve ser colada bem justa às laterais do sensor (para evitar deslocamentos do sensor sob a fita) e ultrapassando os limites do sensor para obter maior superfície de fixação (Anexo II). Quanto aos sensores fixados nos braços, a aplicação da fita adesiva de 10cm e colocação de faixas elásticas sobre o sensor foram suficientes para fixação dos sensores nestas regiões (Anexo II).

Já quanto ao sensor da cabeça, apenas para os eletricitistas de construção, faixas foram testadas para garantir a fixação do sensor, já que o peso do fio contribui para deslocar o sensor, e associado ao suor, poderia haver comprometimento dos registros. O fator determinante a ser considerado

para escolha da fita a ser usada na cabeça é o conforto, pois o uso contínuo da faixa poderia gerar desconfortos nos indivíduos. Ataduras elásticas compressivas, testeiras (material esportivo), faixas elásticas femininas (acessório de cabelo) e faixas de elástico com velcro não apresentaram bons resultados, devido a compressão da cabeça pela e/ou desconforto no local do contato com o sensor inclinométrico pela maior compressão nesta região. Ataduras elásticas de crepe, que apresentam certa elasticidade, apresentaram melhores resultados, apesar das reclamações dos voluntários quanto a aparência.

Análise dos dados

Para os ângulos de elevação dos braços, os percentis 50 e 90 assim como a fração de tempo em que os braços foram mantidos elevados acima de 60° e 90° são apresentados. Ângulos de flexão/extensão da cabeça, tronco superior e cervical foram derivados para os percentis 10, 50 e 90. Como valores positivos representam flexão e os negativos extensão, o percentil 10 é uma medida de extensão (quanto mais negativo for o valor, maior é a extensão apresentada), enquanto o percentil 90 é uma medida de flexão. Para todas as regiões corporais, a velocidade angular foi derivada para o percentil 50 da distribuição. Movimentos e ângulos da cervical foram calculados como a diferença entre as medidas da cabeça e tronco superior (Hansson et al., 2006). A ordem de apresentação das atividades foram baseadas nos níveis de elevação do membro superior direito (percentil 90). A exposição postural em cada atividade foi descrita pela média e desvio-padrão dos 12 eletricitistas.

A diferença entre as atividades foi avaliada pelo teste de Friedman. Caso o teste identificasse diferença ($p < 0.05$), o teste de Wilcoxon com ajuste de

Bonferroni foi utilizado para comparações múltiplas. Correlação de Spearman foi utilizada para verificar a associação entre a extensão da cabeça e a elevação dos membros superiores. Todos os cálculos foram realizados no software SPSS versão 11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

- **Membros superiores**

Com relação à elevação dos braços, todos os trabalhadores realizaram as atividades de maneira similar, com exceção de T5, que apresentou maior variabilidade entre os eletricitistas (Figura 8). Durante a realização de T5 alguns trabalhadores apresentaram altos níveis de elevação para o braço direito e baixos no esquerdo, enquanto outros trabalhadores apresentaram comportamento inverso. Este comportamento em T5 pode ser melhor visualizado pelo alto desvio-padrão nesta atividade (Tabela 3).

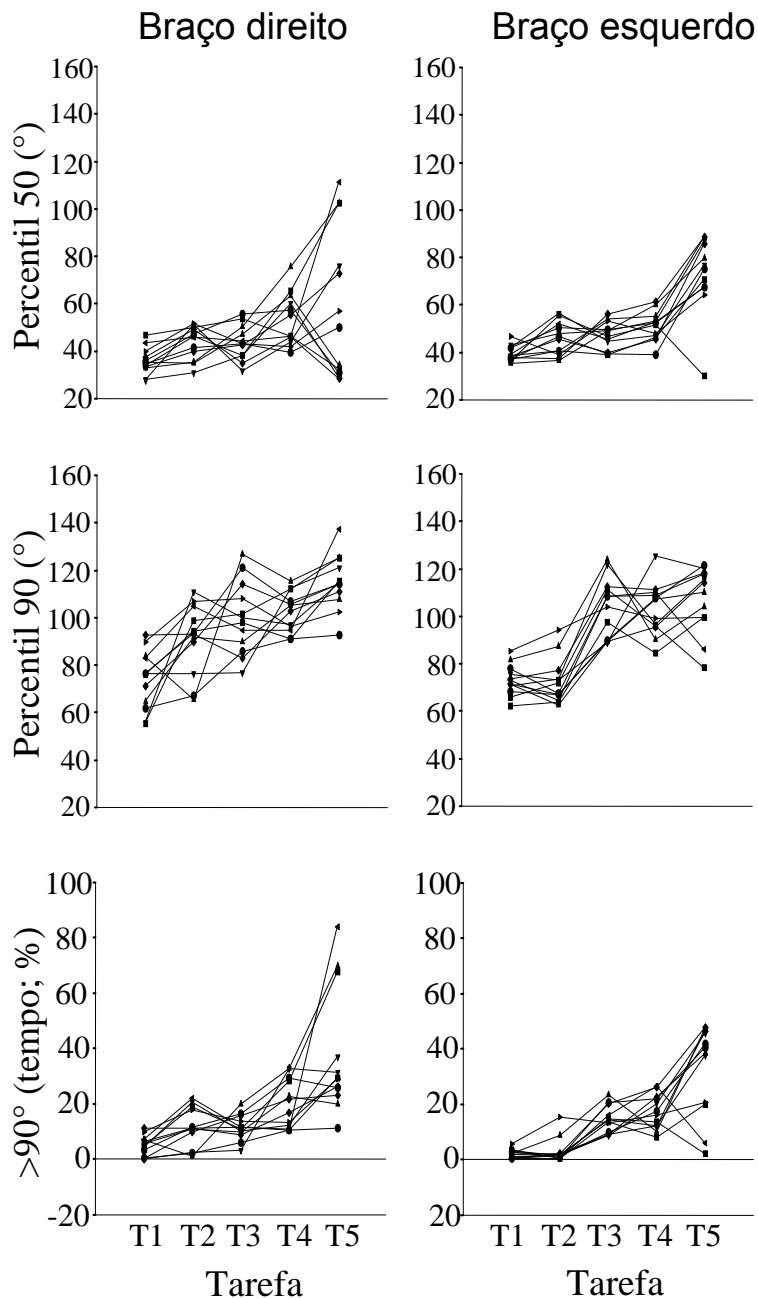


Figura 8. Elevação dos braços direito e esquerdo dos 12 eletricitistas de distribuição durante a realização das 5 atividades. Os percentis 50 e 90 e a fração de tempo com os braços acima dos 90° são apresentados. Os dados de cada eletricitista está representado por linhas conectadas.

Os braços direito e esquerdo apresentaram altos níveis de elevação para as cinco atividades, com variação entre 73° e 115° no percentil 90 (Tabela 3). Os eletricitistas mantiveram os braços elevados acima dos 60° por longos

períodos de tempo (entre 18% e 69% da duração total da atividade) e acima dos 90° por períodos mais curtos, entre 2% e 38% do tempo.

O tempo de permanência em faixas angulares pré-estabelecidas variou entre as atividades, assim como, os percentis de postura e velocidade (Tabela 3). Diferenças estatísticas foram identificadas entre a maioria das atividades, apesar de todas apresentarem altos níveis de elevação dos braços, principalmente em T3, T4 e T5. As atividades também diferiram quanto à velocidade em que são realizadas. Para os braços, as velocidades variaram entre 54 to 94°/s, ou seja, uma diferença de 74%. T4 foi a atividade mais dinâmica realizada pelos eletricitistas, com velocidade angular de 94°/s para o braço direito e 88°/s para o braço esquerdo.

Os valores médios dos eletricitistas mostraram, para todas as medidas de elevações, níveis de elevação simétricos para T1, T3 e T4. Já para T2 e T5, valores de elevação do braço direito foram superiores aos do braço esquerdo. As velocidades encontradas para o braço direito foram maiores que para o braço esquerdo, sendo que a diferença entre os braços variou de 7% a 24%, e foi em média de 14% maiores para o braço direito.

Tabela 3. Posturas e movimentos dos braços direito e esquerdo dos 12 eletricitistas de distribuição realizando as 5 atividades. Média (M) e, entre parênteses, desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 50 e 90 de elevação dos braços, assim como a fração de tempo acima dos 60° 90°. O percentil 50 da velocidade angular também é apresentado. Diferenças estatisticamente significativas entre as atividades (D) foram verificadas pelo teste de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni ($p < 0.005$).

Posturas e movimentos	Atividades																			
	T1			T2			T3			T4		T5								
	M	(DP)	D	M	(DP)	D	M	(DP)	D	M	(DP)	D	M	(DP)						
			T2	T3	T4	T5	T3	T4	T5	T4	T5	T5								
Braço direito																				
Elevação	50 th	36V	(6)	√	√	√	44V	(7)		44	(7)		53	(11)	61	(32)				
Percentil	90 th	74	(12)		√	√	91V	(15)	√	100	(15)		103	(8)	√	115	(12)			
Zona (% tempo)	>60°	18	(7.3)		√	√	31V	(10)	√	30	(8.9)	√	42	(13)		57	(23)			
	>90°	5.1	(3.7)		√	√	12V	(7.1)	√	12	(4.6)	√	20	(9.0)		38	(23)			
Velocidade	50 th	67	(17)	√		√	56V	(14)	√	72	(15)	√	√	94	(14)	√	54	(13)		
Braço esquerdo																				
Elevação	50 th	39	(3)		√	√	46V	(7)		47	(6)	√	51	(6)		73	(16)			
Percentil	90 th	73	(6)		√	√	73V	(10)	√	√	√		104	(13)		107	(14)			
Zona (% tempo)	>60°	23	(7.0)		√	√	26V	(8.5)		√	33	(7.6)	√	39	(7.6)	√	69	(15)		
	>90°	2.2	(1.6)		√	√	3.3	(4.4)	√	√	√		15	(4.9)		17	(6.2)	33	(16)	
Velocidade	50 th	59V	(12)	√		√	45V	(12)	√	√		67	(14)	√	√	88	(14)	√	45	(8.2)

√ = Diferença estatisticamente significativa.

- Cabeça, tronco superior e cervical

Os resultados das posturas da cabeça, tronco superior e cervical podem ser vistos na Figura 9.

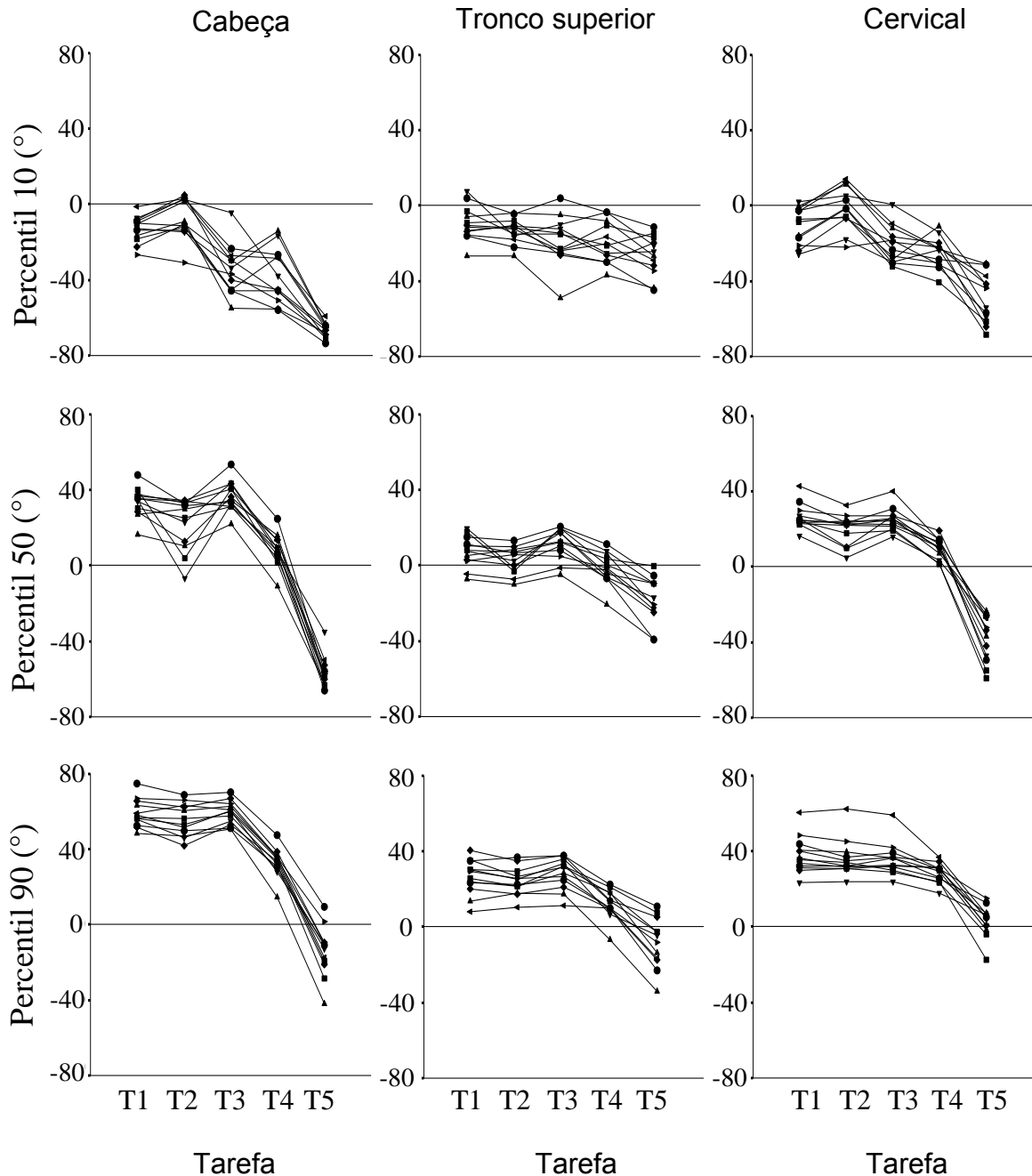


Figura 9. Flexão/extensão da cabeça, tronco superior e cervical dos 12 eletricitistas realizando as 5 atividades. Os percentis 10, 50 e 90 são apresentados. Os dados de cada eletricitista estão representados por linhas conectadas. Valores positivos referem-se a flexão e negativos a extensão.

Pela Figura 9, pode-se verificar que as atividades influenciaram principalmente a postura da cabeça, mas também o tronco superior. A cabeça, tronco superior e cervical apresentaram extensão (percentil 10) e flexão (percentil 50 e 90) durante a realização de T1, T2, T3 e T4 (Figura 9), enquanto em T5 prevaleceram níveis de extensão em todos os percentis.

Valores apresentados na Tabela 4 confirmam altas amplitudes de flexão da cabeça (56° a 60°) para T1, T2 e T3 no percentil 90. Estas atividades também apresentaram altos níveis de flexão para o tronco superior (24° a 28°) e cervical (36° a 38°). T5 mostrou, em geral, postura em extensão para todos os segmentos em todos os percentis, com exceção do percentil 90 para a cervical, com níveis extremos de extensão (-67° no percentil 10). As atividades apresentaram diferenças estatisticamente significativas para a maioria das amplitudes e velocidades avaliadas, com exceção de alguns percentis de T1 quando comparada a T2 e T3. Com relação à velocidade, assim como já mencionado para os membros superiores, T4 apresentou-se significativamente mais dinâmica que as outras atividades.

Tabela 4. Posturas e movimentos da cabeça, tronco superior e cervical dos 12 eletricitistas de distribuição nas 5 atividades. Média (M) e, entre parênteses, desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 10, 50 e 90 de flexão/extensão. Diferenças estatisticamente significativas entre as atividades (D) foram verificadas pelo teste de Wilcoxon com ajuste de Bonferroni ($p < 0.005$).

Posturas e movimentos	Atividades																			
	T1					T2					T3				T4			T5		
	M	(DP)	D			M	(DP)	D			M	(DP)	D		M	(DP)	D			
			T2	T3	T4			T5	T3	T4			T5	T4				T5	T5	
Cabeça																				
Flexão/extensão																				
Percentil (°)	10 th	-13	(7)	√	√	√	-7	(11)	√	√	√	-35	(13)	√	√	-38	(14)	√	-67	(4)
	50 th	34	(8)		√	√	22	(14)	√	√	√	37	(8)	√	√	9	(9)	√	-57	(8)
	90 th	59	(7)		√	√	56	(9)		√	√	60	(6)	√	√	33	(8)	√	-14	(13)
Velocidade																				
Percentil (°/s)	50 th	24	(5.0)	√		√	19	(3.8)	√	√	√	25	(3.7)	√		37	(4.6)	√	26	(6.0)
Tronco superior																				
Flexão/extensão																				
Percentil (°)	10 th	-9	(9)		√	√	-13	(7)			√	-19	(13)			-19	(11)		-27	(11)
	50 th	7	(8)			√	3	(7)	√		√	12	(8)	√	√	-2	(8)	√	-18	(12)
	90 th	26	(9)		√	√	24	(7)	√	√	√	28	(8)	√	√	12	(8)	√	-8	(13)
Velocidade																				
Percentil (°/s)	50 th	21	(4.7)	√		√	15	(3.6)	√	√		22	(4.3)	√	√	30	(4.6)	√	14	(2.7)
Cervical																				
Flexão/extensão																				
Percentil (°)	>60°																			
	10 th	-10	(10)	√		√	-1	(11)	√	√	√	-21	(10)		√	-25	(8)	√	-49	(13)
	50 th	27	(7)	√		√	20	(8)		√	√	25	(6)	√	√	10	(5)	√	-38	(12)
	90 th	38	(10)		√	√	36	(10)		√	√	36	(9)	√	√	28	(5)	√	3	(8)
Velocidade																				
Percentil (°/s)	50 th	18	(5.0)		√	√	16	(4.0)		√	√	18	(3.5)	√	√	36	(5.5)	√	26	(6.4)

√ = Diferença estatisticamente significativa.

Considerando todas as atividades em conjunto, o trabalho com os braços elevados apresenta associação com os níveis de extensão da cabeça (Figura 10), a correlação de Spearman entre a extensão da cabeça (percentil 10) e elevação dos braços (percentil 90) foi de -0.75 ($p < 0.01$).

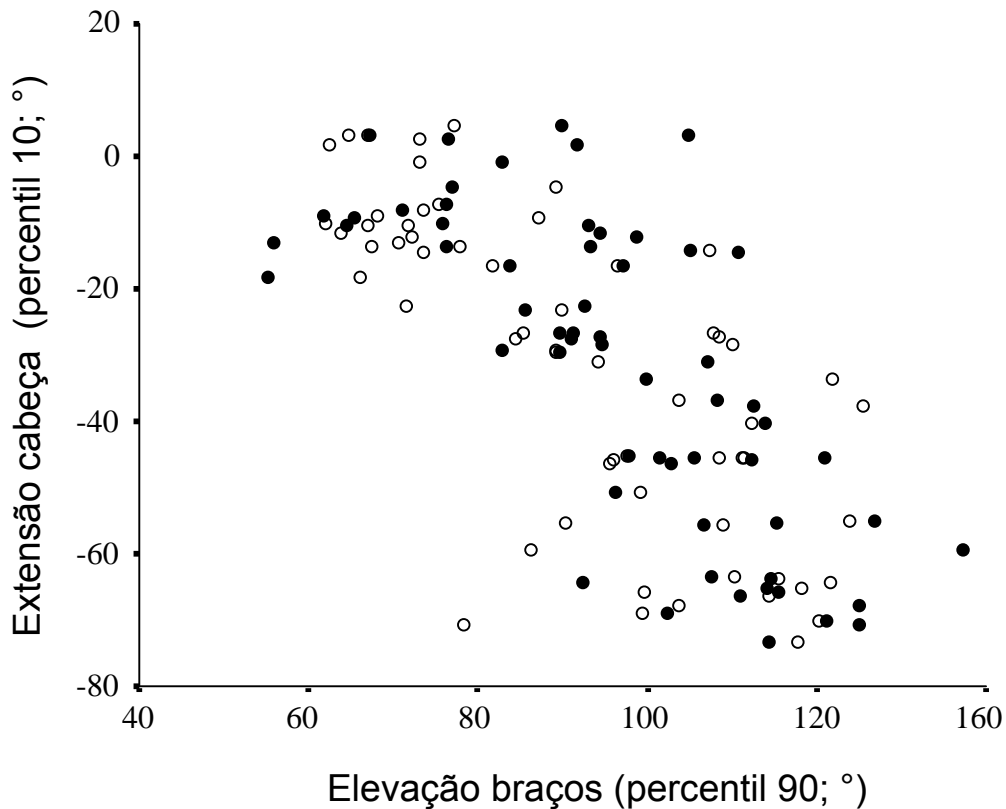


Figura 10. Correlação entre a extensão da cabeça (percentil 10) e elevação dos braços (percentil 90) direito (círculos pretos) e braço esquerdo (círculos brancos). Todas as atividades foram consideradas em conjunto.

- Variabilidade entre sujeitos

A variabilidade entre os sujeitos, apresentado pelo desvio-padrão, para as posturas da cabeça, tronco superior e cervical, que variaram entre 4° e 14°, não mostraram diferenças entre as atividades. Por outro lado, os membros superiores apresentaram variabilidade entre sujeitos de 3° a 32°, com T5 apresentando maiores níveis de variabilidade.

Como o valor de desvio-padrão aumentou com o aumento das médias, a variabilidade entre-sujeitos para velocidade dos movimentos foi avaliada pelo coeficiente de variação (divisão do desvio-padrão pela média). O coeficiente de variação para os braços direito e esquerdo, cabeça, tronco superior e cervical variou de 12% a 27%, com valor médio de 21% para as cinco regiões avaliadas durante as cinco atividades.

DISCUSSÃO

- **Membros superiores**

Altos níveis de elevação dos braços foram identificados para todas as atividades. O percentil 90 e a porcentagem de tempo acima dos 90° são medidas específicas para quantificar a ocorrência de altos níveis de elevação, já que são valores extremos da distribuição dos dados. Ainda não há um consenso sobre os limites seguros de elevação dos braços durante o trabalho na literatura. Uma possível razão é o fato de que os riscos posturais podem ser potencializados por outros aspectos biomecânicos simultâneos, como força e repetição. Apesar disto, tem sido amplamente reconhecido que grandes amplitudes de flexão do ombro e abdução são fatores associados ao surgimento de desordens músculoesqueléticas (Bernard, 1997).

De acordo com mecanismos patofisiológicos, dois fatores de risco podem levar ao surgimento de desordens músculoesqueléticas em ombros devido a tarefas realizadas com os braços elevados. Um fator é a manutenção da ativação muscular, que leva ao aumento da pressão muscular, redução da circulação sanguínea, diminuição da oxigenação e acúmulo de Ca^{2+} , que conseqüentemente, resulta em alterações morfológicas nos músculos. Outro

fator é a postura inadequada que leva a sobrecarga mecânica nos tendões e nervos periféricos que pode causar danos nestes tecidos (Staal et al., 2007).

A atividade T5 mostrou-se como mais crítica, já que os eletricitistas passaram mais de 30% do tempo de sua duração com os ombros acima dos 90°. As amplitudes extremas nesta atividade são decorrentes do fato dos eletricitistas alcançarem o alto do poste por meio da vara telescópica, mas com os eletricitistas estando no chão. Os eletricitistas não costumam usar escadas nesta atividade por ela ser uma relativamente rápida. No entanto, considerando as posturas extremas apresentadas durante o desempenho de T5, esta precisa ser revista para redução dos riscos biomecânicos envolvidos. Possíveis alternativas seria o uso das escadas fixas ao caminhão ou mudanças na vara telescópica, em qualquer uma das possibilidades, os requisitos de segurança devem ser analisados antes das propostas serem aplicadas.

Para atividades padronizadas, repetidas em duas situações separadas, Hansson et al. (2006) reportou uma variabilidade entre-sujeitos de 5,2° (desvio-padrão) para ângulos descritos por percentis e 23% (coeficiente de variação) para velocidades. Apesar das regras de segurança, a presença de supervisor e ambiente reproduzível, que contribuem para realização das atividades na mesma maneira, a variação para todas as atividades foi maior que o valor de 5,2° reportado por Hansson et al. (2006). A alta variabilidade em relação aos ângulos encontrados para T5 pode ser explicada pela preferência individual em manter o braço direito ou esquerdo mais elevado durante o manuseio da vara. Além disto, em ambientes de trabalho real a variabilidade pode ser maior devido a diferentes condições como a presença de veículos estacionados,

árvores e outras circunstâncias ocasionais. Contrariamente, a variação nos movimentos (21%) foi inferior que o valor reportado por Hansson et al. (2006).

- Cabeça, tronco superior e cervical

Altos níveis de amplitude foram encontrados para flexão de cabeça e cervical em T1, T2 e T3, e pronunciada extensão foi identificada para todas as atividades, especialmente T5. Muitos estudos descrevem forte associação entre posturas extremas ou inadequadas da cabeça e pescoço e riscos para o desenvolvimento de desordens músculoesqueléticas (Bernard, 1997; van den Heuvel et al., 2006; Larsson et al., 2007; Palmer e Smedley, 2007). Harms-Ringdahl et al (1986) calcularam o momento de força durante a posição extrema de flexão do pescoço e percebeu um aumento de 3 a 6 vezes em relação a posição neutra. Já em extensão completa, Sakakibara et al (1987) mencionaram que esta postura durante o trabalho pode levar a insuficiência da artéria vertebral. De acordo com ISO11226 (Delleman e Dul, 2007) e Ariëns et al. (2007) as posturas da cabeça devem ser mantidas entre 0° e 25° de flexão para evitar posturas inadequadas. De acordo com esta recomendação, os níveis de flexão e extensão dos eletricitistas devem ser reduzidos.

A forte associação entre os níveis de elevação dos braços e a extensão da cabeça/cervical são esperados já que o foco de algumas atividades está bem acima do nível dos ombros dos trabalhadores e a visão tende a acompanhar as mãos. Nestes casos, há um aumento da sobrecarga postural para ambas articulações, que pode levar a um aumento do risco para o desenvolvimento de desordens nestes trabalhadores. Neste sentido, o redesenho destas atividades deve levar em conta os riscos para todas as regiões corporais conjuntamente.

- Considerações metodológicas

A ausência de corrente elétrica provavelmente não influenciou o desempenho das atividades, já que os eletricitistas utilizaram suas práticas usuais durante a coleta de dados. A fixação do inclinômetro no capacete ao invés da cabeça pode ter gerado mínimos erros derivados da movimentação do capacete em relação a cabeça, já que o capacete deve ser bem fixado pelas fitas e cada eletricitistas tem seu próprio equipamento, que é ajustado apenas ao usuário. Além disto, as posições de referência e direção foram registradas com o capacete já fixo e ajustado no indivíduo e o capacete não foi retirado durante toda a coleta. O objetivo do registro foi caracterizar as atividades mais comumente realizadas pelos eletricitistas de distribuição, o que exclui as atividades suplementares realizadas antes das atividades propriamente ditas, apenas a atividade de remoção/reposição da escada foi avaliada. Dessa forma, os dados apresentados não representam a exposição no trabalho.

CONCLUSÃO

Medidas objetivas dos movimentos são ferramentas úteis para fornecer resultados precisos e diferenciar riscos cinesiológicos entre as atividades. Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre as atividades avaliadas. Apesar disto, posturas inadequadas estão presentes para membros superiores, cabeça, tronco superior e cervical em todas as atividades. Redesenho ergonômico do trabalho é necessário para prevenção de distúrbios músculoesqueléticos nestes trabalhadores.

DESDOBRAMENTOS DO ESTUDO

Os resultados do Estudo 2 revelam altos níveis de exposição postural nas 5 atividades avaliadas. Os níveis de elevação dos braços variaram de 73° a 115° no percentil 90, com elevações dos braços acima de 60° mantidas por 18 a 69% do tempo de duração das atividades. Já os níveis de extensão para cabeça variaram de 7° a 67° e de flexão de 33° a 60°. A única exceção para os movimentos de flexão foi T5, que apresentou extensão contínua. As atividades apresentaram diferenças estatisticamente significativas quanto às posturas e movimentos, no entanto, todas expõem os trabalhadores a posturas inadequadas.

Dentre as cinco atividades avaliadas no Estudo 2, o posicionamento e remoção da escada (T4) é a atividade que é realizada por mais vezes em dia de trabalho comparada. Por ser uma atividade auxiliar, T4 é um procedimento realizado previamente às outras atividades (T1, T2 e T3). Além da sua alta frequência, a utilização de força para remover e reposicionar a escada no suporte do veículo está associada às posturas extremas, identificadas no Estudo 2. Neste sentido, foi realizado o Estudo 3 que avalia de forma mais detalhada a remoção e reposicionamento da escada no suporte do veículo (Figura 11). O Estudo 3 avalia a postura durante a remoção e reposição da escada no suporte do veículo diferentemente do Estudo 2, que considerou também a postura durante fixação da escada no poste. O Estudo 3 avaliou ainda a força necessária para remoção e reposição da escada no suporte e os níveis de esforço percebido pelos trabalhadores durante a realização da atividade.

Os resultados do Estudo 2 do Estudo 3 não são diretamente comparáveis já que entre a realização dos Estudos houve mudança no tipo de veículo e com isto, também do suporte das escadas.

Estudo 3: Remoção e reposição da escada no suporte do veículo

Este estudo encontra-se aceito para publicação no XVIII Congresso Mundial de Ergonomia, IEA, 2012 e, se aprovado pela Comissão Científica do Evento, será publicado no *Jornal Work*, IOS PRESS (Anexo IV).

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi¹, Letícia Carnaz¹, Luiz Carlos de Miranda Júnior², Richard William Marklin³, Helenice Jane Cote Gil Coury¹

¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Brasil;

² Centro Superior de Educação Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil;

³ Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Marquette, Milwaukee, Estados Unidos da América.

INTRODUÇÃO

Diversos trabalhadores utilizam escadas durante suas atividades ocupacionais como, por exemplo, os eletricitistas de distribuição de energia elétrica, eletricitistas de construção, pedreiros, pintores e técnicos em telefonia. A realização de atividades em diferentes locais requer o manuseio freqüente das escadas para sua retirada e recolocação no suporte do veículo. Segundo estudos da literatura, o manuseio de escadas expõe os trabalhadores a fatores de risco biomecânico devido ao seu peso e comprimento, que pode ser agravado por deposição de neve nas escadas, e fatores ambientais como ventos e terrenos acidentados (Imbeau et al., 1998). Em seu estudo, Imbeau et al. (1998) identificou reclamações dos trabalhadores com relação a atividade de remoção/reposição da escada no veículo devido a altura do suporte da escada no veículo (a 1,8 metros de altura), o que requer que os trabalhadores

fiquem na ponta dos pés para alcançarem a escada. Os resultados do Estudo 2 mostraram altos níveis de elevação dos braços durante a atividade de remoção/reposição da escada sobre o veículo e seu manuseio para fixação no poste. Além da sobrecarga biomecânica, o manuseio, levantamento e remoção/reposição da escada sobre o veículo estão associados a 21% dos acidentes ambientais envolvendo escadas (Bell Canada, citado por Imbeau et al., 1998).

Apesar de alguns estudos terem identificado a presença de fatores de risco biomecânico para o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas na atividade de remoção/reposição no veículo (Figura 11), nenhum estudo a avaliou em detalhes. O objetivo do presente estudo foi avaliar a postura, as forças exigidas e o esforço percebido durante a atividade de remoção/reposição da escada do veículo.



Figura 11. Remoção da escada por eletricitista (suporte fixo a 1,70 metros de altura).

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Treze eletricitistas de uma empresa de distribuição de energia elétrica brasileira participaram do estudo (média de idade de $37,8 \pm 8,1$ anos, mínimo de 21 anos e máximo de 47 anos; altura de $1,77 \pm 0,07$ metros, experiência no trabalho de $11,3 \pm 7,9$ anos). A amostra corresponde a 87% dos eletricitistas que realizam a função de emergência/manutenção da sede regional avaliada.

Os critérios de inclusão considerados foram: trabalhadores contratados pela empresa de distribuição de energia elétrica como eletricitista, realizar a função de eletricitista de emergência/manutenção, possuir mais de 3 meses de experiência.

Procedimentos

Postura, forças realizadas e esforço percebido foram avaliados durante a atividade de remoção e reposição da escada no suporte do veículo.

- Postura

A elevação dos braços de 13 eletricitistas foi avaliada por meio de inclinômetros (Logger Tecknologi, Akarp, Sweden) a uma frequência de aquisição de 20Hz. Entretanto, dados de 4 eletricitistas foram excluídos, por descolamento dos inclinômetros da pele e erro no registro do tempo em que o manuseio foi realizado.

A elevação dos braços foi registrada durante o teste máximo de força de tração e compressão (descritas a seguir).

- Força

Treze eletricitistas simularam a força requerida para retirar e reposicionar a escada no dispositivo desenvolvido para simular a escada. Para tal, um

dispositivo em ferro (Figura 12A) foi desenvolvido para fixação de um dinamômetro de tração/compressão (Kratos, DDK, 100kgf) no suporte da escada (Figura 12B) e possibilitar a simulação da força requerida para retirar e recolocar a escada no suporte do veículo. Partes da escada também foram utilizadas para que o dispositivo fosse o mais similar possível da escada manuseada pelos eletricitistas.

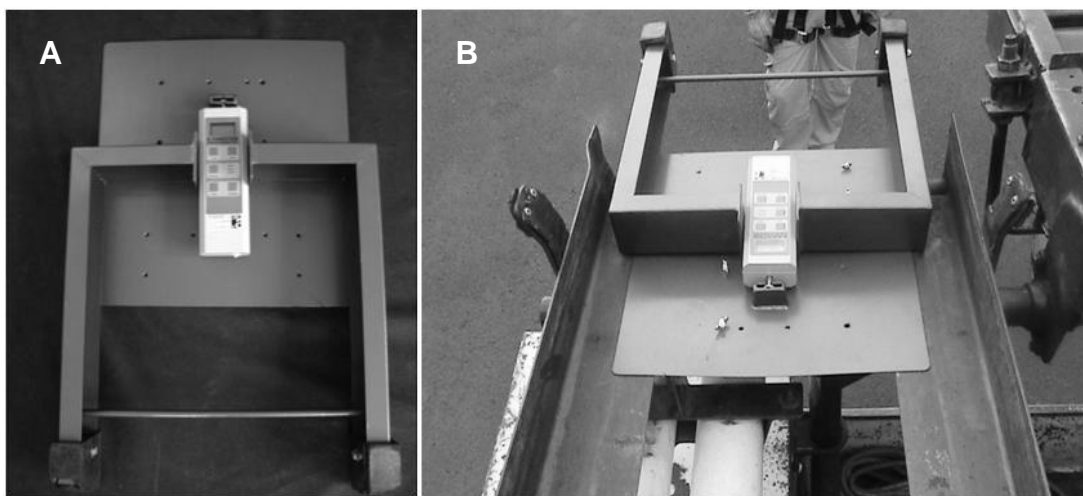


Figura 12. A) Suporte de ferro utilizado para fixar dinamômetro no suporte de escada do veículo. B) Suporte fixado sobre veículo para simulação da atividade.

O dispositivo foi fixado no suporte da escada a 1,7 metros de altura (Figura 13). As forças de tração e compressão requeridas para realizar a atividade de remoção e reposição, respectivamente, foram mensuradas pelo dinamômetro em ordem aleatorizada. Forças máximas tração e compressão também foram coletadas após a simulação das forças nas atividades. Foram realizadas 3 medidas de cada situação, sendo fornecido um intervalo de 30 segundos entre cada medida.

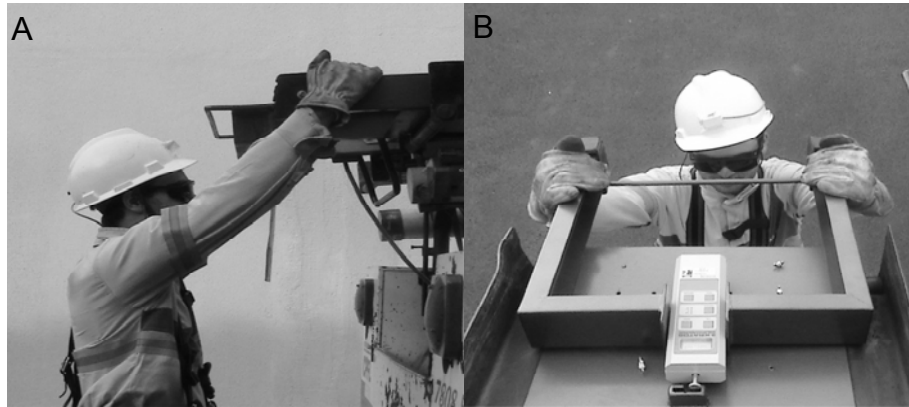


Figura 13. Vista lateral (A) e superior (B) das condições de teste durante a atividade de remoção da escada (tração).

- Esforço percebido

Onze eletricitistas responderam a Escala de CR de Borg (Borg, 1998) durante a realização da remoção/reposição da escada no veículo em ambiente real e durante os testes de simulação da atividade. As medidas de esforço percebido foram utilizadas para comparar o esforço realizado nas condições ocupacionais reais (em campo) com as condições experimentais.

Análise dos dados

O percentil 50 (mediana) da distribuição dos dados de elevação dos braços foi utilizado para verificar a postura dos ombros durante o teste máximo de força. A média das três medidas foi calculada para caracterizar a elevação dos braços.

As forças de tração e compressão registradas necessárias para a realização da remoção e reposição, respectivamente, foram apresentadas em relação à força máxima (porcentagem contração voluntária máxima) e também em valor absoluto (kgf). A média das três avaliações foi utilizada para o cálculo das forças durante os testes. O valor máximo de referência foi o maior valor obtido dentre as 3 medidas obtidas no teste máximo.

Como os dados apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, o teste de Correlação de Pearson foi usado para verificar a correlação entre as variáveis (idade, força de tração para remoção e compressão para reposição em relação à força máxima, esforço percebido em situação real e simulada e elevação do braço direito) e o Test-T de Student para comparações pareadas. Os testes estatísticos foram realizados no software SPSS 11.5 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

Para remover a escada do suporte, a força exigida foi de 22.4 ± 8.1 kgf ($58.8 \pm 11.9\%$ da máxima força de tração). Já para o reposicionamento da escada, a força exigida foi de 23.1 ± 7.2 kgf ($60.5 \pm 12.0\%$ da máxima força de compressão). Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre a força para remover e reposicionar a escada no suporte ($p=0.6$). O valor da força máxima de tração foi de $38,2 \pm 12,6$ kgf e da força máxima de compressão foi de $39,6 \pm 13,9$ kgf.

Os níveis de elevação dos braços durante o teste máximo de força para remoção da escada (tração) foram de $103 \pm 6^\circ$ para o membro superior direito e $104 \pm 11^\circ$ para o membro superior esquerdo. Já no teste de força máxima para recolocação da escada (compressão), o nível de elevação do braço direito foi de $111 \pm 13^\circ$ e do braço esquerdo foi de $112 \pm 16^\circ$. A amplitude de elevação do braço durante o teste de remoção apresentou-se maior que durante o teste de recolocação da escada tanto para o braço direito ($p=0.04$) quanto para o braço esquerdo ($p<0.01$). Quanto ao nível de esforço percebido, não houve diferença ($p=0.23$) os níveis relatados durante o manuseio da escada nos testes (média

do esforço percebido de 3.3 ± 1.9) e o manuseio realizado em ambiente real (média do esforço percebido de 2.7 ± 1.7).

A correlação entre as variáveis: idade, altura, forças realizadas durante o teste de remoção e recolocação da escada, níveis de esforço percebido durante o teste e em ambiente real e elevação do braço direito são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Correlações entre idade, altura dos trabalhadores, força para remoção e reposição da escada no veículo em relação à força máxima de tração e compressão, respectivamente, nível de esforço percebido durante manuseio da escada na situação experimental e em ambiente real e elevação do membro superior direito. Correlações estatisticamente significativas estão destacadas em negrito.

	Idade	Altura	Remoção (% força máxima tração)	Reposição (% força máxima compressão)	Esforço percebido no manuseio da escada em ambiente real	Esforço percebido no manuseio da escada no teste
Altura	$r = -0.36$ $p = 0.27$					
Remoção (% força máxima tração)	$r = 0.52$ $p = 0.09$	$r = -0.54$ $p = 0.07$				
Reposição (% força máxima compressão)	$r = 0.15$ $p = 0.64$	$r = -0.58$ $p = 0.05$	$r = 0.57$ $p = 0.04$			
Esforço percebido no manuseio da escada em ambiente real	$r = 0.63$ $p = 0.04$	$r = -0.44$ $p = 0.21$	$r = 0.46$ $p = 0.15$	$r = 0.59$ $p = 0.06$		
Esforço percebido no manuseio da escada no teste	$r = 0.11$ $p = 0.74$	$r = -0.36$ $p = 0.30$	$r = 0.32$ $p = 0.35$	$r = 0.45$ $p = 0.17$	$r = 0.65$ $p = 0.03$	
Elevação membro superior direito	$r = 0.35$ $p = 0.36$	$r = -0.67$ $p = 0.05$	$r = 0.75$ $p = 0.02$	$r = 0.35$ $p = 0.36$	$r = 0.06$ $p = 0.87$	$r = 0.06$ $p = 0.87$

Correlações estatisticamente significativas foram encontradas entre idade e esforço percebido durante a utilização da escada no ambiente real ($r=0.63$), o que revela maior esforço percebido nesta atividade em trabalhadores mais velhos. A correlação entre a altura do trabalhador e a força de compressão necessária para recolocar a escada no suporte do veículo ($r=-0.58$) revela que trabalhadores mais altos utilizam menor porcentagem da força voluntária máxima para realizar a atividade. Os trabalhadores mais altos também apresentaram menores níveis de elevação dos braços ($r=-0.67$). A correlação entre a força de tração necessária para retirar a escada e a elevação do braço direito ($r=0.75$) corrobora com as correlações anteriores, no sentido que indica a correlação dos menores níveis de elevação dos braços com a exigência de menor porcentagem da força máxima. Os níveis de esforço percebido durante os testes também apresentaram correlação com os níveis de esforço durante a atividade realizada em ambiente real ($r=0.65$).

DISCUSSÃO

As atividades de remoção e reposicionamento da escada no veículo apresentaram riscos biomecânicos relevantes para o desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos dos eletricitistas, pois requer altos níveis de força (aproximadamente 60% da força máxima) combinada com posturas extremas (superiores a 100° de elevação dos braços).

A combinação dos fatores de risco força e posturas extremas, principalmente durante a força de tração, requer altos níveis de ativação dos músculos da cintura escapular (Chopp et al., 2010). De acordo com Chopp et al. (2010), a realização de uma força de tração de 30N requer 25%, 20% e 15%

da contração voluntária máxima dos músculos deltóide, trapézio superior e infraespinhoso, respectivamente. Por outro lado, a força de compressão requer menores níveis de ativação muscular, aproximadamente 90% menos que durante a realização de tração, devido à vantagem oferecida pela gravidade durante a compressão (Choop et al., 2010). Outra distinção que pode ser feita entre a remoção e reposicionamento da escada é a menor compressão lombar para a recolocação, que requer força para empurrar (Kuijer et al., 2007). Entretanto, o momento articular nos ombros é o mesmo para realizar forças de tração e compressão (Kuijer et al., 2007). Neste sentido, as atividades de remoção e de reposição da escada apresentam riscos ergonômicos que precisam ser reduzidos, principalmente para a remoção da escada.

A simulação das atividades de remoção/reposição da escada por meio da construção do dispositivo apresentou níveis de esforços semelhantes aos encontrados em ambiente real. Este resultado indica a reprodutibilidade do esforço realizado no ambiente real durante os testes para mensuração da força e possibilita, assim, a inferência dos riscos ergonômicos encontrados nos testes para as situações ocupacionais. Tanto na situação real quanto na situação experimental, os níveis de esforços relatados foram baixos, apesar dos altos níveis de força apresentados. Tal fato pode ser decorrente da interação de diversos fatores: pequena duração do esforço para realizar a atividade, da maior capacidade física de eletricitas (Seeley e Marklin, 2003) e devido à exposição destes trabalhadores a outras mais pesadas, como a troca de cruzeta, que pode alterar o julgamento do esforço.

A relação entre a idade e a percepção do esforço ($r=0.63$) pode estar relacionada à redução da força muscular em idosos (Ilmarinen, 2001). Outro

fator que pode contribuir para esta correlação é a mudança nos tipos de atividades realizadas por trabalhadores mais idosos (Parkhouse e Gall, 2004). Parkhouse e Gall (2004) verificaram que trabalhadores idosos reduzem a frequência de realização de atividades em postes e torres, mas realizam mais funções que envolvem realização de força de tração e compressão em igual ou maior frequência que trabalhadores mais jovens. Neste sentido, a remoção e reposição da escada no veículo pode ter diferente impacto em trabalhadores em faixas etárias superiores.

As correlações da altura do sujeito com a força de compressão ($r=-0.58$) e com a elevação dos braços ($r=0.75$) revelaram que trabalhadores mais altos utilizam menor porcentagem da força máxima para reposição da escada. Assim, trabalhadores mais baixos estão submetidos a maiores riscos biomecânicos, já que maiores níveis de força requerem também maiores níveis de ativação muscular, que podem levar a maior tensão nos tendões (Bernard, 1997).

CONCLUSÃO

Considerando o elevado número de sintomas musculoesqueléticos reportados em eletricitistas de distribuição de energia elétrica (Moriguchi et al., 2011) e os fatores de riscos biomecânicos descritos nas atividades de retirada/reposição da escada no veículo, intervenções ergonômicas mostram-se necessárias para redução de desordens musculoesqueléticas nestes trabalhadores.

DESDOBRAMENTOS DO ESTUDO

Os resultados do Estudo 2 apontaram a presença de posturas inadequadas em todas as atividades avaliadas. No Estudo 3, foi possível verificar a associação dos fatores de risco postural (elevações dos braços superiores a 100°) e força (em torno de 60% da contração voluntária máxima) na remoção/reposição da escada. Estes dois estudos mostram a alta sobrecarga musculoesquelética a que os eletricitistas de distribuição estão submetidos durante as atividades avaliadas.

No entanto, os Estudos 2 e 3 foram conduzidos em ambiente simulado, que podem subestimar ou superestimar a sobrecarga encontrada dependendo das condições oferecidas (Oldham et al., 2000). A preocupação com a representatividade da sobrecarga encontrada nos estudos motivou a realização do Estudo 4, que tem como objetivo comparar as posturas obtidas em ambiente simulado e as posturas durante a realização da atividade em ambiente ocupacional (real).

Estudo 4 Comparação entre atividade realizada em situação real e simulada

Este estudo foi submetido para o *Jornal Ergonomics*.

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi¹, Letícia Carnaz¹, Luiz Carlos de Miranda Júnior², Richard William Marklin³, Helenice Jane Cote Gil Coury¹

¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Brasil

² Centro Superior de Educação Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Brasil;

³ Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Marquette, Milwaukee, Estados Unidos da América.

INTRODUÇÃO

Estudos de revisão e guias práticos de Ergonomia relatam a maior validade de medidas diretas realizadas em ambiente ocupacional para avaliar os fatores de riscos biomecânicos aos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (David, 2005; Winkel e Mathiassen, 1994; Winkel e Westgaard, 1992). Entretanto, muitos estudos ergonômicos são conduzidos em laboratório, com simulação das condições encontradas em ambiente ocupacional. A reconstrução do ambiente simulado em laboratório permite que pesquisadores avaliem e controlem as variáveis de interesse com sistemas de medidas complexos, reduzam a variabilidade nas variáveis dependentes e aumentem, assim, o poder dos testes estatísticos (Scott e Renz, 2006, van Dieën et al., 2010, Westgaard e Winkel, 1997).

A realização de pesquisa em laboratórios também é uma opção considerada quando as condições do ambiente ocupacional não são favoráveis

às coletas de dados. Um destes casos são os eletricitas de distribuição de energia elétrica em que o posto de trabalho na maioria das vezes se situa em alturas elevadas, as condições e os locais em que as atividades são realizadas são muito variáveis e o trabalho é realizado em ambiente aberto (exposição a fatores climáticos e de iluminação variáveis). Além disto, as normas rigorosas de segurança de trabalho destes trabalhadores restringem a utilização de equipamentos de coleta de dados, já que os equipamentos podem expô-los a riscos de choques elétricos e queimaduras.

Por outro lado, o freqüente relato de sintomas musculoesqueléticos encontrado nos eletricitas de distribuição (Estudo 1), o elevado número de lesões e de dias de trabalho perdidos (EPRI, 2006), a exposição a posturas extremas (Estudos 2 e 3) e a utilização de força para realização das atividades (Seeley e Marklin, 2003), reforçam a necessidade de mais estudos com estes trabalhadores para prevenção de lesões e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.

Os estudos em ambientes simulados devem tentar reproduzir a sobrecarga biomecânica e as posturas do ambiente ocupacional o mais fidedignamente possível. Pequenas diferenças entre a condição simulada e real podem resultar em diferentes interpretações dos resultados (van Dieën et al., 2010) e, conseqüentemente, conclusões errôneas sobre o estudo podem ser inferidas. Neste sentido, as condições simuladas podem ser questionadas quanto à validade da reprodução do ambiente ocupacional (Scott e Renz, 2006). Portanto, o objetivo do presente estudo foi verificar se as posturas de flexão/extensão cervical e elevação dos membros superiores registradas em

ambiente simulado representam as posturas registradas em ambiente ocupacional nos eletricitistas de distribuição de energia elétrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Vinte e três eletricitistas de distribuição destros (média de idade 43 ± 8 anos; massa corporal 86 ± 17 kg; altura 1.75 ± 0.08 m, média de experiência no trabalho de 16 ± 6 anos) participaram do estudo. Os sujeitos foram separadas em 2 grupos: um grupo (N=12) realizou a atividade em ambiente simulado sem corrente elétrica (média de idade 43 ± 8 anos; massa corporal 86 ± 17 kg; altura 1.75 ± 0.08 m, média de experiência no trabalho de 16 ± 6 anos) e outro (N=12) realizou as mesmas atividades em ambiente ocupacional durante um dia de atividades laborais cotidianas (média de idade 37 ± 7 anos; massa corporal 77 ± 9 kg; altura 1.77 ± 0.07 m, média de experiência no trabalho de 12 ± 8 anos). Doze registros posturais foram realizados em cada grupo, sendo apenas um indivíduo comum aos dois grupos.

Os critérios de inclusão considerados foram: trabalhadores contratados pela empresa de distribuição de energia elétrica como eletricitista, realizar a função de eletricitista de emergência/manutenção, possuir mais de 3 meses de experiência.

Todos os eletricitistas foram informados sobre os procedimentos envolvidos no presente estudo e consentiram em participar. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSCar.

Descrição das atividades

Três atividades frequentemente realizadas pelos eletricitistas de distribuição (Figura 14) foram avaliadas em ambiente ocupacional (real) e em laboratório (simulado): substituição de relé fotoelétrico (Figura 14, 1A e 1B), ligar e desligar unidade consumidora (Figura 14, 2A e 2B) e substituição de lâmpada (Figura 14, 3A e 3B). Maiores descrições das atividades estão disponíveis no Estudo 2.

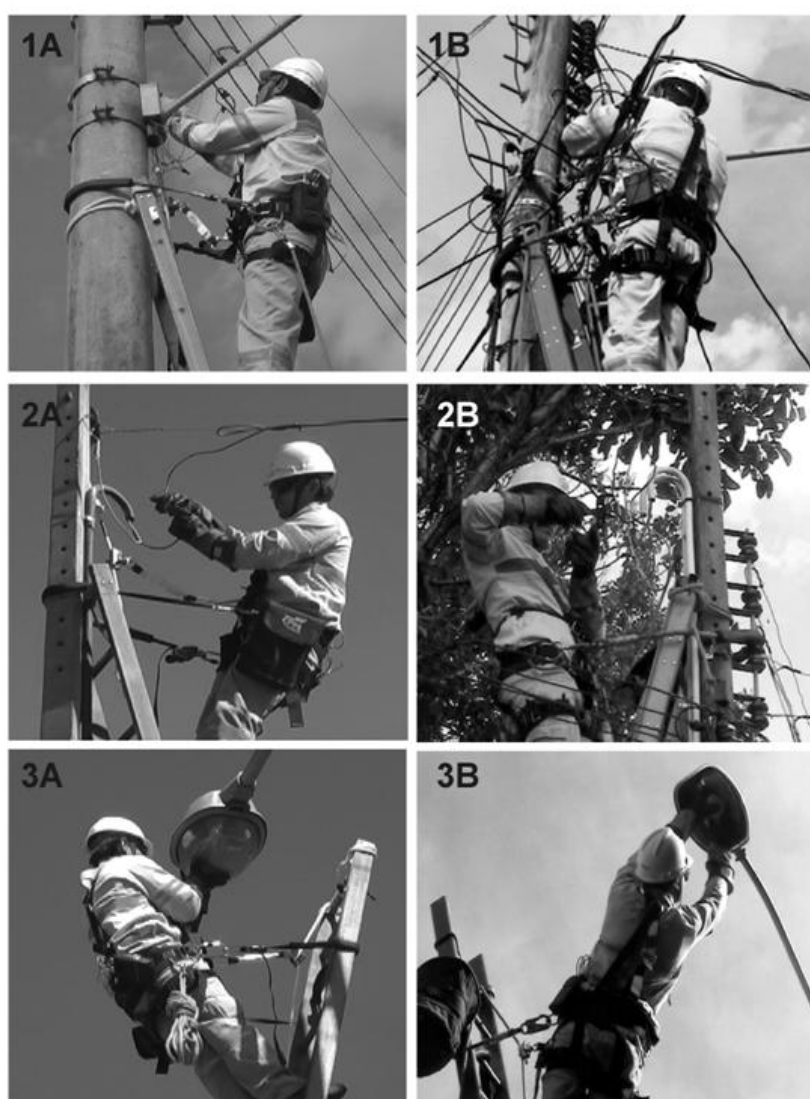


Figura 14. Eletricitistas de distribuição de energia elétrica realizando três atividades em ambiente simulado e real. 1A Substituição de relé em ambiente simulado. 1B Substituição de relé em ambiente real. 2A Ligar/desligar unidade consumidora em ambiente simulado. 2B Ligar/desligar unidade consumidora em ambiente real. 3A Substituição de lâmpada em ambiente simulado. 3B Substituição de lâmpada em ambiente real.

No ambiente simulado as condições para realização das atividades foram as mesmas para todos os trabalhadores e estas foram planejadas e controladas pelos avaliadores para controle da variabilidade entre-sujeitos. As simulações foram realizadas no Centro de Treinamento da empresa de distribuição de energia, que é um centro tecnológico utilizado para simular situações ocupacionais e realizar treinamento dos eletricitistas. Em todas as atividades as escadas já estavam posicionadas e fixadas nos postos de trabalho de acordo com as normas de segurança da empresa.

No ambiente ocupacional, os eletricitistas recebiam suas ordens de serviços antes de saírem da sede. Dentre as atividades a serem realizadas naquele dia, o técnico responsável pela distribuição das ordens de serviço incluía as 3 atividades de interesse no presente estudo. Os locais onde seriam realizados os trabalhos foram eleitos sem maior conhecimento das condições em que estes seriam realizadas. Após o recebimento da ordem de serviço, os eletricitistas preparavam os materiais e equipamentos necessários e deixavam a companhia. No local a ser realizada a atividade, o eletricitista seguia as instruções de trabalho da empresa: inspeção do local, sinalização, remoção da escada do veículo e sua fixação no posto de trabalho, preparação dos materiais e então realizavam a atividade (substituição de relé, unidade consumidora ou substituição de lâmpada). Para análise, apenas a atividade (substituição de relé, unidade consumidora ou substituição de lâmpada) foi considerada, a parte preparatória foi excluída do registro.

Algumas diferenças foram percebidas na realização das atividades em ambiente simulado e real. Na substituição do relé e unidade consumidora, os eletricitistas fixavam a extremidade da escada no poste assim que subiam, no

entanto, a fixação da escada não fez parte da coleta no ambiente simulado, pois a escada já estava fixada. A unidade consumidora em ambiente simulado foi realizada no poste do consumidor (disposto no perímetro residencial dos consumidores e menor que o poste público), no entanto, no ambiente real a conexão foi realizada tanto no poste do consumidor quanto no poste de iluminação pública. No ambiente real, testes para verificar o sucesso da atividade desempenhada eram feitos para a substituição de relé e lâmpada, mas estes não foram feitos em ambiente simulado, pois não havia energia elétrica disponível.

A ordem de realização das atividades foi aleatória na situação simulada e real.

Coleta de dados

Para realização deste estudo foi realizada reunião técnica com o Gerente de Saúde e Segurança do Trabalho e a Equipe de Engenharia da empresa de distribuição de energia elétrica na sede em Campinas. Nesta reunião os sensores inclinométricos e o data logger foram analisados e os riscos oferecidos à segurança dos trabalhadores discutidos.

De acordo com as recomendações fornecidas, o data logger deveria ser revestido em couro para evitar contato das peças de metal com o eletricitista e o cinto que prende o data logger na cintura do trabalhador não poderia ter nenhum componente metálico.

Para atender aos requisitos de segurança primeiramente foi talhado um modelo em madeira com as medidas do data logger para possibilitar a modelagem do couro (Figura 15).

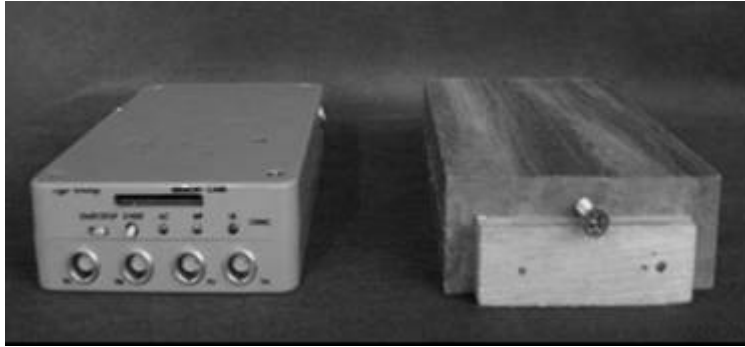


Figura 15. Data logger e modelo em madeira para modelagem do couro.

Posteriormente foi confeccionada a bolsa em couro, uma capa em espuma para proteção do equipamento contra possíveis choques com superfícies rígidas e uma capa em napa para acoplamento do data logger no trabalhador, como mostra a Figura 16.

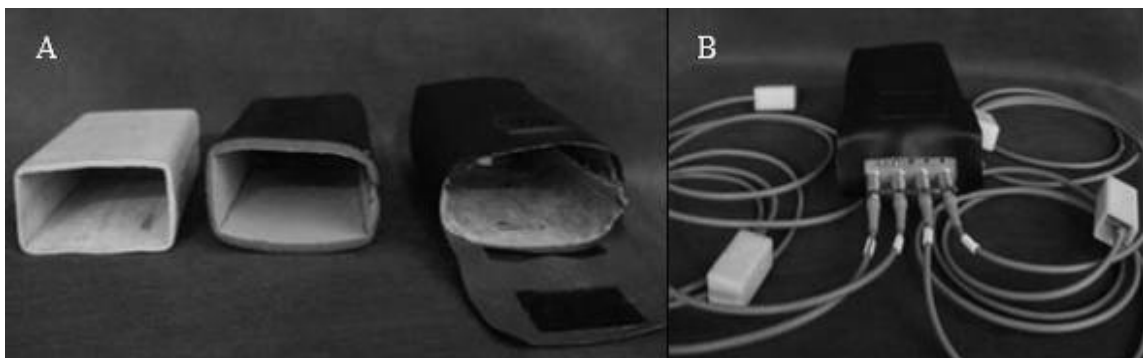


Figura 16. A) Capa em couro, revestimento em espuma e capa em napa apresentados nesta ordem da esquerda para direita. B) Data logger revestido com as capas e com sensores inclinométricos acoplados.

As posturas de flexão e extensão da cervical e de elevação dos braços foram avaliadas por 4 sensores inclinométricos (Logger Teknologi HB®, Åkarp, Sweden) a uma frequência de aquisição de 20Hz. Os sensores inclinométricos foram calibrados e fixados na cabeça, tronco superior e braços direito e esquerdo, conforme procedimentos já apresentados anteriormente.

Os mesmos procedimentos para coleta de dados foram realizados pelos mesmos pesquisadores nos dois grupos (simulado e real).

Análise de dados

Os percentis 5, 50 e 95 foram derivados da distribuição angular dos dados e usados para comparação do registro em ambiente simulado e real para todas as regiões corporais. A diferença entre o percentil 95 e 5 também foi calculada para apresentar a amplitude de movimento durante a realização das atividades. A distribuição angular também foi apresentada em histogramas.

Para testar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov. Como os dados apresentaram distribuição normal, os dois grupos foram comparados pelo Teste T de Student para amostras independentes a 5% de significância. As análises dos dados foram feitas no software SPSS 11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

Os dois grupos de trabalhadores apresentaram-se similares quanto à idade ($p=0.07$), massa corporal ($p=0.09$), altura ($p=0.51$) e experiência no trabalho ($p=0.11$).

Para as atividades unidade consumidora e substituição de lâmpada, poucas diferenças estatisticamente significativas foram encontradas entre os registros realizados no ambiente simulado e real. Dentre as 18 comparações realizadas (percentis 5, 50 e 95), apenas 3 mostraram-se significativas: percentis 5 e 95 de elevação dos braços. A magnitude das posturas em ambiente simulado e real foram semelhantes, com a diferença entre as condições atingindo até 8° , como pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6. Flexão/extensão cervical e elevação dos membros superiores direito (MSD) e esquerdo (MSE) de 12 eletricitistas realizando 3 atividades em ambiente simulado (S) e 12 eletricitistas em ambiente real (R). Média (M) e desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 5, 50 e 95 e para a diferença entre os percentis 95 e 5. A diferença entre o ambiente simulado e real também foi calculada (S – R). Diferenças estatisticamente significativas estão destacadas em negrito.

	Posturas (°)															
	Percentil 5				Percentil 50				Percentil 95				Amplitude (Percentil 95 – Percentil 5)			
	S	R	S - R	Sig	S	R	S - R	Sig	S	R	S - R	Sig	S	R	S - R	Sig
	M(DP)	M(DP)			M(DP)	M(DP)			M(DP)	M(DP)			M(DP)	M(DP)		
<i>Substituição relé</i>																
Cervical	-22.9 (11.7)	-18.9 (8.8)	-4.0	0.35	26.7 (6.7)	18.0 (10.0)	8.7	0.02	40.9 (10.1)	41.6 (7.0)	-0.7	0.85	63.8 (15.5)	60.4 (8.3)	3.4	0.52
MSD	12.6 (4.0)	17.5 (6.0)	-4.9	0.03	35.7 (5.6)	46.8 (9.5)	-11.1	0.00	89.3 (9.8)	100.5 (22.9)	-11.2	0.14	76.7 (10.0)	83.0 (21.3)	-6.3	0.36
MSE	14.8 (3.5)	20.6 (6.7)	-5.8	0.02	39.5 (3.3)	49.0 (10.5)	-9.5	0.01	80.5 (5.3)	100.2 (18.7)	-19.7	0.00	65.7 (6.6)	79.6 (14.7)	-13.9	0.01
<i>Unidade Consumidora</i>																
Cervical	-12.5 (13.1)	-13.9 (9.9)	1.4	0.77	20.2 (8.0)	21.4 (5.7)	-1.2	0.67	38.7 (10.5)	42.3 (6.8)	-3.6	0.33	51.2 (15.6)	56.2 (10.2)	-5.0	0.36
MSD	13.4 (4.1)	17.7 (5.8)	-4.3	0.05	43.7 (7.0)	44.8 (6.8)	-1.1	0.71	99.6 (13.5)	98.4 (13.9)	1.2	0.83	86.2 (12.5)	80.7 (12.9)	5.5	0.30
MSE	16.8 (4.2)	17.8 (5.3)	-1.0	0.59	45.7 (7.0)	46.9 (8.3)	-1.2	0.71	79.4 (12.5)	93.1 (11.9)	-13.6	0.01	62.6 (14.2)	75.2 (13.5)	-12.6	0.04
<i>Substituição lampada*</i>																
Cervical	-30.4 (10.0)	-24.9 (14.7)	-5.5	0.30	25.0 (6.3)	17.3 (13.3)	7.7	0.09	38.1 (9.4)	42.3 (9.0)	-4.2	0.30	68.6 (11.0)	67.2 (13.3)	1.4	0.80
MSD	15.4 (5.9)	18.3 (4.9)	-2.9	0.22	43.6 (7.3)	49.2 (9.5)	-5.6	0.13	110.8 (15.3)	112.5 (13.5)	-1.7	0.78	95.5 (15.1)	94.2 (15.5)	1.2	0.85
MSE	16.1 (3.9)	21.8 (7.0)	-5.7	0.02	47.3 (5.8)	53.4 (11.6)	-6.1	0.12	108.8 (12.6)	113.3 (18.9)	-4.5	0.50	92.6 (10.9)	91.5 (18.5)	1.1	0.86

*Onze eletricitistas realizaram a atividade em ambiente real.

Por outro lado, a substituição de relé mostrou maior diferença entre as posturas encontradas em ambiente simulado e real. Das 9 comparações feitas, 6 apresentaram-se significativas. A cervical mostrou-se mais fletida no ambiente simulado no percentil 50 (26.7° no simulado e 18° no real). Para todos os percentis de elevação dos braços, no ambiente simulado os níveis de elevação dos braços foram menores. Por exemplo, o percentil 95 do braço esquerdo foi de 80.5° no ambiente simulado e 100.2° no ambiente real.

Em relação à amplitude de movimento (Percentil 95 menos o Percentil 5) da cervical e dos ombros, a média de amplitude foi similar entre a cervical e o ombro direito nas duas situações, mas não para o ombro esquerdo. A amplitude de movimento do ombro esquerdo apresentou-se maior no ambiente real na substituição de relé e unidade consumidora.

Além da similaridade nas médias das posturas, a variabilidade nos ambientes simulado e real também foi similar. A exceção foi a maior variabilidade encontrada no percentil 95 e na amplitude de movimento dos ombros na substituição de relé em ambiente real. Para todos os percentis e amplitudes das 3 atividades, o desvio-padrão encontrado tanto no ambiente real quanto no simulado foi inferior a 8°.

O padrão similar da distribuição dos dados também pode ser visto na Figura 17. Mesmo para a substituição de relé, que apresentou maior diferença entre os grupos, a distribuição dos dados é similar, no entanto, a distribuição das posturas do ombro direito encontradas em ambiente real encontra-se deslocada para a direita em comparação com o ambiente simulado.

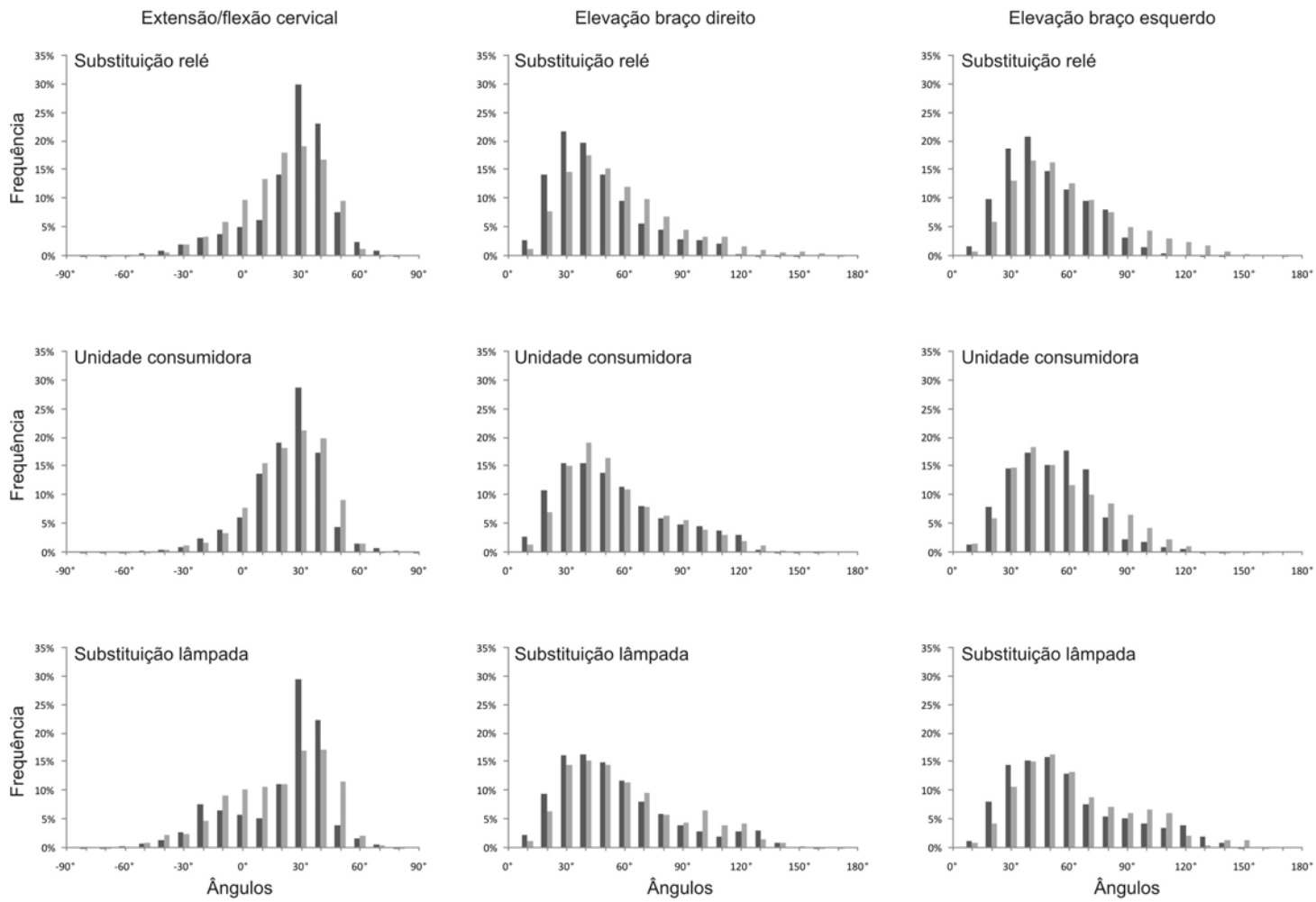


Figura 17. Histogramas com distribuição das posturas de extensão/flexão cervicais e elevação dos braços direito e esquerdo em ambiente simulado e real. Barras escuras representam frequência em ambiente simulado (N=12) e barras mais claras, frequência em ambiente real. Para a substituição de lâmpada apenas 11 eletricitistas realizaram a atividade em ambiente real.

Conforme apresentado na Tabela 7, a duração das atividades substituição de relé e unidade consumidora foram maiores em ambiente real, mas para substituição de lâmpada a duração das atividades nas condições simulada e real foi similar.

Tabela 7. Média (M), desvio-padrão (DP) e diferença entre duração da atividade em ambiente simulado (S) e real (R). Diferenças estatisticamente significativas foram destacadas em negrito.

	Duração da atividade (min)			Sig
	S M (DP)	R M (DP)	S - R	
<i>Substituição relé</i>	2.3 (0.7)	7.9 (6.3)	-5.6	0.01
<i>Unidade consumidora</i>	4.3 (1.5)	7.3 (2.0)	-3.0	0.01
<i>Substituição lâmpada*</i>	2.4 (0.4)	2.3 (0.6)	0.1	0.65

* Onze eletricitas realizaram a atividade em ambiente real.

O registro postural ao longo do tempo é apresentado para um sujeito que realizou as atividades em ambiente simulado e real (Figura 18). Na substituição de relé e unidade consumidora em ambiente real podem ser verificados maiores níveis de elevação dos braços e em ambiente simulado maior assimetria entre os ombros. A maior duração das atividades também ser verificadas na Figura 18.

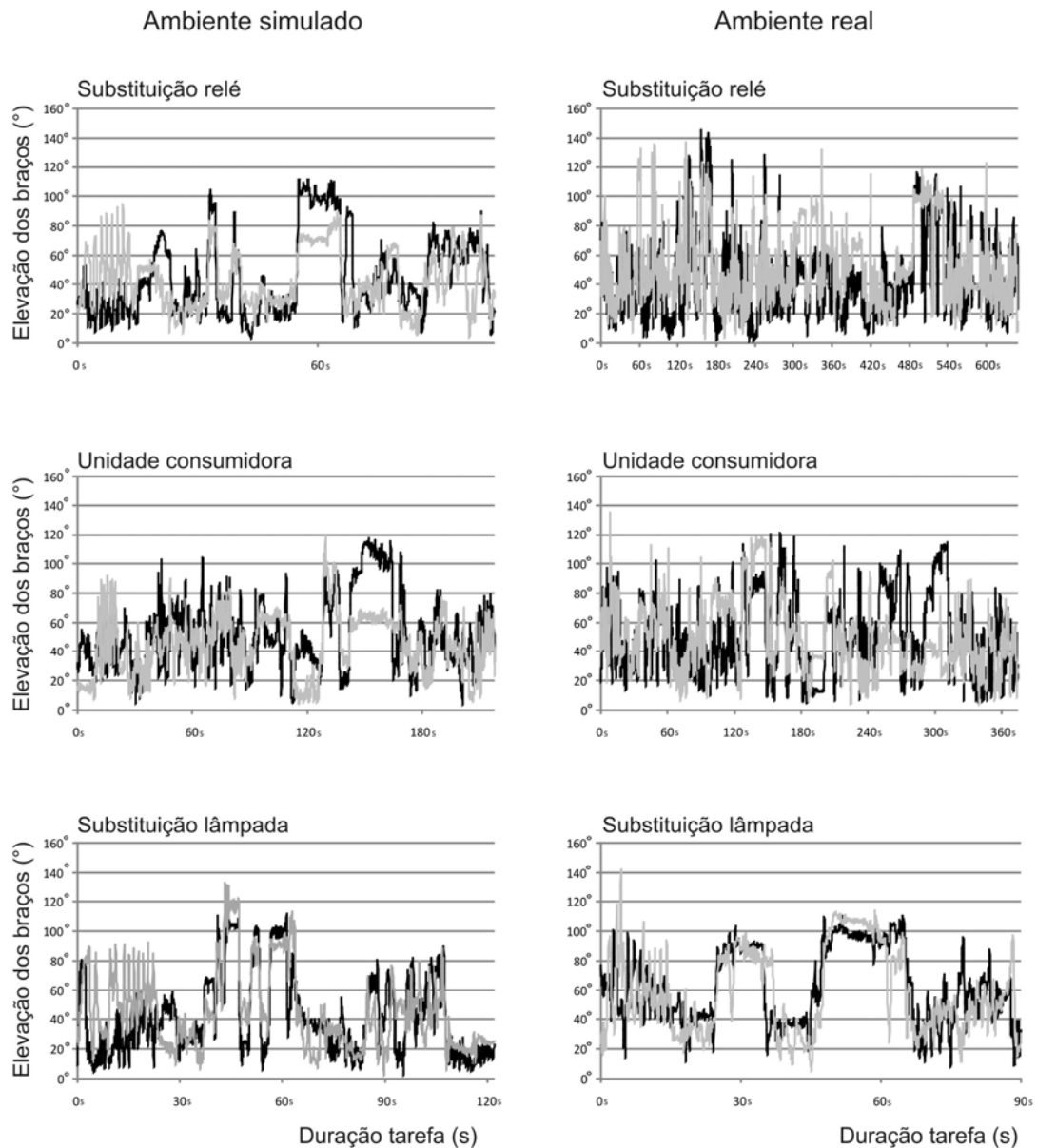


Figura 18. Registro ao longo do tempo da elevação dos braços para um sujeito que realizou as atividades em ambiente simulado e real. Linhas em preto correspondem ao ombro direito e linhas cinza ao ombro esquerdo.

DISCUSSÃO

Apesar de terem sido encontradas diferenças na duração das atividades e também de haver diferença no controle sobre as variáveis dependentes, a magnitude dos percentis e as amplitudes de movimento foram similares nos ambientes simulado e real. As diferenças quanto às amplitudes de movimento

(Percentil 95 - Percentil 5) foram inferiores a 10°, o que pode ser considerado como relativamente pequeno quando comparado ao total de amplitude registrado. Nas atividades unidade consumidora e substituição de lâmpada apresentaram poucas diferenças significativas quanto às posturas da cervical e membros superiores.

As diferenças encontradas entre as posturas em ambiente simulado e real para a substituição de relé podem ser explicadas pela presença de atividades extras que o ambiente real exigiu. Em ambiente real, muitos eletricitistas precisaram realizar simultaneamente à substituição de relé: mudança da voltagem, mudança da posição do relé no poste devido à maior sensibilidade dos novos equipamentos à luz do poste, teste do relé, o que pode ser verificado na maior duração do registro em ambiente real (Tabela 7). Neste sentido, para a substituição de relé, as condições oferecidas em ambiente simulado não foram adequadas para representação da atividade realizada em ambiente real uma vez que esta combina outras atividades em sua realização. Estes resultados mostram a diferença entre a tarefa que é prescrita e a atividade realizada pelo trabalhador, já que nem todas as situações podem ser previstas.

Uma opção para melhor comparação da substituição de relé seria a exclusão das atividades extras do registro postural. No entanto, para esta análise seria necessária distinção clara entre as atividades e alta precisão dos registros. Neste sentido, a identificação de diferentes atividades quando realizadas simultaneamente podem induzir a erros por parte do pesquisador em trabalhos não-cíclicos. Além disto, a longa duração dos registros contribui para inviabilizar registro tão minucioso. Assim, a reprodução de atividades

complexas e variadas em ambiente simulado apresenta-se ainda como um desafio. Conseqüentemente, diferenças entre ambiente simulado e real são esperadas nestas condições.

As diferenças encontradas no Percentil 5 dos ombros na substituição de relé e unidade consumidora podem ser consideradas de menor relevância para os riscos ergonômicos. Nas duas atividades a diferença entre as condições foram inferiores a 6°. Parte desta diferença pode ser decorrente da variabilidade do movimento, que segundo Hansson et al. (2006) a variabilidade entre dias é de 3.8° e entre-sujeitos é de 4.5° em tarefas padronizadas avaliadas por inclinometria. Outro ponto é que diferenças de até 5° podem estar relacionadas a erros dos equipamentos de medida. Amasay et al. (2009) encontraram erro médio de 5° em medidas de elevação dos braços por inclinometria em tarefas realizadas acima do nível da cabeça. Além disto, mesmo com estas diferenças, a elevação dos braços na situação simulada e real ficaram abaixo da postura considerada como de risco para membros superiores, de 60° de flexão ou abdução dos ombros (Bernard, 1997).

Já as diferenças encontradas no Percentil 95 para elevação dos braços entre o ambiente simulado e real foram maiores, mas ainda inferiores a 20°. Considerando a maior amplitude de movimento neste percentil, maiores diferenças entre as situações são esperadas. Com relação às amplitudes alcançadas, é reconhecido pela literatura que a exposição a elevações dos braços acima de 90° é um fator de risco para o desenvolvimento de desordens em ombros (Sommerich et al., 1993, Svendsen et al, 2004). Neste sentido, mesmo com diferenças menores que 20° entre as situações, as condições

simuladas devem ser revistas para evitar subestimações do risco ergonômico na substituição de relé e unidade do consumidor.

A comparação entre as posturas obtidas em ambiente simulado e real foram similares pela análise dos histogramas e dos percentis. No entanto, a análise dos histogramas permitiu identificar maiores níveis de elevação em toda a distribuição do ombro direito. Neste sentido, tanto a análise cumulativa (percentis) quanto a análise da distribuição dos dados devem ser feitas para avaliação da postura.

Os resultados do presente estudo revelaram as mesmas tendências de estudos na literatura que comparam medidas de exposição realizadas em ambiente simulado e real: as atividades simuladas devem ser planejadas criteriosamente para simular a sobrecarga (Van Dieën et al., 2010). Oldham et al. (2000) avaliaram a atividade muscular de bombeiros em atividades simuladas e em ambiente ocupacional. Os resultados destes autores revelam que as diferenças entre a exposição no simulado e real dependem da atividade realizada e que o simulado pode tanto subestimar quanto superestimar o risco presente na situação real.

Portanto, os resultados do presente estudo revelaram que as condições simuladas foram em geral representativas das posturas cervical e de membros superiores apresentadas em ambiente ocupacional por eletricitas de distribuição de energia elétrica. Estes resultados mostram a viabilidade das pesquisas de laboratório para simular condições encontradas em ambiente ocupacional, que é um fator imprescindível para aplicação dos resultados das pesquisas pela clínica (Chung e Shorrock, 2011). Assim, considerando as vantagens metodológicas da coleta de dados em ambiente controlado (Scott e

Renz, 2006, Westgaard e Winkel, 1997) – menor consumo de tempo e menor interferência na coleta dos dados – as condições simuladas constituem-se uma opção para medida de posturas em eletricitas de distribuição na realização de atividades comumente realizadas.

Limitações do estudo

A seleção das atividades e as condições oferecidas em ambiente simulado devem ser aprimoradas. As atividades extras apresentadas na substituição de relé devem ser previstas em ambiente simulado para representar a sobrecarga postural real oferecida pela atividade.

Os trabalhadores realizaram apenas uma vez cada atividade, o que não permite avaliar a variabilidade intra-individual.

CONCLUSÃO

Os resultados revelam que condições simuladas são geralmente representativas da exposição postural observada em ambiente ocupacional para eletricitas de distribuição de energia elétrica durante a realização de atividades comumente realizadas.

DESDOBRAMENTOS DO ESTUDO

Os resultados do Estudo 4 revelam que os registros posturais realizados em ambiente simulado são representativos dos registros em ambiente real desde que as atividades sejam possíveis de serem reproduzidas. Poucas diferenças significativas foram encontradas entre as situações simulada e real para a substituição de lâmpada e unidade consumidora.

Além da representatividade do ambiente simulado para reproduzir o ambiente real, também é importante ser explorada a representatividade de estudos conduzidos em uma população específica para demais populações. Esta questão foi explorada no Estudo 5, que teve como objetivo comparar a exposição postural de eletricitistas de construção Brasileiros e Noruegueses. Com este estudo espera-se verificar se resultados encontrados em diferentes países podem ser extrapolados para outros grupos (validade externa) quando os mesmos procedimentos de coleta de dados são utilizados. Além, desta comparação, o Estudo avalia a exposição postural de eletricitistas de construção durante um dia de trabalho.

Estudo 5: Registro de posturas e movimentos em eletricitistas de construção

Este estudo foi submetido para o *Jornal Applied Ergonomics*.

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi¹, Letícia Carnaz¹, Kaj Bo Veiersted², Therese N Hanvold², Liv Berit Hæg^{2,3}, Gert-Åke Hansson⁴, Helenice Jane Cote Gil Coury¹

¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos, Brasil

² Instituto Nacional de Saúde Ocupacional, Noruega

³ Seção de Ciências da Saúde, Universidade de Oslo, Noruega

⁴ Divisão de Medicina Ocupacional e Ambiental, Universidade de Lund, Suécia.

INTRODUÇÃO

A indústria de construção civil é o setor que apresenta os maiores níveis de absenteísmos no trabalho devido a desordens musculoesquelétricas (Cheng et al., 2010; Schneider, 2001). Os principais fatores causais que podem ser apontados são a sobrecarga e a lesão por repetição, já que estes trabalhadores são expostos a tarefas com altas demandas físicas, ferramentas vibratórias, trabalho com braços elevados, manutenção da postura ajoelhada, além dos fatores psicossociais que também podem contribuir para o desenvolvimento de desordens musculoesqueléticas (Engholm e Holmström, 2005). Dentre estes fatores de risco biomecânicos, o trabalho com braços elevados é muito freqüente na construção civil e tem sido associado ao desenvolvimento de desordens nos ombros e pescoço (Engholm e Holmström, 2005; Miranda et al., 2005; National Research Council, 2001; Punnett et al., 2000; Svendsen et al., 2004).

Dentre os diversos tipos de atividades ocupacionais na construção civil, os eletricitas são um dos trabalhadores que apresentam mais altas incidências de lesões não fatais (Waehrer et al., 2007). Eletricitas estão expostos a tarefas com altas demandas físicas com altos riscos de desordens musculoesqueléticas, como tarefas de puxar cabos e instalação de calhas elétricas na parede ou teto (Albers et al., 2005). Desta forma, altas taxa de prevalência de sintoma musculoesquelético são esperadas. Em eletricitas norte-americanos a prevalência de ao menos um sintoma musculoesquelético é de aproximadamente 82% (Hunting et al., 1994). Apesar disto, nenhum estudo avaliou a exposição postural dos eletricitas por meio de medidas diretas no local de trabalho, embora outras atividades ocupacionais que apresentem trabalho acima do nível dos ombros já tenham sido exploradas, como mecânicos de carro, maquinistas, pintores de casas (Svendsten et al., 2004) e outros (Hansson et al., 2010).

O objetivo deste estudo foi quantificar as posturas e movimentos dos membros superiores, cabeça, tronco superior e cervical durante o trabalho e durante as pausas de eletricitas de construção Brasileiros e Noruegueses. A duração de cada atividade, assim como a duração das pausas foram consideradas e o risco biomecânico para as desordens dos ombros dos eletricitas discutido.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

Doze eletricitas de construção Brasileiros destros (média de 38 ± 13 anos, massa corporal médio de 76 ± 12 kg e altura média de $1,7 \pm 0,09$ m). e

doze eletricitistas Noruegueses, sendo 10 destros e dois canhotos (média de idade de 33 ± 14 anos, massa corporal médio de 88 ± 15 kg e altura média de 1.83 ± 0.07 m) tiveram suas posturas e movimentos registrados durante um dia de trabalho.

Os eletricitistas trabalhavam em instalações, construções ou em reformas de residências, de prédios industriais e em universidades. Dentre os eletricitistas Brasileiros, três eram autônomos, sete eram empregados por universidades, um era empregado de construtora e um era empregado por indústria de transformação. Dentre os eletricitistas Noruegueses, para cobrir a variedade das condições ocupacionais encontradas na Noruega, os sujeitos foram recrutados de duas companhias, sendo selecionados pelos empregadores e pelos sindicatos locais como representativos dos eletricitistas de construção.

Todos os eletricitistas foram informados dos procedimentos envolvidos no presente estudo e assinaram um termo de consentimento. O estudo envolvendo os trabalhadores Brasileiros obteve aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar e o estudo envolvendo os trabalhadores Noruegueses foi aprovado pelo Regional Committee for Medical Research Ethics for Southern Norway.

Descrição das Atividades

As atividades coletadas foram determinadas de acordo com a programação do eletricitista no dia da coleta. Para a análise dos dados e posterior comparação entre os eletricitistas dos dois países, as atividades foram divididas em:

1) Planejamento: atividades leves como discussão de projeto, falar ao celular, verificação da planta do projeto, dirigir.

2) Suporte: deslocamento de móveis, limpeza do local, deslocamento de um local para outro.

3) Instalação: passagem de cabo, uso de furadeira, instalação de acessórios.

4) Repouso: pausas para descanso ou lanche, almoço. Três eletricitas Brasileiros dormiram aproximadamente 25 minutos no horário do almoço e devido à alteração no registro postural apresentado, estes períodos foram excluídos da análise.

As coletas de dados dos eletricitas Brasileiros foram realizadas no período de Setembro a Fevereiro, com temperatura média de 22° (variação entre 12° e 35°), e os Noruegueses em Setembro, com temperatura média de 15°C (variação de 8° a 23°C). Os eletricitas Brasileiros vestiam roupas comuns e usavam sapatos de segurança. Os eletricitas Noruegueses usavam um colete com bolsos para ferramentas e a maioria usava também capacete.

Procedimentos

Os eletricitas de construção responderam um questionário sobre dados pessoais, Questionário Nórdico para verificar a presença de sintomas músculoesqueléticos em pescoço e ombros no últimos 7 dias (Kuorinka, 1987).

Os registros posturais de flexão/extensão da cabeça, tronco superior e cervical e de elevação dos braços foram realizados por inclinometria a 20Hz. Os métodos utilizados para coleta de dados por inclinometria foram os mesmos descritos anteriormente. O mesmo procedimento para coleta de dados e o mesmo software para análise foram compartilhados entre o pesquisadores Brasileiros e Noruegueses por meio de exaustivos treinamentos e discussões para evitar procedimentos de coletas ou análises diferentes.

Análise dos dados

Os dados foram descritos pelas médias e desvios-padrão. Os percentis 90 e 99 de elevação dos braços e a porcentagem de tempo permanecido acima dos 60° e 90° de elevação foram derivados. Para descrição da postura de flexão/extensão cervical e da cabeça, os percentis 1, 10, 50, 90 e 99 foram derivados. Como valores positivos denotam flexão e negativos denotam extensão, os percentis 1 e 10 descrevem a extensão, enquanto os percentis 90 e 99, flexão.

Para cada percentil apresentado para descrever as posturas, a diferença entre os eletricitas Brasileiros e Noruegueses foram testadas usando o teste de Mann-Whitney a um nível de significância de 0.05 ($p < 0.05$). Os cálculos foram realizados pelo software SPSS versão 11.5 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

RESULTADOS

- Comparação eletricitas Brasileiros e Noruegueses em relação a todo período de trabalho e pausas

Os resultados das comparações de elevação dos braços entre os eletricitas Brasileiros e Noruegueses durante o trabalho e nas pausas podem ser vistos na Figura 19. Altos níveis de elevação dos braços foram encontrados nos dois grupos (117° para o membro superior direito dos eletricitas Brasileiros e 124° para os eletricitas Noruegueses no percentil 99). Por meio da Figura 19, verifica-se a semelhança na exposição dos 2 grupos de trabalhadores durante o trabalho, não havendo diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Foi encontrada diferença apenas durante as

pausas para o braço esquerdo. Um possível fator que pode ter influenciado tal diferença é a maior duração das pausas no Brasil, duas vezes maior que na Noruega (Tabela 8, apresentada posteriormente), o que possibilitaria maiores mudanças de posturas. No entanto, influências culturais ou climáticas não podem ser descartadas.

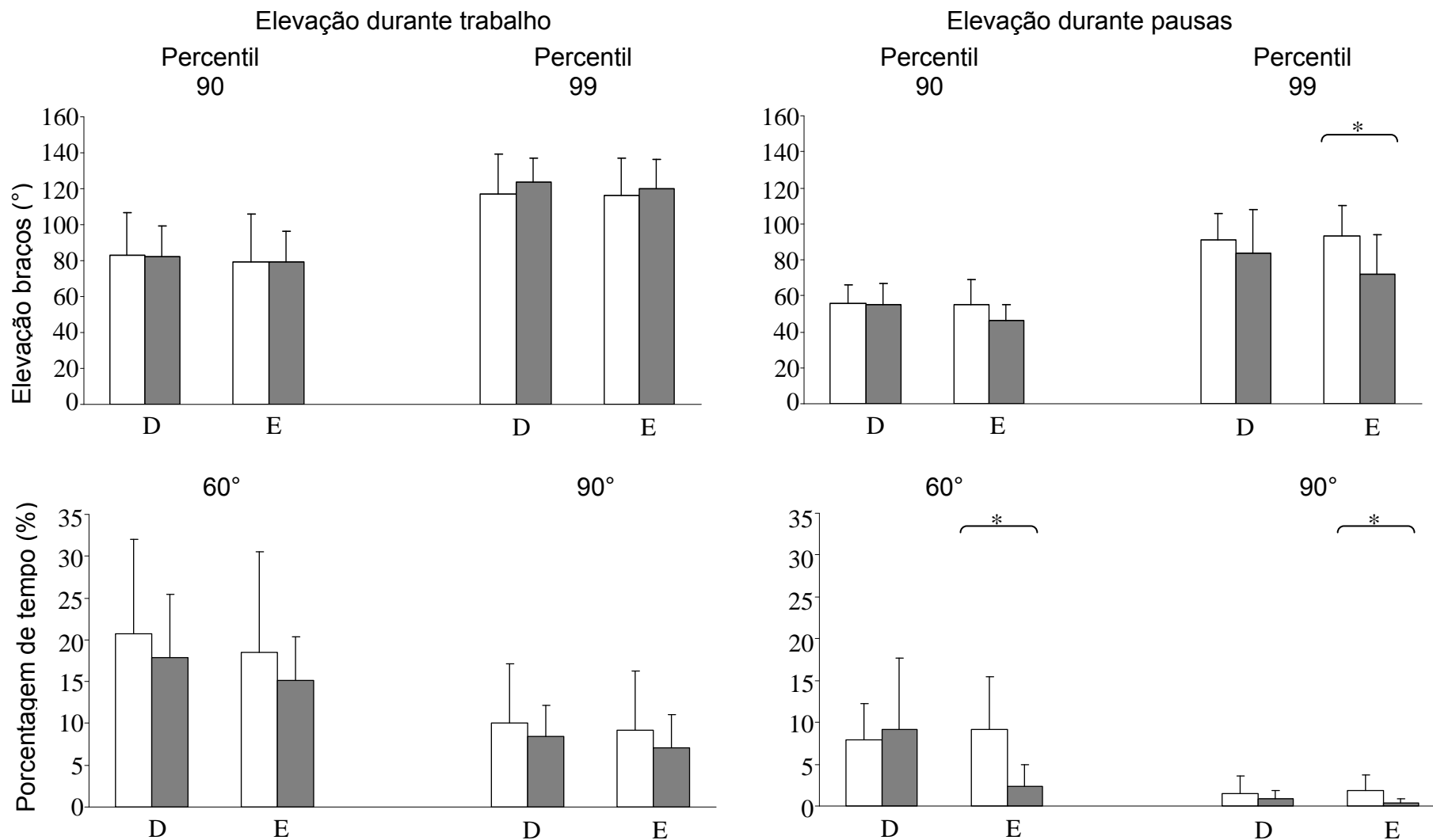


Figura 19. Média e desvio-padrão da elevação dos braços de 12 eletricitas Brasileiros e 12 eletricitas Noruegueses durante o trabalho e durante as pausas nos percentis 90 e 99 e em relação a porcentagem de tempo permanecida acima dos 60° e dos 90°. Barras brancas = Brasileiros e barras cinzas = Noruegueses. .* Diferença estatisticamente significativa entre eletricitas Brasileiros e Noruegueses (teste de Mann-Whitney)

A exposição postural da cabeça e cervical também apresentou um padrão muito semelhante entre os eletricitas Brasileiros e Noruegueses durante o trabalho e durante as pausas, como pode ser visto na Figura 20. Diferenças estatisticamente significativas foram encontradas apenas para o percentil 90 da postura da cabeça, que indica maior flexão dos eletricitas brasileiros durante o trabalho. Por outro lado, os eletricitas noruegueses parecem apresentar maiores níveis de extensão da cabeça e cervical, apesar de não serem estatisticamente significativas.

Pela Figura 20, a exposição dos eletricitas revelou pronunciada extensão da cabeça (-33° nos Brasileiros e -39° nos Noruegueses no Percentil 1) e da cervical (-34° nos Brasileiros e -40° nos Noruegueses no Percentil 1), e proeminente flexão da (78° nos Brasileiros e 75° nos Noruegueses no Percentil 1) e da cervical (38° nos Brasileiros e 42° nos Noruegueses no Percentil 1). Assim, como para a elevação dos braços, os eletricitas apresentaram maiores níveis de flexão/entensão durante o trabalho que durante o repouso.

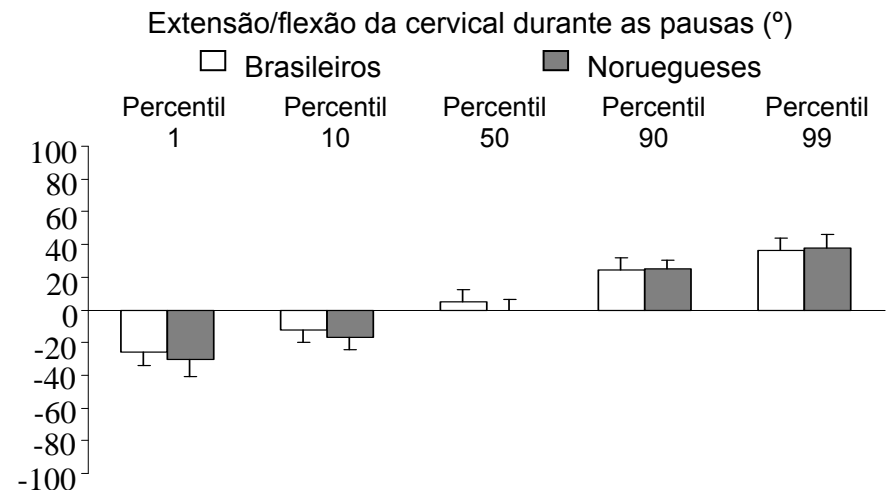
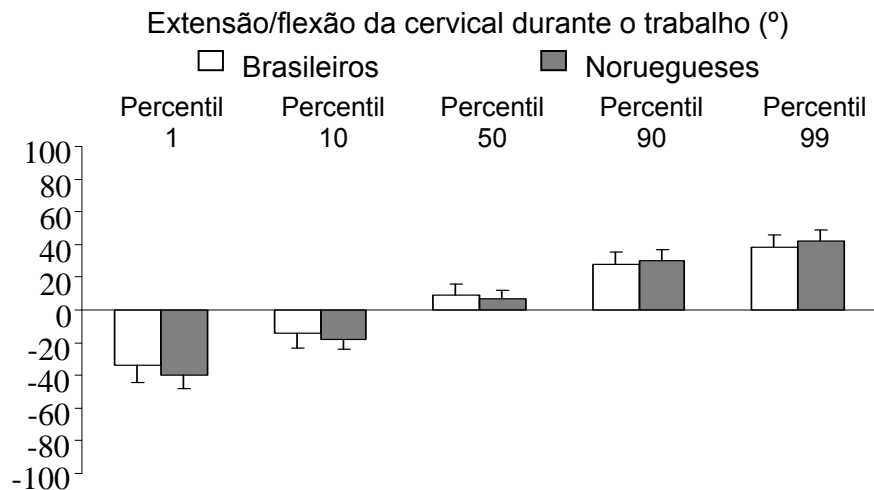
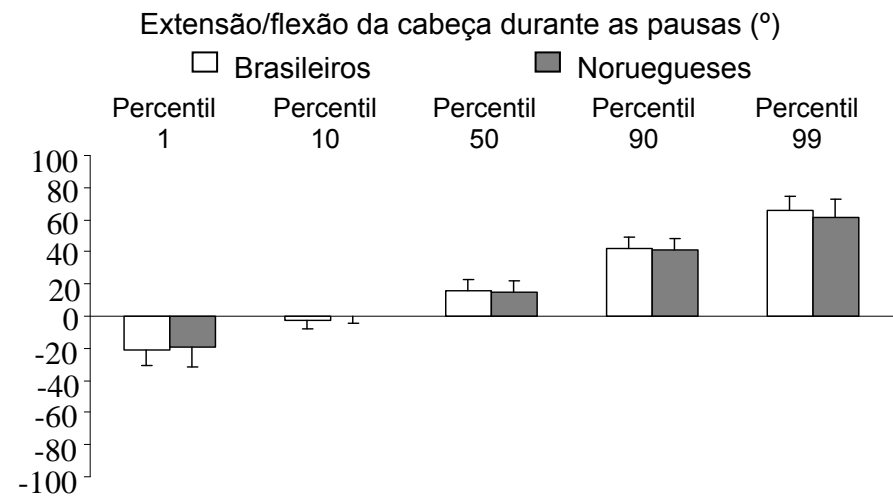
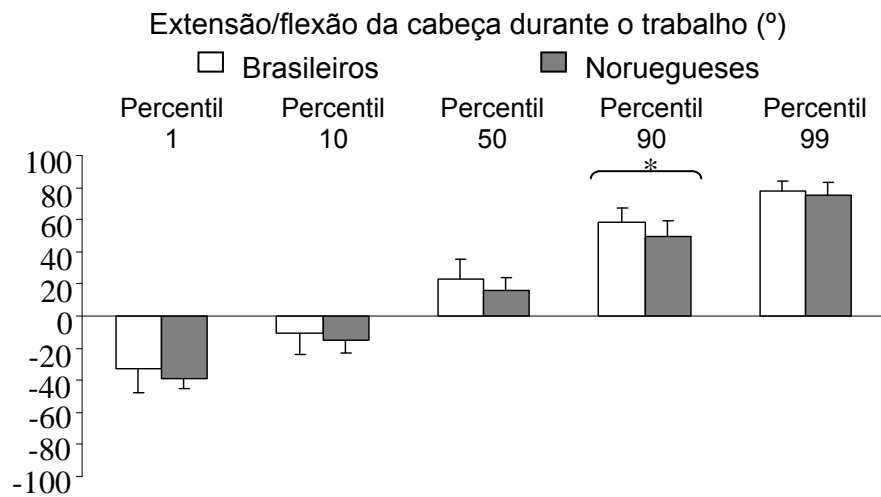


Figura 20. Média e desvio-padrão da extensão/flexão da cabeça e cervical de 12 eletricitas Brasileiros e 12 eletricitas Noruegueses durante o trabalho e durante as pausas nos Percentis 1, 10, 50, 90 e 99. Barras brancas = Brasileiros e barras cinzas = Noruegueses. * Diferença estatisticamente significativa entre eletricitas Brasileiros e Noruegueses (teste de Mann-Whitney).

- Comparação eletricitas Brasileiros e Noruegueses em relação a cada atividade

Para permitir a comparação entre os eletricitas brasileiros e noruegueses em relação a cada atividade, foram necessárias discussões voltadas para separação das atividades, pois o ritmo não-cíclico dos eletricitas dificultava a identificação e separação destas. O tempo de duração dos registros, assim como a duração de cada atividade também foram discutidos, pois diferenças estatisticamente significativas foram encontradas para quase todas as variáveis, com exceção do planejamento, como pode ser visto na Tabela 8.

Tabela 8. Média, mínimo e máximo da duração total dos registros, assim como para o período em trabalho e em pausas de 12 eletricitas de construção Brasileiros (Br) e 12 Noruegueses (No) são apresentados em horas (h) e minutos (min). A duração das atividades é apresentada em porcentagem de tempo trabalhado. Diferenças estatísticas ($p < 0.05$; teste de Mann-Whitney) entre Br e No foram significativas em todas as condições, com exceção da atividade de planejamento.

Duração	Total		Trabalho		Atividades						Pausas	
	h:min		h:min		Planejamento (%)		Suporte (%)		Instalação (%)		h:min	
	Br	No	Br	No	Br ^a	No	Br	No	Br	No	Br	No
Média	8:20	5:42	6:13	4:43	10	18	16	36	74	46	2:07	0:59
Mínimo	6:28	4:14	5:18	3:29	0	3	5	24	47	2	1:00	0:29
Máximo	9:42	6:29	7:12	5:49	27	54	40	50	95	71	2:41	1:27

^a Três eletricitas Brasileiros não realizaram a atividade de Planejamento durante um dia de registro.

Em uma primeira comparação, as atividades foram separadas em: planejamento, suporte e instalação acima e abaixo do nível dos ombros. No entanto, as separações das atividades tanto no Brasil quanto na Noruega foram feitas com base em anotações feitas pelos pesquisadores que acompanharam o dia de trabalho nos eletricitas. Desta forma, a distinção da instalação entre acima ou abaixo do nível dos ombros poderia apresentar baixa confiabilidade

entre os pesquisadores, já que nem todas as situações haviam sido descritas como acima ou abaixo do nível dos ombros durante a observação. Assim, para evitar erros na separação das atividades, optou-se em não dividir a instalação em acima e abaixo dos ombros (Tabela 9).

Considerando as atividades separadamente, a instalação apresentou maior exposição para elevação dos braços e extensão da cabeça e cervical para os dois grupos. As diferenças entre as atividades são mais pronunciadas para elevação dos braços e quanto à porcentagem de tempo mantida acima dos 60° e 90°. Com relação ao tempo mantido acima dos 90°, a instalação excedeu 10% do tempo de trabalho acima dos 90°, enquanto que o planejamento e suporte apresentaram menos de 3% do tempo para os dois grupos. Os altos níveis de elevação dos braços foram acompanhados também por altos níveis de extensão da cabeça no percentil 1 (-33° para Brasileiros e -42° para Noruegueses). Com relação à velocidade, a atividade suporte apresentou-se como mais dinâmica para todas as regiões corporais nas duas nacionalidades. A comparação das atividades entre Brasileiros e Noruegueses revelaram a mesma exposição postural e de movimentos para a maioria das variáveis. A única exceção foi encontrada para a instalação, na qual os Noruegueses adotaram postura com menor flexão e maior extensão de cabeça que os eletricitas Brasileiros.

- Comparação eletricitas Brasileiros e Noruegueses em relação aos sintomas musculoesqueléticos

Quanto aos sintomas musculoesqueléticos reportados nos últimos 7 dias, 7 dos 12 eletricitas Noruegueses e 2 dos 11 eletricitas Brasileiros reportaram sintomas na região do pescoço e ombros.

Tabela 9. Posturas e movimentos dos membros superiores, cabeça e pescoço de 12 eletricitistas de construção Brasileiros ^a e 12 Noruegueses ^b durante a realização de 3 atividades: planejamento, suporte e instalação. O número de sujeitos (n) realizando cada atividade é apresentado. Média e, entre parênteses, desvio-padrão (DP) são apresentados para os percentis 90 e 99 de elevação dos membros superiores, assim como a fração de tempo mantida em elevação acima de 60° e 90°. Os percentis 1, 10, 50, 90 e 99 da cabeça e cervical para os movimentos de flexão/extensão são mostrados. O percentil 50 da velocidade angular também é apresentado.

Posturas e movimentos	Atividades													
	Planejamento				Suporte				Instalação					
	Brasileiros n = 9		Noruegueses n = 12		Brasileiros n = 12		Noruegueses n = 12		Brasileiros n = 12		Noruegueses n = 12			
	Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)		
Braço Direito														
Elevação														
Percentil (°)	90	65	(11)	57	(16)	51	(8)	56	(10)	88	(28)	100	(13)	
	99	102	(17)	96	(19)	93	(14)	103	(13)	118	(25)	130	(10)	
Zona (% tempo)	>60°	14.8	(6.3)	12.7	(13.5)	6.4	(2.9)	8.8	(5.6)	25.6	(15.4)	28.1	(7.1)	
	>90°	2.3	(2.2)	2.3	(2.2)	1.9	(2.1)	2.3	(1.4)	13.7	(9.4)	15.5	(5.8)	
Velocidade	Percentil (°/s)	50	26.9	(8.1)	22.3	(10.4)	52.4	(10.4)	42.8	(13.9)	35.9	(9.9)	35.1	(10.5)
Braço Esquerdo														
Elevação														
Percentil (°)	90	63	(13)	55	(12)	48	(11)	51	(6)	84	(30)	98	(14)	
	99	106	(18)	96	(26)	90	(16)	95	(15)	117	(23)	126	(11)	
Zona (% tempo)	>60°	14.5	(11.1)	9.2	(6.9)	5.9	(4.0)	5.7	(3.2)	23.1	(15.8)	26.5	(8.3)	
	>90°	2.4	(1.5)	2.7	(2.5)	1.5	(1.4)	1.4	(1.2)	12.5	(9.8)	13.6	(6.2)	
Velocidade	Percentil (°/s)	50	24.3	(7.8)	22.7	(10)	48.0	(8.8)	42.9	(15.7)	28.2	(7.2)	29.6	(7.4)
Cabeça														
Flexão/extensão														
Percentil (°)	1	-26	(13)	-30	(11)	-25	(13)	-27	(8)	-33	(18)	-42	(5)	
	10	-9	(9)	-7	(7)	-4	(8)	-5	(5)	-12	(17)	-22	(6)	

	50	12	(9)	18	(11)	21	(12)	17	(6)	26*	(13)	14	(13)
	90	41	(13)	47	(11)	53	(13)	50	(8)	60*	(9)	50	(11)
	99	65	(16)	68	(6)	75	(9)	76	(7)	78	(6)	74	(9)
Velocidade													
Percentil (°/s)	50	14.9	(3.9)	12.1	(4.3)	23.2	(4.8)	19.2	(5.2)	13.0	(3.3)	15.1	(5.5)
Cervical													
Flexão/extensão													
Percentil (°)	1	-29	(11)	-34	(10)	-28	(12)	-35	(10)	-35	(11)	-43	(8)
	10	-15	(8)	-14	(9)	-9	(9)	-14	(7)	-16	(11)	-21	(5)
	50	4	(8)	7	(8)	10	(8)	7	(6)	10	(7)	6	(6)
	90	21	(10)	28	(7)	27	(8)	29	(8)	29	(7)	31	(7)
	99	34	(9)	40	(7)	36	(9)	41	(8)	38	(8)	43	(8)
Velocidade													
Percentil (°/s)	50	14.6	(4.3)	12.2	(5.0)	20.5	(4.0)	18.7	(5.0)	11.5	(3.4)	15.2	(5.1)

^a Dados perdidos por razões técnicas para as posturas e movimentos do membro superior direito de um sujeito.

^b Dados perdidos por razões técnicas para as posturas e movimentos da cabeça para um sujeito e do membro superior esquerdo para três sujeitos.

* Diferenças estatisticamente significativas encontradas entre eletricitistas Brasileiros e Noruegues ($p < 0.05$; Teste de Mann-Whitney).

DISCUSSÃO

Eletricistas da construção civil estão expostos a altos níveis de elevação dos membros superiores e de extensão da cabeça e cervical durante o trabalho acima do nível dos ombros. Este padrão postural é similar entre eletricistas Brasileiros e Noruegueses tanto para o trabalho em geral, quanto para atividades específicas, mas os Noruegueses apresentam menores níveis de elevação dos braços nas pausas.

A exposição destes trabalhadores a posturas extremas é maior que a encontrada para a maioria das ocupações. A Figura 21 adaptada de Hansson et al. (2010), mostra altos níveis de flexão e extensão da cabeça assim como altos níveis de elevação dos braços nos eletricistas quando em comparação com outras ocupações. Aspectos específicos da atividade ocupacional dos eletricistas, como o trabalho acima do nível dos ombros, podem explicar estas diferenças. A Figura 21 também indica a similaridade entre os dois grupos de eletricistas.

A comparação entre eletricistas Brasileiros e Noruegueses revelou exposição postural similar durante atividades de trabalho mesmo que a duração das atividades seja diferente. As similaridades podem ser explicadas pelo fato das atividades serem parecidas entre os grupos. Além disto, a disposição dos acessórios e iluminação também são similares nas duas culturas, o que pode ter determinado as posturas dos trabalhadores.

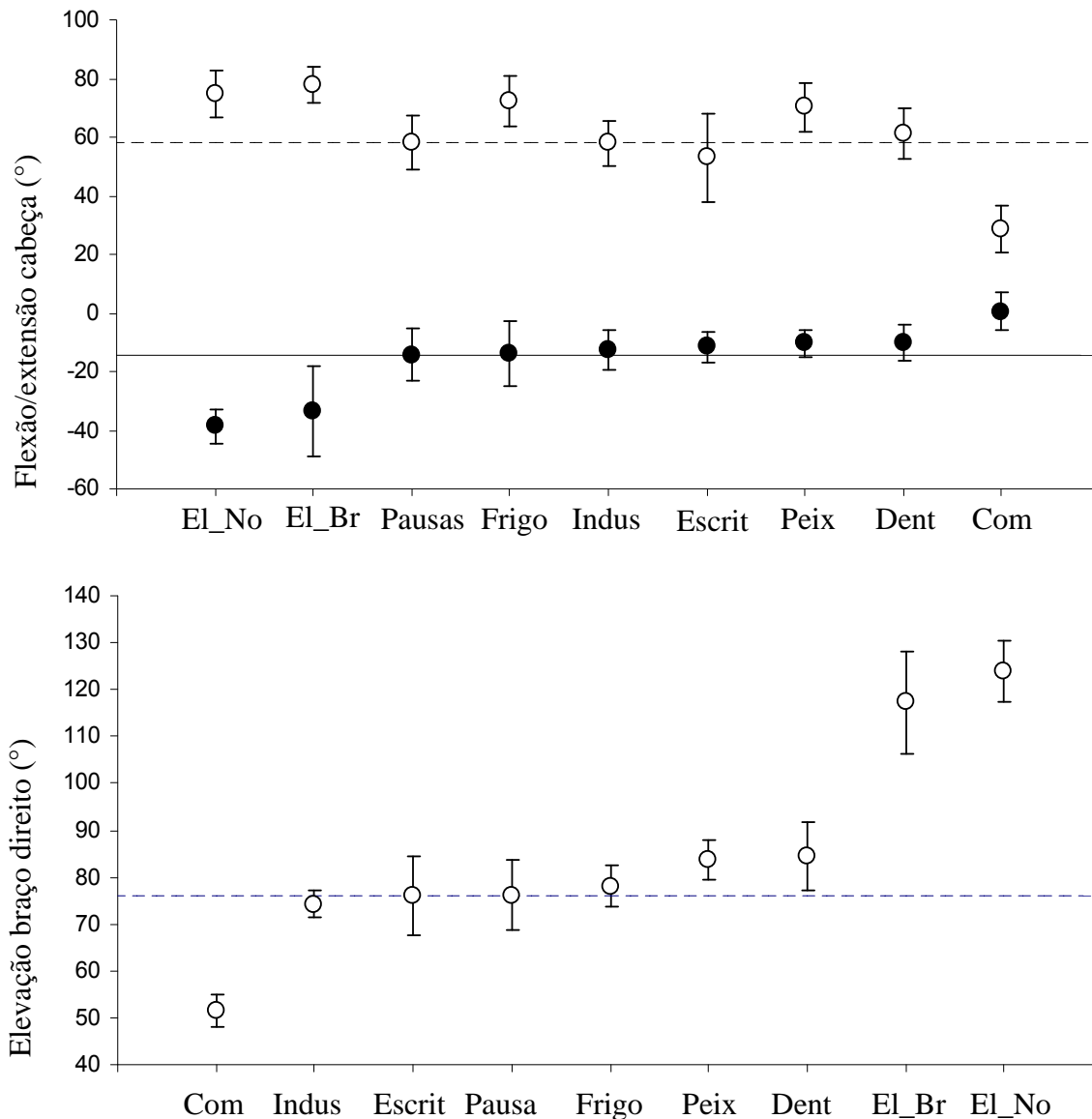


Figura 21. Média e desvio-padrão da flexão (valores positivos - percentil 99) e extensão (valores negativos - percentil 1) da cabeça e elevação do braço direito para eletricitistas de construção Brasileiros (El_Br) e Noruegueses (El_No) comparadas a outras ocupações realizadas por trabalhadores e a postura adotada durante as pausas. Com: trabalhadores em computador, Dent: dentista, Indus: trabalhadores da indústria, Peixe: processamento de peixe, Frigo: cortadores de carne, Escrit: trabalhadores de escritório. Adaptado de Hansson et al. (2010). Círculos abertos: percentil 99, círculos preenchidos: percentil 1. Linhas horizontais referem-se a valores de pausas para o percentil 99 (linha tracejada) e percentil 1 (linha contínua).

Diferenças notáveis entre os grupos foram observadas para a elevação do braço esquerdo durante as pausas. Estas diferenças podem ter sido influenciadas pela duração das pausas, que é aproximadamente duas vezes

maior para os Brasileiros. Isto porque pausas mais longas podem alterar o comportamento dos trabalhadores, o que pode ser ilustrado pelo fato de 3 eletricitistas Brasileiros terem dormido durante o horário do almoço por cerca de 25 minutos. Além disto, a maior duração das pausas pode ter permitido maior possibilidade de mudanças padrão postural.

O trabalho acima do nível dos ombros tem sido relacionado a desordens músculoesqueléticas em várias revisões da literatura (Bernard, 1997; van der Windt et al., 2000). Recomendações baseadas em métodos observacionais demonstram que o trabalho acima do nível dos ombros por mais de 10% (Punnett et al., 2000) do tempo total de trabalho constituiu um risco para lesões nos ombros. Além disto, Svendsen et al., (2004) demonstrou que um aumento de 1% do tempo de trabalho com os braços acima do nível dos ombros aumenta a prevalência de tendinite do ombro em 1.4. Desta forma, considerando o tempo permanecido acima dos 90°, a prevalência esperada de tendinite nos ombros dos eletricitistas Brasileiros seria de 14% e dos Noruegueses de 11%. Outra característica do trabalho acima do nível dos ombros é a extensão da cabeça e cervical, que constituem um risco para dor cervical (Ariëns et al., 2000). Assim, intervenções ergonômicas são necessárias para prevenção de desordens em cervical e ombros nestes trabalhadores.

Eletricitistas Noruegueses (58%) apresentaram mais relatos de desconforto nas regiões de pescoço e ombros que Brasileiros (18%). Entretanto, a pequena amostra avaliada e a ausência de exame físico não permitem a confirmação destes dados. Outros fatores não controlados neste estudo, como fatores culturais e individuais, fatores psicossociais, ritmo de trabalho e nível de atividade física, que são fatores reconhecidos como

relacionados a desordens músculoesqueléticas em pescoço e ombros (Winkel e Westgaard, 1992), podem ter contribuído para os relatos encontrados. A maior duração do almoço, que é um indicativo da cultura brasileira, também pode ter influenciado o menor relato de desconforto nestes trabalhadores. Østensvik et al., 2008 encontrou resultados semelhantes quando comparou operadores de máquinas florestais franceses e noruegueses. Estudos epidemiológicos com eletricitas Brasileiros e Noruegueses utilizando medidas objetivas para identificação de desordens em pescoço e ombros são necessários para maiores comparações de prevalência de sintomas entre estas duas populações.

A exposição dos eletricitas a posturas extremas durante o trabalho requer atenção dos setores de saúde ocupacionais. As conseqüências da exposição freqüente aos fatores de risco podem ser evidenciadas por Waehrer et al. (2007), que destacam os eletricitas como a população mais acometida por lesões não-fatais na indústria da construção. Outro aspecto a ser considerado quanto à exposição cumulativa é o aumento da prevalência e da intensidade dos sintomas com o aumento dos anos de exposição (Hunting et al., 1994).

Relatos de intervenções ergonômicas na indústria da construção ainda são raros (Albers et al., 2005; Lehtola et al., 2008). Este fato pode ser justificado pelo elevado número de empreiteiras que envolvem um projeto de construção (Chang et al., 2009), o elevado número de trabalhadores autônomos e contratos temporários (Ale et al., 2008) e da ineficiência da legislação para prevenção das lesões (Lehtola et al., 2008). Recentemente inovações têm sido propostas para reduzir a sobrecarga física neste setor da

indústria (Vedder e Carey, 2005), entretanto diferentes barreiras, como a cultural, altos custos, ausência de conscientização sobre desordens musculoesqueléticas e ausência de incentivo para investimento em inovações, têm limitado a sua aplicação (Kramer et al., 2010; Village e Ostry, 2010). Neste sentido, a exposição postural encontrada no presente estudo reforça a necessidade da realização de mais estudos para redução/controlar dos fatores de risco musculoesqueléticos em eletricitistas.

CONCLUSÃO

Eletricistas de construção Brasileiros e Noruegueses mostraram exposição similar, revelando que a atividade é mais determinante para a exposição postural que diferenças culturais. O tempo de trabalho, de duração das atividades e das pausas diferiram entre as populações, provavelmente devido a fatores culturais e organizacionais. Os eletricitistas estão expostos a posturas inadequadas da cabeça, tronco superior e cervical, assim como a altos níveis de elevação dos braços, principalmente durante a instalação. Estes resultados sugerem que a exposição postural é um fator de risco para desordens musculoesqueléticas e que intervenções ergonômicas são necessárias para prevenção de desordens nestes trabalhadores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos apresentados identificaram alta prevalência de sintomas musculoesqueléticos e alta sobrecarga biomecânica (força e postura) imposta aos eletricitistas de distribuição e (postura) aos eletricitistas de construção. Estes resultados revelam a necessidade de intervenções ergonômicas para prevenção de desordens musculoesqueléticas nestes trabalhadores.

A atividade ocupacional dos eletricitistas constitui-se em um desafio para Ergonomia, uma vez que as atividades são variadas, acontecem em diferentes locais e estão expostas a condições climáticas variáveis. Nestas condições, a identificação dos riscos biomecânicos por observação ou por medida direta apresentou grandes dificuldades para sua realização com estes trabalhadores. A coleta de dados dos eletricitistas de distribuição em ambiente real apresentou maiores dificuldades para sua realização devido às normas de segurança da empresa, longos deslocamentos para acompanhamento dos eletricitistas, chegando a 120km em um dia de coleta, e com longa duração dos registros (em média 183 ± 41 minutos, mínimo de 133 minutos e máximo de 261 minutos) comparativamente à coleta do simulado (em média 22 ± 7 minutos, mínimo de 12 minutos e máximo de 34 minutos). A exposição às condições climáticas também dificultaram a coleta, pois em dias com possibilidade de chuva as coletas foram canceladas para evitar danos no equipamento. Além disto, a exposição a altas temperaturas e ao sol dificultou a fixação dos equipamentos, com perda de alguns registros.

Apesar dos dois grupos serem reconhecidos como eletricitistas, as atividades e as condições de trabalho são muito diferentes. Durante as coletas foi notado o grande deslocamento dos eletricitistas de distribuição, pois entre

uma atividade e outra há grande deslocamento, diferentemente da construção que o local é um só (prédio, residência), apesar do posto de trabalho variar: no início podem ser instaladas tomadas, depois quadros de energia e assim por diante, mas o eletricitista permanece no mesmo prédio. Apesar das diferenças nas atividades e na quantidade de deslocamento, ambos eletricitistas não apresentam um posto fixo que permita adequação deste às suas características e minimizar os riscos biomecânicos envolvidos em suas atividades. Desta forma, medidas preventivas deverão focar principalmente nas ferramentas e equipamentos disponíveis para estes trabalhadores, além de treinamentos e medidas organizacionais.

Estudos futuros com resultados de medidas de intervenção no sentido de reduzir a sobrecarga e que apresentem eficácia na prevenção de desordens musculoesqueléticas ainda são necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albers J, Estill C, MacDonald L. Identification of ergonomics interventions used to reduce musculoskeletal loading for building installation tasks. *Appl Ergon* 2005;36:427-439.
2. Ale BJM, Bellamy LJ, Baksteen H, Damen M, Goossens LHJ, Hale AR, Mud M, Oh J, Papazoglou IA, Whiston JY. Accidents in the construction industry in the Netherlands: An analysis of accident reports using Storybuilder. *Reliab Eng Sys Safe* 2008;93:1523-1533.
3. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho de 2009 [Internet]. Ministério da Previdência Social. 2009 - [Acessado em 10/10/2011]. Disponível em: <http://www.mpas.gov.br/conteudoDinamico.php?id=989>
4. Amasay T, Zodrow K, Kincl L, Hess J, Karduna A. Validation of tri-axial accelerometer for the calculation of elevation angles. *Int J Ind Ergon* 2009;39:783-789.
5. Ariëns GAM, Bongers PM, Douwes M, Miedema MC, Hoogendoorn WE, van der Wal G, Bouter LM, van Mechelen W. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med* 2007;58:200-207.
6. Ariëns GAM, van Mechelen W, Bongers PM, Bouter LM, van der Wal G. Physical risk factors for neck pain. *Scand J Work Environ Health* 2000;26:7-19.
7. Barbe MF, Barr AE. Inflammation and the pathophysiology of the work-related musculoskeletal disorders. *Brain Behav Immun* 2006;20:423-429.
8. Bernard BP. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 1997.
9. Bernmark E, Wiktorin C. A triaxial accelerometer for measuring arm movements. *Appl Ergon* 2002;33:541-547.
10. Borg, G., 1998. Borg's perceived exertion and pain scales, ed., Human Kinetics, Champaign.

11. Buchholz B, Paquet V, Punnett L, Lee D, Moir S. PATH: A work sampling-based approach to ergonomic job analysis for construction and other non-repetitive work. *Appl Ergon* 1996;27:177-187.
12. Burdorf A. The role of assessment of biomechanical exposure at the workplace in the prevention of musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 2010;36:1-2.
13. Bonney RA, Corlett EN. Vibration and spinal lengthening in simulated vehicle driving. *Appl Ergon* 2003;34:195-200.
14. Bovenzi M, Zadini A, Franzinelli A, Borgogni F. Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics* 1991;34:547-562.
15. Bracken T, Senior R, Dudman J. 60-Hertz electric-field exposures in transmission line towers. *J Occup Environ Hyg* 2005;2:444-455.
16. Brechter JH, Powers CM. Patellofemoral joint stress during stair ascent and descent in persons with and without patellofemoral pain. *Gait Posture* 2002;16:115 – 123.
17. Burdorf A. The role of assessment of biomechanical exposure at the workplace in the prevention of musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 2010;36:1-2.
18. Cameron JA. Assessing work-related body-part discomfort: Current strategies and a behaviorally oriented assessment tool. *Int J Ind Ergon* 1996;18:389-398.
19. Chang F-L, Sun Y-M, Chuang K-H, Hsu D-J. Work fatigue and physiological symptoms in different occupations of high-elevation construction workers. *Appl Ergon* 2009;40:591-596.
20. Cheng C-W, Leu S-S, Lin C-C, Fan C. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises. *Safety Science* 2010;48:698-707.
21. Chopp JN, Fischer SL, Dickerson CR. The impact of work configuration, target angle and hand force direction on upper extremity muscle activity during sub-maximal overhead work. *Ergonomics* 2010;53:83-91.
22. Chung AZQ, Shorrock ST. The research-practice relationship in ergonomics and human factors – surveying and bridging the gap. *Ergonomics* 2011;54:413-429.

23. Corlett EN, Bishop RP. A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics* 1976;19:175-182.
24. Coury HJCG. Postural recording. Capítulo de encyclopedia: *Industrial Ergonomics: User's Encyclopedia*, 1999.
25. Coury HJCG. The effects of production changes on the musculoskeletal disorders in Brazil and South America. *Int J Ind Ergon* 1999;25:103-104.
26. Cox JM. Biomecânica da coluna lombar. In: *Dor lombar: Mecanismo, Diagnóstico e Tratamento*. 1ªed. São Paulo: Manole, 2002, p 17-129.
27. David GC. Ergonomics methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occup Med* 2005;55:190-199.
28. Delleman NJ, Dul J. International standards on working postures and movements ISO 11226 and EN 1005-4. *Ergonomics* 2007;50:809-1819.
29. Engholm G, Holmström E. Dose-response associations between musculoskeletal disorders and physical and psychosocial factors among construction workers. *Scand J Work Environ Health* 2005;31:57-67.
30. EPRI, Dezembro 2001. Occupational health and safety annual report 2001: injury and illness trends in the electric energy workforce, 1995-2000. Final Report 1005198
31. EPRI, 2006. Occupational Health and Safety Annual Report 2006: Occupational Health and Safety Trends 1995 – 2005. Palo Alto, CA: 2006. 1012569.
32. Farrar JT, Young JP, LaMoreaux L, Werth L, Poole M. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain* 2001;94:149-158.
33. Graves RJ, De Cristofano A, Wright E, Watt M, White R. Potential musculoskeletal risk factors in electricity distribution linesman tasks. *Contemporary Ergonomics* 1996;215-220.
34. Hansson G-Å, Arvidsson I, Ohlsson K, Nordander C, Mathiassen SE, Skerfving S, Balogh I. Precision of measurements of physical workload during standardized manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. *J Electromyogr Kinesiol* 2006;16:125-136.

35. Hansson G-Å, Asterland P, Holmer N-G, Skerfving S. Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in posture analysis. *Medical & Biological Engineering & Computing* 2001a;39:405-413.
36. Hansson, G-Å, Asterland P, Kellerman M. Technical Note. Modular data logger system for physical workload measurements. *Ergonomics* 2003;46:407-415.
37. Hansson G-Å, Balogh I, Byström JU, Ohlsson K, Nordander C, Asterland P, Sjölander S, Rylander L, Winkel J, Skerfving S. Questionnaire versus direct technical measurements in assessing postures and movements of the head, upper back, arms and hands. *Scand J Work Environ Health* 2001b;27:30-40.
38. Hansson G-Å, Balogh I, Ohlsson K, Granqvist L, Nordander C, Arvidsson I, Åkesson I, Unge J, Rittner R, Strömberg U, Skerfving S. Physical workload in various types of work: Part II. Neck, shoulder and upper arm. *Int J Ind Ergon* 2010;40:267-281.
39. Harms-Ringdahl K, Ekholm J, Schüldt K, Németh G, Arborelius U. Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics* 1986;29:1539-1552.
40. Hunting KL, Welch LS, Cuccherini BA, Seiger LA. Musculoskeletal symptoms among electricians. *Am J Ind Med* 1994;25:149-163.
41. Ilmarinen JE. Aging workers, *Occup Environ Med* 2001;58:546-552.
42. Imbeau D, Montpetit Y, Desjardins L, Riel P, Allan J. Handling of fiberglass extension ladders in the work of telephone technicians. *Int J Ind Ergon* 1998;22:177-194.
43. Jester A, Harth A, Germann G. Measuring levels of Upper-extremity disability in employed adults using the DASH Questionnaire. *J Hand Surg* 2005;30:1074.e1-1074.e10.
44. Juul-kristensen B, Hansson G-Å, Fallentin N, Andersen JH, Ekdahl C. Assessment of work postures and movements using a video-based observation method and direct technical measurements. *Appl Ergon* 2001;32:517-524.
45. Kelsh MA, Sahl JD. Sex differences in work-related injury rates among electric utility workers. *Am J Epidemiol* 1998;43:1050-1058.

46. Keyserling WM, Stetson DS, Silverstein B, Brower ML. A check list for evaluating ergonomic risk factors associated with upper extremity cumulative trauma disorders. *Ergonomics* 1993;36:807-831.
47. Koifman S, Blank VLG, Souza JAM. Mortalidade e acidentes de trabalho na indústria elétrica. *Rev Saúde Publica* 1983;17:83-93.
48. Kuijer PPM, Hoozemans MJM, Frings-Dresen MHW. A different approach for the ergonomic evaluation of pushing and pulling practice, *Int J Ind Ergon* 2007;37:855-862.
49. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, Jørgensen K. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Appl Ergonom* 1987;18:233-237.
50. Kramer DM, Bigelow PL, Wells RP, Garritano E, Vi P, Plawinski M. Searching for needles in a haystack: Identifying innovations to prevent MSDs in the construction sector. *Appl Ergon* 2010;41:577-584.
51. Larsson B, Søgaaard K, Rosendal L. Work related neck-shoulder pain: a review on magnitude, risk factors, biomechanical characteristics, clinical picture and preventive interventions. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2007;21:447-463.
52. Lehtola MM, van der Molen HF, Lappalainen J, Hoonakker PLT, Hsiao H, Haslam RA, Hale AR, Verbeek JH. The effectiveness of interventions for preventing injuries in the construction industry: a systematic review. *Am J Prev Med* 2008;35:77-85.
53. Loomis D, Dufort V, Kleckner RC, Savitz DA. Fatal occupational injuries among electric power company workers. *Am J Ind Med* 1999;35:302-309.
54. Lowe BD. Accuracy and validity of observational estimates of shoulder and elbow posture. *Appl Ergon* 2004;35:159-171.
55. Magnusson ML, Pope MH. A review of the biomechanics and epidemiology of working postures. It isn't always vibration which is to blame! *J Sound Vib* 1998;215:965-976.
56. Marklin RW, Lazuardi L, Wilzbacher JR. Measurement of handle forces for crimping connectors and cutting cable in the electric power industry. *Int J Ind Ergon* 2004;34:497-506.

57. Marras WS, Cutlip RG, Burt SE, Waters TR. National occupational research agenda (NORA) future directions in occupational musculoskeletal disorder health research. *Appl Ergon* 2009;40: 15-22.
58. Martinez MC, Latorre MRDO. Saúde e capacidade para o trabalho de eletricitários do Estado de São Paulo. *Revista Ciência & Saúde Coletiva da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva* 2008; 13:1061-1073.
59. Ministério do Trabalho e Emprego. Acesso em: <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/home.jsf>, 20/10/2011
60. Miranda H, Viikari-Juntura E, Heistaro S, Heliövaara M, Riihimäki H. A population study on differences in the determinants of a specific shoulder disorder versus nonspecific shoulder pain without clinical findings. *Am J Epidemiol* 2005;161:847-855.
61. National Research Council, Institute of Medicine. Musculoskeletal disorders and the workplace. Low back and upper extremities. Washington, DC: National Academy Press, 2001
62. Norkin CC, Levangie PK. Articulações Estrutura e Função: Uma abordagem Prática e Abrangente. Revinter: 2ª edição, Rio de Janeiro, 2001.
63. Oldhan JA, Schofield S, Callaghan MJ, Winstanley T. An investigation of the validity of 'simulated' work related tasks in relation to 'real life' situations in the fire service training environment. *Occup Med* 2000;50: 599-607.
64. Orfale AG, Araújo PMP, Ferraz MB, Natour J. Translation into Brazilian Portuguese adaptation and elevation of the reliability of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire. *Braz J Med Biol Res* 2005;38:293-302.
65. Päivinen, M. Electrician's perceptions of work-related risks in cold climate when working in high places. *Int J Ind Ergon* 2006;36:661-670.
66. Palmer KT, Smedley DM. Work relatedness of chronic neck pain with physical findings- a systematic review. *Scand J Work Environ Health* 2007;33:65-191.

67. Parkhouse W, Gall B. Task frequency as a function of age for the powerline technician trade. *Ergonomics* 2004;47:660-670.
68. Punnett L, Fine LJ, Keyserling WM, Herrin GD, Chaffin DB. Shoulder disorders and postural stress in automobile assembly work. *Scand J Work Environ Health* 2000;26:283-291.
69. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol* 2004;14:13-23.
70. Renew DC, Cook RF, Ball MC. A method for assessing occupational exposure to power-frequency magnetic fields for electricity generation and transmission workers. *J Radiol Prot* 2003;23:279-303.
71. Sandmark H, Nisell R. Measurement of pain among electricians with neck dysfunction. *Scand J Rehabil Med* 1994; 26: 203-209.
72. Schneider S. OSHA' s draft standard for prevention of work-related musculoskeletal disorders, *Appl Occup Environ TNG*, v. 10, p. 665-674, 1995.
73. Schneider SP. Musculoskeletal injuries in construction: a review of the literature. *Appl Occup Environ Hyg* 2001;16:1056-1064.
74. Scopinho RA. Privatização, reestruturação e mudanças nas condições de trabalho: o caso do setor de energia elétrica. *Cadernos de Psicologia Social do Trabalho* 2002;5:19-36.
75. Scott PA, Renz MC. A combined field and laboratory investigation for the effective application of ergonomics in situ. *Appl Ergon* 2006;37:785-792.
76. Seeley PA, Marklin RW. Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Appl Ergon* 2003;34:429-439.
77. Sluiter JK, Rest KM, Frings-Dresen MHW. Criteria document for evaluating the work-relatedness of upper-extremity musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* 2001;27:1-102, Suppl 1.
78. Sommerich CM, McGlothlin JD, Marras WS. Occupational risk factors associated with soft tissue disorders of the shoulder: a review of recent investigations in the literature. *Ergonomics* 1993;36:697-717.

79. Staal JB, de Bie RA, Hendriks EJM (2007) Aetiology and management of work-related upper extremity disorders. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 21,123-133.
80. Svendsen SW, JP Bonde, SE Mathiassen, Stengaard-Pedersen k, Frich LH. Work-related shoulder disorders: quantitative exposure-response relationships with reference to arm posture. *Occup Environ Med* 2004; 61:844-853.
81. van den Heuvel SG, van der Beek AJ, Blatter BM, Hoogendoorn WE, Bogers PM. Psychosocial work characteristics in relation to neck and upper limb symptoms. *Pain* 2005;114:47 – 53.
82. van der Beek AJ, Frings-Dresen MHW. Assessment of mechanical exposure in ergonomic epidemiology. *Occup Environ Med* 1998;55:291-299.
83. van der Windt DAWM, Thomas E, Pope DP, de Winter AF, Macfarlane GJ, Bouter LM, Silman AJ. Occupational risk factors for shoulder pain: a systematic review. *Occup Environ Med* 2000;57:433-442.
84. van Dieën JH, Faber GS, Loos RCC, Kuijer PPFM, Kingma I, van der Molen HF, Fings-Dresen MHW. Validity of estimates of spinal compression forces obtained from worksite measurements. *Ergonomics* 2010;53:792-800.
85. Varoli FK, Pedrazzi V. Adapted version of the McGill pain questionnaire to Brazilian Portuguese. *Braz Dent J* 2006;14:328 - 335.
86. Vedder J, Carey E. A multi-level systems approach for the development of tools, equipment and work processes for the construction industry. *Appl Ergon* 2005;36:471-480.
87. Veiersted KB, Gould KS, Østerås N, Hansson G-Å. Effect of an intervention addressing working technique on the biomechanical load of the neck and shoulder among hairdressers. *Appl Ergon* 2008;32:183-190.
88. Vieira ER, Kumar S. Esforço físico ocupacional e saúde músculo-esquelética. In: Congresso de Ergonomia, 12, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABERGO, 2004. CD-ROM.

89. Village J, Ostry A. Assessing attitudes, beliefs and readiness for musculoskeletal injury prevention in the construction industry. *Appl Ergon* 2010;41:771-778.
90. Waehrer GM, Dong XS, Miller T, Haile E, Men Y. Costs of occupational injuries in construction in the United States. *Accid Anal Prev* 2007;39:1258-1266.
91. Waersted M, Bjørkuland RA, Westgaard RH. The effect of motivation on shoulder-muscle tension in attention-demanding tasks. *Ergonomics* 1994;37:363-376.
92. Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics* 1993; 36:749-776.
93. Wells R. Análise das tarefas. In: *Distúrbios Osteomusculares Crônicos Relacionados ao Trabalho*. 1º ed. São Paulo: Rocca, 2001, p 41-67.
94. Westgaard R, Winkel J. Guidelines for occupational musculoskeletal load as a basis for intervention: a critical review. *Appl Ergon* 1996; 27:463-500.
95. Westgaard R, Winkel J. Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review. *Int J Ind Ergon* 1997;20:463-500.
96. Winkel J, Mathiassen SE. Assessment of physical work load in epidemiologic studies: concepts, issues and operational considerations. *Ergonomics* 1994;37:979-988.
97. Winkel J, Westgaard R. Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II – The scientific basis (literature review) for the guide. *Int J Ind Ergon* 1992;10:85-104.
98. Yen TY, Radwin RG. A comparison between analysis time and inter-analyst reliability using spectral analysis of kinematic data and posture classification. *Appl Ergon* 2002;33:85-93.
99. Østensvik T, Veiersted KB, Cuchet E, Nilsen P, Hanse JJ, Carlzon C, Winkel J. A search for risk factors of upper extremity disorders among forest machine operators: A comparison between France and Norway. *Int J Ind Ergon* 2008;38:1017-1027.

ANEXO I

Artigo Publicado

Título: Sintomas musculoesqueléticos em eletricitas de rede de distribuição de energia

Referência Bibliográfica: Revista Brasileira de Fisioterapia 13(2):123-129,2009

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi, Letícia Carnaz, Jerônimo Farias de Alencar, Luiz Carlos de Miranda Júnior, Lothy Granqvist, Gert-Åke Hansson, Helenice Jane Cote Gil Coury

Sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de rede de distribuição de energia

Musculoskeletal symptoms among energy distribution network linemen

Moriguchi CS¹, Alencar JF¹, Miranda-Júnior LC², Coury HJCG¹

Resumo

Contextualização: A presença de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas deve ser caracterizada para auxiliar na identificação de fatores de riscos para os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) e para possibilitar implementação de medidas preventivas. **Objetivo:** Avaliar a ocorrência de sintomas de DORT em eletricitistas de uma regional de uma empresa de distribuição de energia elétrica, verificar se existiam diferenças entre as funções exercidas quanto à proporção de trabalhadores sintomáticos, e realizar um levantamento preliminar dos principais fatores de riscos presentes. **Métodos:** Foram avaliados 30 eletricitistas do sexo masculino (38,1±5,5 anos), divididos em três equipes conforme a função exercida (ELV=Eletricistas Linha Viva; EEM=Eletricistas Emergência/Manutenção; EC=Eletricistas Comerciais). Sintomas musculoesqueléticos foram identificados em mapa corporal, qualificados pelo Questionário McGill e quantificados por escala numérica. O questionário DASH também foi aplicado para avaliar impacto dos sintomas nos ombros na performance dos trabalhadores. **Resultados:** 70% dos eletricitistas apresentaram ao menos um sintoma musculoesquelético nos ombros, coluna ou joelhos. A equipe ELV apresentou sintomas musculoesqueléticos em 100% dos trabalhadores e maior pontuação no questionário DASH (28±15). A equipe EEM apresentou sintomas em 67% dos trabalhadores e pontuação DASH de 8±11, e a equipe EC apresentou sintomas em 50%, mas sem sintomas nos ombros. A proporção de trabalhadores sintomáticos nos ombros estava associada à função exercida (p=0.02). **Conclusões:** Eletricitistas avaliados apresentaram alta proporção de trabalhadores sintomáticos, que variou conforme a atividade ocupacional. Intervenções são necessárias para reduzir os riscos de DORT dentre os eletricitistas avaliados.

Palavras-chave: sintomas musculoesqueléticos; fatores de risco; DORT; eletricitistas de distribuição.

Abstract

Background: Linemen should be evaluated regarding the presence of musculoskeletal symptoms to guide the identification of risk factors for development of work-related musculoskeletal disorders (WMSD) and to allow the implementation of preventive measures. **Objective:** To assess the occurrence of WMSD symptoms among linemen working at a regional branch of an electricity distribution company, to investigate whether there were differences in the proportions of symptomatic workers among the functions performed, and to perform a preliminary survey of the main risk factors present. **Methods:** Thirty male linemen (mean age 38.1±5.5 years) were evaluated, divided into three teams according to their job function (Live Line Linemen, LLL; Maintenance/Emergency Linemen, MEL; Commercial Linemen, CL). Musculoskeletal symptoms were identified on a body map, qualified using the McGill questionnaire and quantified using a numerical scale. The DASH questionnaire was also applied to evaluate the impact of the shoulder symptoms on the workers' performance. **Results:** Seventy percent of the linemen presented at least one musculoskeletal symptom in the shoulders, back or knees. All of the LLL team presented musculoskeletal symptoms and these workers had the highest scores in the DASH questionnaire (28±15). Sixty-seven percent of the MEL team presented symptoms, and their DASH score was 8±11. Fifty percent of the CL team presented symptoms, but none of them had shoulder symptoms. The proportion of workers with shoulder symptoms was related to their job function (p=0.02). **Conclusions:** A high proportion of the linemen presented symptoms which varied according to the occupational activity. Interventions are needed to reduce the risk of WMSD among the linemen evaluated.

Key words: musculoskeletal symptoms; risk factors; WMSD; distribution linemen.

Recebido: 10/03/2008 – Revisado: 14/07/2008 – Aceito: 24/10/2008

¹ Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos (SP), Brasil

² Centro Superior de Educação Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas (SP), Brasil

Correspondência para: Cristiane Shinohara Moriguchi, Rua Miguel Alves Margarido, 330 - apto 211, Cidade Jardim, CEP 13566-580, São Carlos (SP), Brasil, e-mail: crissinohara@gmail.com

Introdução

Segundo Seeley e Marklin¹ poucos eletricitistas têm capacidade física para exercer a função durante toda a vida de trabalho, pois um grande número deles apresenta lesões musculoesqueléticas após anos de exposição à atividade, principalmente devido ao uso excessivo de força. A atividade dos eletricitistas apresenta também riscos associados ao desenvolvimento de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) devido à exposição a tarefas pesadas, posturas inadequadas, manuseio de materiais e às condições climáticas variáveis por realizarem trabalho de campo^{2,3}.

De acordo com o Ministério da Previdência Social do Brasil de 2005⁴, o grau de risco para o desenvolvimento de doença profissional ou desencadeada pelo exercício do trabalho na Produção e Distribuição de Energia Elétrica é máximo e corresponde a três pontos. Apesar da pontuação máxima neste setor, ainda há poucos estudos publicados com eletricitistas brasileiros. Estudos recentes encontrados na literatura disponível enfocaram apenas a avaliação do impacto da privatização do setor elétrico⁵ e avaliações de saúde e da capacidade do trabalhador⁶. Ainda não foram encontrados estudos sobre a prevalência de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de distribuição brasileiros com perspectiva de identificação dos fatores de riscos. O conhecimento dos riscos impostos pelo trabalho poderá amenizar os índices de acidente de trabalho, já que, segundo estudo da literatura realizado com enfermeiras, intervenções ergonômicas melhoram também a segurança do trabalho e diminuem taxas de absenteísmos⁷.

Além disto, estudos sobre a presença de fatores de riscos podem ser complementados por avaliações funcionais dos trabalhadores. Dessa forma, o impacto dos distúrbios na performance dos trabalhadores pode ser verificado, o que fornece um indicador da necessidade de intervenção ergonômica para controle desses fatores de risco^{8,9}. Como resultado, medidas preventivas específicas podem tentar diminuir ou remover os principais fatores de risco e, assim, melhorar a qualidade de vida dos trabalhadores¹⁰.

Considerando uma avaliação preliminar das atividades de eletricitistas de distribuição, hipotetizou-se que a proporção de trabalhadores com sintomas musculoesqueléticos seja alta dentre esses profissionais e que os sintomas diferem quanto a sua localização de acordo com a função desempenhada pelo eletricitista.

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de sintomas de DORT em eletricitistas de uma regional de uma empresa de distribuição de energia elétrica, verificar se existiam diferenças entre as funções exercidas quanto à proporção de trabalhadores sintomáticos e realizar um levantamento preliminar dos principais fatores de riscos presentes.

Materiais e métodos

Sujeitos

Participaram do estudo 30 eletricitistas trabalhadores exclusivos de uma empresa de distribuição de energia elétrica, do sexo masculino (média de idade de $38,1 \pm 5,5$ anos), que realizavam diversos trabalhos de campo em uma região do interior do Estado de São Paulo. Esses eletricitistas correspondem a 84% dos eletricitistas da regional avaliada e fazem parte de um grupo de 1233 eletricitistas com funções semelhantes na empresa. Apenas um trabalhador foi excluído da amostra (N total=31), pois apresentou sintomas musculoesqueléticos decorrentes de neurocisticercose. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de São Carlos (Parecer 0032.0.135.000-07).

Os eletricitistas de distribuição foram divididos em três equipes de acordo com o tipo de atividades que realizam (Figura 1):

1) Eletricitista de Linha Viva (ELV) (6 eletricitistas): eletricitistas que executam manutenção de rede de distribuição energizada de alta e baixa tensão. Essa equipe utiliza caminhões com cestas aéreas para suspensão do eletricitista (Figura 1A).

2) Eletricitista de Emergência e Manutenção (EEM) (18 eletricitistas): eletricitistas que atuam em situações emergenciais e em serviços pré-programados, são responsáveis pela inspeção e manutenção da rede elétrica de média e baixa tensão e manutenção da iluminação pública. A equipe EEM realiza suas atividades com suspensão por escadas e os eletricitistas são presos ao poste ou à escada por cintos. São utilizados três tamanhos de escada: uma central (10,2m), fixa ao veículo e não carregada pelo eletricitista; e duas removíveis, uma de 7,8m e 31kg que deve ser carregada em dupla e outra de 6,6m e 26kg, carregada por apenas um eletricitista (Figura 1B).

3) Eletricitista Comercial (EC) (6 eletricitistas): eletricitistas de fiscalização, que são responsáveis pela ligação/desligamento do fornecimento de energia e manutenção/retirada de medidores de consumo de energia, tarefas que envolvem pouco uso de escadas e menor esforço muscular, com uso ocasional de ferramentas (Figura 1C).

Procedimentos

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários no período de 25 de abril a 03 de julho de 2007. Os questionários foram aplicados em grupos de, no máximo, cinco pessoas por vez, em locais reservados, antes do início do turno de trabalho. Os sujeitos foram informados sobre os procedimentos gerais da pesquisa e assinaram um termo de consentimento formal, livre e esclarecido, no qual foi assegurada a confidencialidade dos dados.

O questionário utilizado foi aprimorado em dois estudos pilotos para obtenção da versão final. O primeiro piloto foi realizado com o engenheiro líder da empresa, que sugeriu algumas alterações para facilitar o entendimento das questões por parte dos funcionários. O segundo piloto foi realizado com quatro eletricitistas que avaliaram a clareza das questões e, aquelas que não foram corretamente compreendidas, foram reformuladas.

A primeira parte do questionário apresentava questões gerais que coletavam dados demográficos (idade, sexo, altura, peso) e ocupacionais (tempo de serviço na empresa, descrição da atividade desempenhada atual e anteriormente, período de tempo em que estava na mesma função, exposição a determinadas tarefas e duração delas em relação à semana de trabalho, tais como: viagens, caminhadas, preparação do local e observação). Além dessas, também foram incluídas perguntas sobre afastamentos, saúde geral, nível de atividade física e se realizava atividades domésticas.

Na segunda parte do questionário, solicitava-se ao trabalhador identificar, no mapa corporal adaptado de Corlett e Bishop¹¹, as regiões que apresentavam algum desconforto que tivesse ocorrido mais que três vezes no último ano ou durado mais que três dias consecutivos, que não estivesse associado a lesão traumática. Em seguida, solicitou-se aos trabalhadores que caracterizassem os sintomas de acordo com os descritores do Questionário de dor McGill traduzido e validado em português¹². A última parte do questionário continha escalas de dor numéricas¹³ de 0 a 10, nas quais eram identificadas as intensidades de desconforto percebidas em cada região corporal no momento da avaliação.

Pela análise prévia dos resultados dos questionários, a região dos ombros apresentou-se como a mais acometida por sintomas musculoesqueléticos. Para avaliar o impacto dos sintomas musculoesqueléticos na performance do trabalhador, uma nova coleta de dados foi planejada, na qual foi utilizado o item opcional sobre trabalho, presente na versão em português do Questionário DASH¹⁴. De acordo com o procedimento de análise desse questionário, foi calculada a pontuação para comparação descritiva entre as equipes que apresentaram trabalhadores sintomáticos devido ao pequeno número de indivíduos por grupo.

Dados referentes a afastamentos e faltas foram disponibilizados pelo Departamento Pessoal da empresa para verificar quanto os sintomas musculoesqueléticos têm afetado os trabalhadores.

Para verificar as principais atividades realizadas pelos eletricitistas de cada equipe, foi solicitado o preenchimento de planilhas de controle de atividades. Nessas planilhas, os eletricitistas registraram as atividades realizadas durante um dia de trabalho. A planilha já era adotada pela empresa e usada com

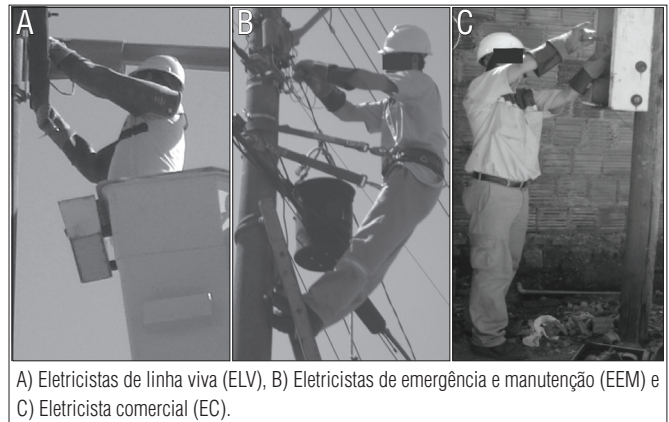


Figura 1. Eletricitistas classificados em equipes de acordo com tarefa realizada durante atividade ocupacional.

relativa frequência, não exigindo treinamento dos funcionários para seu preenchimento.

Observações diretas sistemáticas no ambiente de trabalho também foram realizadas por dois observadores treinados a fim de identificar os fatores de riscos presentes nas atividades mais frequentemente realizadas por cada equipe. As atividades ocupacionais avaliadas pelos observadores também foram registradas por vídeo para complementar a avaliação. Os fatores de risco para os DORTs presentes nas atividades foram identificados por esses avaliadores que, após obterem consenso nas descrições dos riscos, foram interpretados à luz da literatura de acordo com metodologia de Wells¹⁵ e estudos pertinentes disponíveis na literatura¹⁶⁻¹⁹.

Análise dos dados

As informações foram analisadas descritivamente por médias e desvio-padrão. As equipes foram comparadas quanto à idade, IMC, período na função de eletricitistas e exposição pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com teste de Mann-Whitney para comparação múltipla com ajuste de Bonferroni. Foi utilizado teste χ^2 (Tabela 2x2) para verificar associação dos aspectos da vida diária (trabalho doméstico e atividade física) na incidência de sintomas e o teste χ^2 de frequência observada versus a esperada para verificar associação entre as equipes e a proporção de eletricitistas sintomáticos e assintomáticos. Para essa análise, foram montadas tabelas de contingência para cada região corporal sintomática. Os cálculos estatísticos foram realizados no software Statistica, com nível de significância de $\alpha=0,05$.

Resultados

Não houve diferença estatisticamente significativa entre as equipes quanto às características antropométricas idade

($p=0,364$) e IMC ($p=0,2362$). A média de idade e IMC das equipes foram: ELV $41,6\pm 6,4$ anos e $25,9\pm 2,8$ kg/m²; EEM $37\pm 5,1$ anos e $27,5\pm 2,5$ kg/m²; EC $38\pm 4,6$ anos e $25,8\pm 2,3$ kg/m². As equipes também não diferiram quanto ao período na função ($p=0,3528$) ou ao período em que permanecem em viagem ($p=0,0647$), caminhando ($p=0,33$), preparando local ($p=0,65$) ou em observação ($p=0,31$) durante uma semana de trabalho, mas diferem quanto à utilização da cesta aérea e escada. Apenas as equipes EEM e EC fazem uso das escadas, sendo que a primeira está mais exposta ao uso ($p=0,003$).

Os resultados do teste χ^2 revelaram que não houve associação entre incidência de relato de desconforto e os fatores não ocupacionais: atividade doméstica ($p=0,14$) e atividade física ($p=0,42$). A presença de doença crônica não foi considerada no teste porque apenas dois indivíduos apresentaram problemas crônicos de saúde. Já o teste χ^2 de frequência observada versus a esperada revelou diferença significativa na distribuição de relatos de sintomas por regiões corporais apenas para a região dos ombros ($p=0,02$).

A proporção de trabalhadores sintomáticos que apresentaram ao menos um relato de desconforto dentre os 30 funcionários avaliados foi de 87% (26 em 30), nos quais as regiões dolorosas mais frequentes foram: ombro, coluna e joelho. A Tabela 1 apresenta a proporção de trabalhadores sintomáticos e a intensidade média dos desconfortos nas regiões mais frequentes por equipe. Os relatos de desconforto na coluna (13 eletricitistas) apresentaram-se principalmente na região lombar (62%), seguida pela torácica (31%), cervical e cóccix (15% cada). Caso os sintomas relatados para essas regiões da coluna fossem considerados separadamente, a proporção de trabalhadores sintomáticos para cada região da coluna seria comparativamente inferior à proporção dos sintomáticos para

Tabela 1. Proporção de trabalhadores sintomáticos (%) e intensidade (média \pm desvio-padrão) de sintomas musculoesqueléticos nas regiões mais frequentemente relatadas pelos eletricitistas separados por equipe (ELV=Eletricitistas de Linha Viva, EEM=Eletricitistas de Emergência/Manutenção, EC=Eletricitistas Comerciais).

Região corporal	ELV (n=6)	EEM (n=18)	EC (n=6)	Total (n=30)
Ombro				
Proporção de sintomáticos (%)	100	39	0	43
Intensidade dor (M \pm DP)	3 \pm 2	4 \pm 1	0	
Coluna				
Proporção de sintomáticos (%)	17	56	33	43
Intensidade dor (M \pm DP)	4 \pm 0	4 \pm 2	5 \pm 1	
Joelho				
Proporção de sintomáticos (%)	33	33	17	30
Intensidade dor (M \pm DP)	4 \pm 1	4 \pm 2	4 \pm 0	
Proporção de sintomáticos Total (%)	100	67	50	70

região dos ombros. Assim, a região dos ombros apresenta-se, individualmente, como a mais acometida por sintomas musculoesqueléticos nesses eletricitistas. Outras regiões com menor ocorrência de relatos de sintomas foram antebraços (13%), cotovelos (10%), braços, nádegas e coxa (7% cada). Assim, a proporção de desconforto nos membros superiores foi de 57%.

A presença de sintomas variou conforme as equipes, apesar de a intensidade de desconforto média ter sido similar. Conforme observa-se na Tabela 1, houve maior número de trabalhadores sintomáticos na equipe ELV, com o ombro sendo a principal região de desconforto dentre os eletricitistas dessa equipe.

Os sintomas do Questionário McGill relatados pelos eletricitistas na região dos ombros foram: dor, sensação de peso, agulhada, pontada, fígada, formigamento e fadiga. Na região da coluna, os sintomas reportados pelos eletricitistas foram apenas referentes a dor e fígada. Nos joelhos, os indivíduos relataram apenas o sintoma doloroso.

Onze dos 13 funcionários sintomáticos em ombro responderam o Questionário DASH, cinco eletricitistas da equipe ELV e seis da equipe EEM. As questões sobre o impacto do problema no trabalho revelaram que a equipe ELV apresenta de nenhuma a média dificuldade para realizar trabalho habitual, com pontuação média de 28 ± 15 e a equipe EEM, de nenhuma a pouca dificuldade e pontuação média de 8 ± 11 . Apenas um eletricitista da equipe ELV não respondeu a todas as questões do DASH quanto ao trabalho.

A Tabela 2 separa as atividades mais frequentes por equipes e descreve os principais riscos identificados pelos observadores para os DORTs nas regiões dos ombros, coluna e joelho. A separação não é rigorosa já que algumas tarefas são comuns entre as equipes.

Apesar do alto índice de relato de sintomas musculoesqueléticos, no ano de 2006 não houve comunicação de acidente de trabalho. O absenteísmo totalizou 297 dias (18,5 dias/ano por funcionário), com motivos diversos, sendo que as lesões esportivas e cirurgia de joelho foram motivos de afastamento de quatro eletricitistas (total de 59 dias). Dores e cirurgia na coluna motivaram 17 dias de afastamentos para outros eletricitistas. Assim, coluna e joelhos foram responsáveis por 25,5% de ausência no trabalho.

Discussão

As principais regiões acometidas por sintomas musculoesqueléticos encontradas nos eletricitistas de distribuição do presente estudo, apresentadas na Tabela 1, estão de acordo com Graves et al.². No entanto, esses autores encontraram maior prevalência de sintomas em coluna lombar (64%). Outra

Tabela 2. Atividades mais frequentemente realizadas por cada equipe (ELV=Eletricistas Linha Viva, EEM=Eletricistas Emergência/Manutenção, EC=Eletricistas Comerciais) e fatores de riscos para DORT nos ombros, coluna e joelho.

Equipe	Atividades	Fatores de riscos específicos da tarefa	Fatores de risco gerais da equipe	Fatores de riscos gerais para três equipes
ELV	Troca de cruzeta	Força	Extensão cervical mantida, postura estática de ombros, elevação dos braços acima dos ombros, postura em pé por períodos prolongados com pouca mobilidade dos membros inferiores.	Vibração do corpo todo durante viagens, postura sentada por períodos prolongados, frequente uso de ferramentas, força de prensão, manuseio de peso em postura inadequada, estresse.
	Troca de isolador	Força		
	Poda de árvores (motosserra)	Vibração mão/braço, força		
EEM	Reparações transformador	Força	Extensão cervical mantida, postura estática de ombros, elevação dos braços acima dos ombros, frequente manuseio de escadas, hiperlordose pelo uso de cinto pélvico de segurança, subir e descer escadas com frequência.	
	Serviços emergenciais diversos	Variáveis		
	Reconexão de fios			
	Manutenção iluminação pública	Alcance extremo, postura não-neutras dos membros superiores e coluna		
	Poda de árvores (serra/ facão)	Impacto, força, repetição		
	Orientação ao cliente	Sem riscos		
EC	Inspeção de medidor	Posturas não-neutras da coluna	Elevação dos braços acima dos ombros ocasional, manuseio ocasional de escadas.	
	Troca/retirada de medidor	Força		
	Ligação/desligamento fornecimento energia	Estresse		
	Orientação ao cliente	Sem riscos		

diferença entre Graves et al.² e o presente estudo é a identificação de diferentes tarefas entre os eletricitistas.

A separação em equipes permitiu a identificação de diferentes fatores de risco conforme a atividade realizada, isso porque, como não houve diferença entre as equipes quanto a dados antropométricos; período de exercício da função; tempo gasto em atividades tais como: período em viagem, caminhando, em preparação do local e em observação, a proporção de trabalhadores sintomáticos encontrada para cada equipe pode ser atribuída a fatores ocupacionais específicos a cada equipe como: tipo das tarefas realizadas e uso de escada/cesta aérea.

A diferença entre as equipes era esperada, pois as funções diferem quanto à exposição a fatores de riscos, apesar de algumas tarefas serem comuns. No entanto, o alto índice de relatos de desconforto nos ombros na equipe ELV não era esperado, pois a versatilidade do braço mecânico da cesta aérea permite maior proximidade ao posto de trabalho e melhor posicionamento do trabalhador. Além disso, esses eletricitistas não trabalham com escadas e, portanto, não necessitam manusear o dispositivo, que é um fator de risco para disfunções na região do ombro e coluna. O manuseio da escada oferece riscos tanto durante a retirada da escada do veículo, por esta ficar presa em suportes rígidos a uma altura de 1,7m, quanto durante o seu deslocamento, devido à carga e forma de manuseio¹⁶.

A observação da equipe ELV feita pelos pesquisadores revelou um posicionamento inadequado da cesta aérea, com o eletricitista realizando a atividade mais distante do corpo e com os membros superiores acima da linha dos ombros, como pode

ser visto na Figura 1A. Essa poderia ser uma das justificativas para a alta incidência de relatos de desconfortos em ombros, já que, segundo estudo de revisão sobre as causas de lesões no sistema músculo-esquelético, o trabalho realizado acima da linha dos ombros está associado à presença de sintomas musculoesqueléticos nessa região²⁰.

Além dos aspectos biomecânicos, outra possível explicação para a alta ocorrência de sintomas nos ombros é o estresse ocupacional²¹. Essa equipe está mais sujeita a riscos de choques, apresentando maior demanda de atenção e, consequentemente, maior tensão psicogênica, que também é um fator de risco potencial para o desenvolvimento de DORT nessa região e também no pescoço²².

Apesar de não ter sido verificada associação entre os sintomas na região da coluna e as equipes, alguns fatores de risco podem ser apontados para a equipe EEM, já que essa apresentou maior ocorrência de sintomas nessa região. O manuseio frequente da escada é um desses fatores, visto que o peso da escada (26Kg) já é superior ao limite de peso recomendado pela literatura para evitar lesões musculoesqueléticas na coluna, que é de 23Kg em condições ideais²³. A equipe EEM está exposta ainda a outro fator de risco para sintomas na coluna, que é o uso do cinto de segurança (Tabela 2). Esse cinto prende o eletricitista ao poste ou escada, acentuando a lordose lombar quando é utilizado como ponto de descarga de peso (Figura 1B). O aumento da lordose resulta em maior tensão nas articulações apofisárias e favorece protrusão discal posterior, podendo resultar em dor lombar e degenerações articulares e

espondilólise²⁴. Ao contrário do que poderia ser esperado, essa equipe não apresentou relatos de desconforto na região de pés e tornozelos decorrentes do uso frequente de escadas, mas, sim, nos joelhos.

As três equipes relataram sintomas musculoesqueléticos nos joelhos. Embora o presente estudo não tenha localizado a região dolorosa no joelho, alguns fatores podem ser apontados como associados a esse sintoma, dentre eles: a postura em pé por período prolongado de tempo com pouca liberdade de movimentação das pernas¹⁸, decorrente da dimensão limitada da cesta aérea ou por motivo de segurança nas escadas. Os trabalhadores da equipe EEM ainda sobem e descem escadas com alta frequência, o que pode levar à compressão da patela contra a tróclea do fêmur pelo alto nível de contração do quadríceps e, conseqüente referência de dor anterior no joelho²⁵.

Por meio do questionário DASH, em suas questões sobre o trabalho, foram identificadas maiores limitações na equipe ELV, que apresentou pontuação média (28,1±14,8) superior à pontuação de trabalhadores que realizam trabalhos essencialmente manuais (16,7±23,2) encontrados por Jester, Hart e Germann⁹. Já a pontuação da equipe EEM (8,3±10,9) é mais próxima de trabalhadores que não realizam trabalhos manuais, 7,8±14,5⁹. Nesse sentido, eletricitistas da equipe ELV apresentaram limitações funcionais em membros superiores, sobretudo nos ombros, comparativamente aos demais.

Apesar de a região dos ombros ter sido a mais acometida, não houve registro de absenteísmo ou afastamentos por esse motivo. Já coluna e joelhos foram responsáveis por 25,5% das ausências do trabalho. Alguns dos problemas de joelho foram decorrentes de lesões desportivas, apesar disso, não é possível descartar o componente cumulativo na ocorrência dessas lesões. A preponderância da região de joelhos e coluna nos índices de absenteísmo já foi relatada por Kelsh e Sahl²⁶ em estudos de taxa de lesão em todos os tipos de trabalhadores do setor eletricitário, incluindo setor administrativo.

A inexistência de afastamentos por problemas nos ombros sugere que, possivelmente, os sintomas nessa região não tinham ainda atingido evolução mais crítica no momento da avaliação. Apesar de tratarem de eletricitistas com atividades diferentes, os presentes resultados estão em acordo com os achados de Graves et al.², que verificaram maior impacto dos desconfortos na coluna e joelho em eletricitistas, tanto pela maior frequência com que esses ocorreram, como pelo fato de terem se mostrado mais limitantes que os desconfortos em ombros. Apesar disso, os sintomas em ombros também devem ser considerados, pois podem ser preditores de ocorrência de DORT no futuro²⁷, sobretudo se se considerarem as atividades realizadas pelos eletricitistas do presente estudo.

Com base nos riscos identificados, medidas de intervenção devem ser propostas visando reduzir a sobrecarga

musculoesquelética. A conscientização dos trabalhadores quanto aos riscos para as lesões musculoesqueléticas, principalmente com relação à postura deve ser considerada. Aperfeiçoamento de ferramentas e do cinto de segurança, alterações no manuseio da escada, como: o peso da escada e a altura em que está presa no carro também devem ser propostas. Ainda, intervenções na organização do trabalho como rodízio das tarefas, redução de horas extras e contratação de mais eletricitistas em épocas de aumento de demanda de trabalho também devem ser analisadas. Apesar das possíveis alterações ergonômicas apontadas, mais estudos devem ser realizados para que o processo de intervenção possa ser mais eficaz. Além de outros fatores biomecânicos, não totalmente explorados no presente estudo, a complexidade dos DORTs envolve outros fatores, tais como os psicossociais, que não foram avaliados no presente estudo.

O tamanho restrito da amostra é uma limitação do presente estudo. No entanto, os resultados apresentados mostram tendências na caracterização dos fatores de riscos em eletricitistas de distribuição de energia elétrica. Um outro aspecto a mencionar é que os fatores de riscos a que esses profissionais estão expostos são variados e incluem aspectos organizacionais e individuais, dentre outros, os quais não foram explorados no presente estudo por extrapolarem os objetivos. Assim, estudos futuros devem ser realizados envolvendo amostra mais ampla para avaliações de natureza epidemiológica dessa população, assim como avaliações biomecânicas da exposição ocupacional desses trabalhadores.

Conclusões : : : .

Os resultados apresentados revelaram alto número de ocorrências de sintomas musculoesqueléticos em eletricitistas de distribuição de energia elétrica de uma região do Estado de São Paulo. A proporção de trabalhadores sintomáticos variou conforme a atividade dos eletricitistas em relação aos sintomas em ombros, confirmando a hipótese inicial do estudo. Medidas de intervenção ergonômica específica para cada equipe são necessárias para controlar os riscos presentes e, assim, diminuir a ocorrência dos sintomas e evitar agravamento das disfunções já apresentadas pelos sintomáticos. Controle dos riscos ergonômicos da equipe ELV deve focar principalmente a região dos ombros e joelhos, enquanto, que para a equipe EEM, deve-se dar mais atenção a ombros e coluna, e na equipe EC à coluna e joelhos. Para intervenção ergonômica eficaz no controle de riscos, mais estudos são necessários para avaliação da exposição ergonômica envolvida na atividade dos eletricitistas de distribuição, preferencialmente com medidas diretas dos riscos envolvidos.

Referências bibliográficas

1. Seeley PA, Marklin RW. Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Appl Ergon*. 2003;34(5):429-39.
2. Graves RJ, de Cristofano A, Wright E, Watt M, White R. Potential musculoskeletal risk factors in electricity distribution linesman tasks. In: Robertson SA, editor. *Contemporary Ergonomics 1996*. Leicester: CRC Press; 1996. p. 215-20.
3. Päivinen M. Electricians' perceptions of work-related risks in cold climate when working in high places. *Int J Ind Ergon*. 2006;36(7):661-70.
4. Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho de 2005 [Internet]. Ministério da Previdência Social. 2005 - [Acessado em 29/02/2008]. Disponível em: http://www.previdenciasocial.gov.br/arquivos/office/3_081013-161950-633.pdf
5. Scopinho RA. Privatização, reestruturação e mudanças nas condições de trabalho: o caso do setor de energia elétrica. *Cad Psicol Soc Trab*. 2002;5:19-36.
6. Martinez MC, Latorre MRDO. Saúde e capacidade para o trabalho de eletricitários do Estado de São Paulo. *Ciênc Saúde Coletiva*. 2008;13(3):1061-73.
7. Nelson A, Matz M, Chen F, Siddharthan K, Lloyd J, Fragala G. Development and evaluation of multifaceted ergonomics program to prevent injuries associated with patient handling tasks. *Int J Nurs Stud*. 2006;43(6):717-33.
8. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol*. 2004;14(1):13-23.
9. Jester A, Harth A, Germann G. Measuring levels of Upper-extremity disability in employed adults using the DASH Questionnaire. *J Hand Surg [Am]*. 2005;30(5):1074.e1-1074.e10.
10. Cameron JA. Assessing work-related body-part discomfort: current strategies and a behaviorally oriented assessment tool. *Int J Ind Ergon*. 1996;18(5-6):389-98.
11. Corlett EN, Bishop RP. A technique for assessing postural discomfort. *Ergonomics*. 1976;19(2):175-82.
12. Varoli FK, Pedrazzi V. Adapted version of the McGill pain questionnaire to Brazilian Portuguese. *Braz Dent J*. 2006;17(4):328-35.
13. Farrar JT, Young JPr, LaMoreaux L, Werth L, Poole RM. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Pain*. 2001;94(2):149-58.
14. Orfale AG, Araújo PMP, Ferraz MB, Natour J. Translation into Brazilian Portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Questionnaire. *Braz J Med Biol Res*. 2005;38(2):293-02.
15. Wells R. Análise das tarefas. In: Roney D, editor. *Distúrbios osteomusculares crônicos relacionados ao trabalho*. São Paulo: Rocca; 2001. p. 41-67.
16. Imbeau D, Montpetit Y, Desjardins L, Riel P, Allan JD. Handling of fiberglass extension ladders in the work of telephone technicians. *Int J Ind Ergon*. 1998;22(3):177-94.
17. Bovenzi M, Zadini A, Franzinelli A, Borgogni F. Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*. 1991;34(5):547-62.
18. Magnusson ML, Pope MH. A review of the biomechanics and epidemiology of working postures. (It isn't always vibration which is to blame!). *J Sound Vib*. 1998;215(4):965-76.
19. Bonney RA, Corlett EN. Vibration and spinal lengthening in simulated vehicle driving. *Appl Ergon*. 2003;34(2):195-200.
20. Vieira ER, Kumar S. Esforço físico ocupacional e saúde músculo-esquelética. In: *Congresso de Ergonomia, 12, Fortaleza*. Anais Fortaleza: ABERGO, 2004. CD-ROM.
21. van den Heuvel SG, van der Beek AJ, Blatter BM, Hoogendoorn WE, Bogers PM. Psychosocial work characteristics in relation to neck and upper limb symptoms. *Pain*. 2005;114(1-2):47-53.
22. Waersted M, Bjørkulund RA, Westgaard RH. The effect of motivation on shoulder-muscle tension in attention-demanding tasks. *Ergonomics*. 1994;37(2):363-76.
23. Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. 1993;36(7):749-76.
24. Cox JM. Biomecânica da coluna lombar. In: Cox JM, editor. *Dor lombar: Mecanismo, diagnóstico e tratamento*. São Paulo: Manole; 2002. p.17-129.
25. Brechter JH, Powers CM. Patellofemoral joint stress during stair ascent and descent in persons with and without patellofemoral pain. *Gait Posture*. 2002;16(2):115-23.
26. Kelsh MA, Sahl JD. Sex differences in work-related injury rates among electric utility workers. *Am J Epidemiol*. 1996;143(10):1050-58.
27. Barbe MF, Barr AE. Inflammation and the pathophysiology of the work-related musculoskeletal disorders. *Brain Behav Immun*. 2006;20(5):423-9.

ANEXO II

Material Desenvolvido

Título: Manual de Operação: Inclínometria

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi, Letícia Carnaz, Jerônimo Farias de Alencar, Helenice Jane Cote Gil Coury

Colaboradores: Gert-Åke Hansson e Lothy Granqvist

Local: Laboratório de Fisioterapia Preventiva e Ergonomia, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos

Inclinômetro

Manual de operação

São Carlos

2010

1 Procedimentos de coleta de dados

Para correta utilização dos inclinômetros para registro de postura e movimentos da cabeça, cervical e membros superiores uma seqüência de procedimentos deve ser seguida na coleta de dados. Além disto, a utilização destes procedimentos permite a análise dos dados pelo programa desenvolvido pela equipe do Dr Gert-Åke Hansson da Universidade de Lund. Para facilitar a realização destes procedimentos, um protocolo de medidas do inclinômetro (Disponível ao final deste item: Procedimentos de coleta de dados) também foi disponibilizado pelo Prof. Gert-Ake Hansson para que a seqüência possa ser seguida e os tempos necessários registrados. Este protocolo deve estar disponível em todas as coletas.

Materiais e Equipamentos (Figura 1):

- Protocolo de medidas do inclinômetro (apresentado ao final do item 1 Procedimentos de coleta de dados);
- Relógio digital;
- Data logger;
- Suporte do data logger;
- 4 sensores inclinométricos;
- 2 baterias alcalinas de 9 volts
- 1 cartão de memória de 512 Mbyte (vazio);
- 2 placas de plástico;
- fitas adesivas: dupla-face, adesivo cirúrgico de 10cm de largura, fita cirúrgica microporosa (5cm de largura), esparadrapo (1,2cm de largura).
- atadura elástica para fixação do inclinômetro na cabeça;
- 2 faixas elásticas para fixação dos inclinômetros nos braços;
- tintura de benjoin;

- éter sulfúrico removex;
- halter de 2kg;
- tesoura;
- materiais de consumo: álcool, algodão, canetas hidrocor não tóxica e hidrográfica.

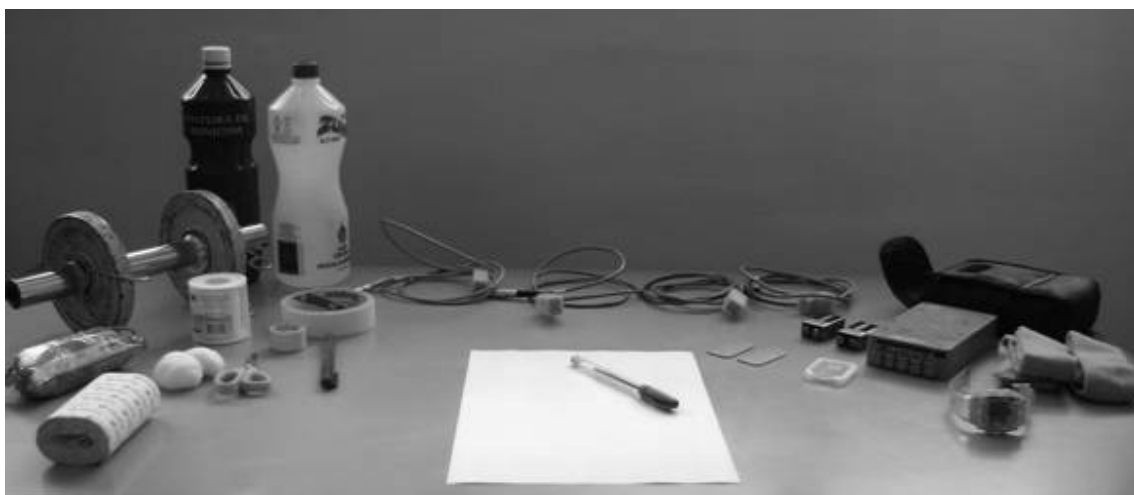


Figura 1. Materiais e equipamentos para coleta de dados.

a) Preparação do equipamento

- Certificar que não há cartão de memória inserido no data logger e que a chave “Start/Stop” está no “Stop”.
- Colocar as 2 baterias de 9 volts, com a orientação do pólo positivo e negativo de acordo com a figura disponível no data logger. Após colocar as baterias e fechar o circuito com a tampa metálica, deverá acender uma luz verde, indicando o status de “stand by” do data logger.
- Inserir o cartão de memória no data logger (preferencialmente vazio), com a etiqueta voltada para cima.
- Anotar no protocolo a data, o número de identificação: do arquivo com 5 dígitos (INCXXXXX), do data logger e do cartão de memória utilizados.

- Calibração:

- Decidir qual inclinômetro será utilizado em cada região do corpo.
Observação: Para isto, os transdutores devem estar identificados, de preferência próximo a conexão com o data logger, pois facilita verificar a correta disposição dos sensores nos canais. Uma convenção é utilizar o inclinômetro com menor serial na cabeça, o segundo menor serial no tronco superior, o segundo maior serial no braço direito e o maior serial no braço esquerdo. Anotar no protocolo.
- Com os inclinômetros sobre uma mesa, conectar os inclinômetros no data logger. Os inclinômetros da cabeça, tronco superior, braços direito e esquerdo, serão conectados aos canais 1, 2, 3 e 4 do data logger, respectivamente (Figura 2). Atenção: O canal central não é destinado a input de dados pelos sensores.



Figura 2. Inclinômetros acoplados ao data logger.

- Ligar o data logger e anotar o tempo em que a chave foi posta na posição “Start” de acordo com o tempo de referência (hora local). A luz verde permanecerá piscando, o que indica que o data logger está registrando dados. O tempo utilizado deve corresponder ao horário da coleta, por ser

mais informativo que utilizar o zero do cronômetro como referência temporal, além disto, facilita o processo de análise, como será discutido posteriormente.

- Calibrar os 4 inclinômetros. Começar pelo transdutor conectado no canal 1 (TR 1) da cabeça, em seguida o do tronco superior (TR 2), em seguida o do braço direito (TR 3) e por fim o do braço esquerdo (TR 4). Pressionar o marcador de evento (botão branco localizado na parte superior do data logger) antes de calibrar cada inclinômetro, acenderá uma luz amarela quando pressionado. Serão calibradas todas as faces do inclinômetro na seguinte ordem: X para cima, X para baixo, Y para cima, Y para baixo e Z para cima (calibrada sobre a mesa) e a face Z para baixo (posicionada usando a superfície inferior da mesa). Todas as posições deverão ser mantidas por 5 segundos.
- Colocar fita dupla-face nos inclinômetros, na face oposta à face X.

OBS. Todo este procedimento deve ser feito preferencialmente antes do indivíduo chegar.

b) Aplicação dos sensores inclinométricos no indivíduo

- Desconectar os inclinômetros do data logger após a calibração para fixar no indivíduo, sem interromper o registro;
- A fixação deve seguir a ordem e procedimentos:
 - Tronco superior (Inclinômetro # 2): Palpar C7, marcá-la com caneta hidrocor. Limpar toda a região ao redor de C7 com em algodão embebido em álcool, em seguida aplicar tintura de benjoim ao redor de C7 de forma que toda a região onde será aplicada fita adesiva esteja com a tintura

aplicada. Fixar o inclinômetro a direita de C7/T1 com o cabo voltado para a direita do avaliador. Aplicar 2 pedaços de fita adesiva microporosa sobre o sensor formando uma cruz. A parte do adesivo a ser colocado sobre o fio deve ser cortado ao meio para que o adesivo possa ser colado rente as paredes do inclinômetro. Toda fita colada deve estar bem justa ao inclinômetro para evitar que este se movimente sob a fita. Por último, uma faixa de esparadrapo (1,2 centímetros de espessura) deve ser passada ao redor do sensor coberto pela fita microporosa, com exceção da região do fio, para garantir o ajuste do sensor sob as fitas justapostas (Figura 3). Para a fixação da fita microporosa, o indivíduo deve estar com a cervical fletida para evitar restrições de movimento pela fita.



Figura 3. Procedimentos para fixação do inclinômetro no tronco superior.

- Braço direito (Inclinômetro # 3): palpar deltóide durante abdução do ombro e achar sua inserção distal. Fixar a placa plástica abaixo da inserção distal do deltóide. Em seguida, fixar o transdutor sobre a placa plástica e colar adesivo cirúrgico de 10 cm sobre o transdutor. Cabo do inclinômetro deve ficar voltado para cima. Para melhorar a fixação do sensor no braço, uma faixa elástica deve ser utilizada circundando o membro superior e fixando

o sensor (Figura 4). O fio do sensor não deve ser pressionado pela faixa, para evitar possíveis danos.

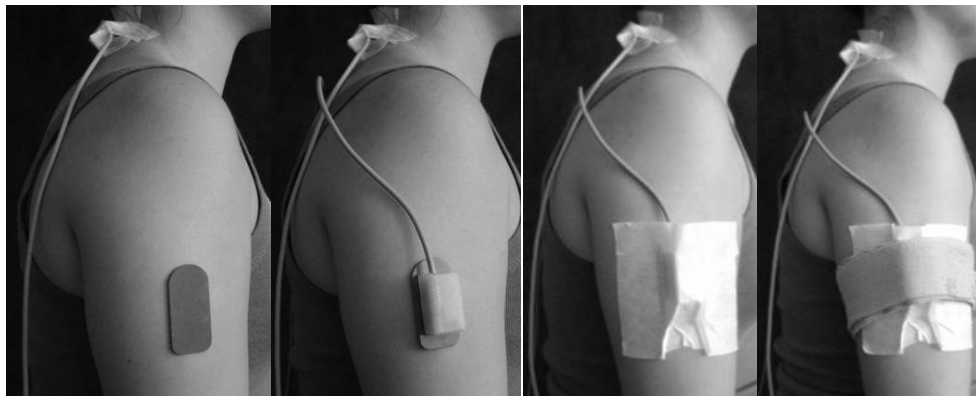


Figura 4. Procedimentos para fixação do inclinômetro no membro superior.

- Braço esquerdo (Inclinômetro # 4): mesmo procedimento do braço direito.
- Cabeça (Inclinômetro # 1): limpar a fronte com algodão e álcool. Fixar o inclinômetro no centro da testa, com eixo maior do inclinômetro paralelo ao solo. O cabo do inclinômetro deve ficar voltado para a direita do avaliador. Colocar uma atadura elástica sobre o inclinômetro, de forma que o fio do sensor fique sob a atadura, evitando possíveis deslocamentos do sensor devido ao peso do fio (Figura 5).

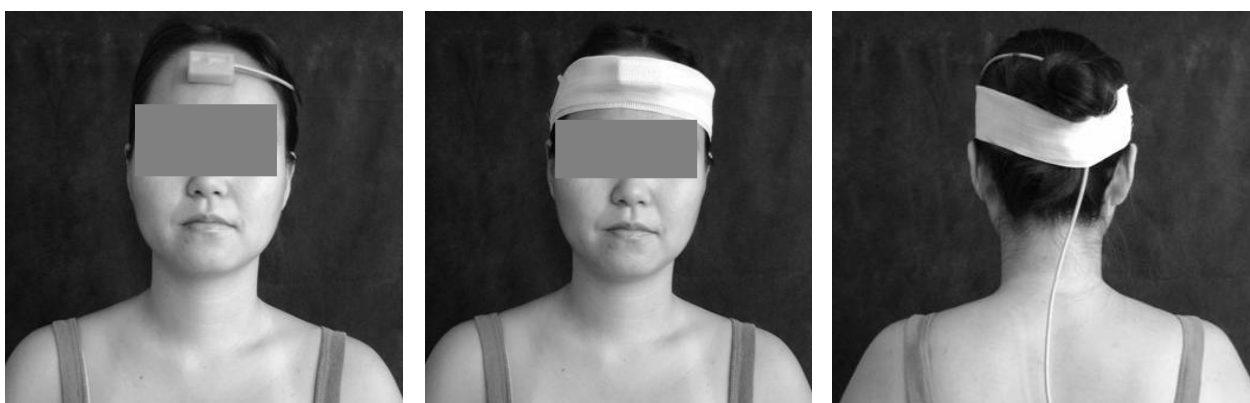


Figura 5. Procedimentos para fixação do inclinômetro na cabeça.

- Verificar se há alguma restrição de movimento.

- Observação: devido ao peso que o cabo exerce na fixação dos sensores do tronco superior e dos membros superiores, utilizar fita adesiva comum ou microporosa para fixar os cabos para evitar que os sensores sejam deslocados. Atenção para não limitar movimentos do sujeito.
- Re-conectar cabos do inclinômetro no data logger:
Inclinômetro # 1 (cabeça) ao Canal 1;
Inclinômetro # 2 (tronco superior) ao Canal 2;
Inclinômetro # 3 (braço direito) ao Canal 3;
Inclinômetro # 4 (braço esquerdo) ao Canal 4.
- Anotar no protocolo o serial dos inclinômetros em cada Canal, para certificar que os sensores não foram conectados em canais trocados.
- Colocar data logger no suporte e prendê-los ao sujeito.
- Unir os cabos com fita adesiva comum para que os fios não ofereçam riscos de enroscar em objetos. Questionar o sujeito se as fitas estão atrapalhando ou impedindo a realização os movimentos.

c) Registro posição de referência:

- Cada posição de referência deve ser mantida por 5 segundos, o marcador de evento deve ser pressionado para identificar cada posição de referência e o tempo de início de cada posição de referência deve ser anotado no protocolo. Assegurar que os indivíduos estejam nas posições de referência desejadas.
 - Referência para cabeça e tronco superior (0° de flexão/extensão e inclinação). Indivíduo deve permanecer ereto com olhar fixo a uma marca no nível dos olhos a 1 ou 2 metros de distância (Figura 6).



Figura 6. Posição de referência para cabeça e tronco superior.

- Referência de direção para movimentos da cabeça e tronco superior (flexão). Indivíduo sentado em uma cadeira deve fazer flexão de tronco e cervical, com olhar caindo entre os pés (Figura 7).



Figura 7. Posição de referência para direção dos movimentos da cabeça e tronco superior.

- Referência para braço direito (0° de elevação). Indivíduo sentado em uma cadeira, com axila sobre o apoio das costas e o braço pendente livremente. Um peso de 2kg deve ser segurado pelo indivíduo para garantir que o braço permaneça perpendicular ao solo (Figura 8).



Figura 8. Posição de referência para membro superior.

- Referência para braço esquerdo (0° de elevação). Mesmo procedimento que braço direito.
- Referência para a direção dos movimentos dos braços direito e esquerdo (90° de elevação dos braços direito e esquerdo). Indivíduo em pé, olhando na marca ao nível dos olhos, realiza 90° de elevação dos ombros no plano da escápula (desvio de 10° do plano frontal) (Figura 9).



Figura 9. Posição de referência para direção dos movimentos dos membros superiores.

d) Início do registro durante o trabalho:

- Garantir que o equipamento e os cabos não limitem o indivíduo e não ofereçam risco de acidentes.

- Durante o trabalho, anote o tempo de início e final de cada tarefa.
- Final do registro:

Parar o registro do data logger (posicionar a chave na posição “Stop”) e anotar o tempo. A luz verde deverá acender, indicando o estado de “stand by” do data logger. Remover os cabos do data logger e o cartão de memória. Remover os inclinômetros do indivíduo.

Limpar os inclinômetros e os cabos com álcool. Retirar as baterias.

Modelo Protocolo de medida INCLINÔMETRO

Data: _____

1. Verificar no data logger: ausência de cartão de memória inserido e botão selecionando STOP.
2. Inserir 2 baterias de 9 V, cautela quanto a polaridade. Verificar se acende LED verde no data logger (Stand by).
3. Inserir cartão de memória com o selo voltado para cima.
4. Preencher dados de identificação do sujeito e do equipamento:

Nome: _____

Peso: _____ Altura: _____ Ano de nascimento: _____ Dominância: _____

INC logger: _____ Cartão de memória utilizado: _____

Nome do arquivo: _____

5. Selecionar os inclinômetros que serão utilizados para coleta. Colar fita dupla face nos inclinômetros que serão utilizados. Decidir qual inclinômetro será utilizado na cabeça, tronco superior e membro superior direito e esquerdo. Convenção: menor serial na cabeça, segundo menor no tronco superior, terceiro no membro superior direito e maior serial no membro superior esquerdo. Anotar o serial do inclinômetro a ser utilizado em cada região corporal.

Inclinômetro#: _____ (cabeça)

Inclinômetro#: _____ (tronco superior)

Inclinômetro#: _____ (membro superior D)

Inclinômetro#: _____ (membro superior E)

6. Conectar os inclinômetros no data logger:

- inclinômetro da cabeça deve ser conectado no Canal 1;
- inclinômetro do tronco superior deve ser conectado no Canal 2;
- inclinômetro do membro superior D deve ser conectado no Canal 3;
- inclinômetro do membro superior E deve ser conectado no Canal 4;

PS. O canal central não é utilizado para entrada de dados.

7. Ligar o data logger, mudando a chave para a posição START e anotar o tempo.
START: _____. Verificar se o LED verde está piscando, o que indica registro de dados.
8. Calibração dos inclinômetros:
- começar pelo inclinômetro do Canal 1, em seguida do Canal 2, 3 e por último Canal 4.
 - apertar o marcador de eventos antes de iniciar a calibração de cada inclinômetro. Ao apertar o marcador uma luz amarela deve acender.
 - começar pela face X, seguida pela face oposta a X, após a face Y, face oposta a Y, face Z (inclinômetro em pé sobre a mesa) e por último face Z (inclinômetro de ponta cabeça sob a mesa). Cada face deve ser mantida 5 segundos voltada para cima.
9. Desconectar os inclinômetros do data logger.
10. Fixar inclinômetros no sujeito:
- Inclinômetro do tronco superior;
 - Inclinômetro da cabeça;
 - Inclinômetro do membro superior D;
 - Inclinômetro do membro superior E.
11. Conectar inclinômetros no data logger:
 Inclinômetro#: _____ (cabeça) no Canal 1;
 Inclinômetro#: _____ (tronco superior) no Canal 2;
 Inclinômetro#: _____ (membro superior D) no Canal 3;
 Inclinômetro#: _____ (membro superior E) no Canal 4.
12. Registro das posições de referência e direção do movimento por 10 segundos cada (PS. Apertar marcador de evento antes de cada posição e anotar tempo):
- Referência para cabeça e tronco superior:
 Ereto olhando para frente: _____
 - Direção do movimento para cabeça e tronco superior:
 Sentado com flexão de cervical e tronco: _____
 - Referência para membro superior D:
 Sentado, braço D pendente e perpendicular ao solo: _____

- Referência para membro superior E:

Sentado, braço E pendente e perpendicular ao solo: _____

- Direção do movimento para membro superior D e E:

Em pé, braços abduzidos a 90°, palma da mão para frente: _____

13. Registro das tarefas:

- Tarefa: _____

Hora início tarefa: _____ Término tarefa: _____

- Tarefa: _____

Hora início tarefa: _____ Término tarefa: _____

- Tarefa: _____

Hora início tarefa: _____ Término tarefa: _____

- ### 14. Mudar chave para posição Stop e anotar tempo: **STOP:** _____.

2 Análise dos dados

2.1 Instalação do Software

Instalar os 4 aplicativos do Software Inclínometer no diretório (disco local C:) do computador:

- Concatenate_070213_setup;
- INC_070321_setup;
- INC_Time_Var_080208_setup;
- Swap_080115_setup.

Automaticamente aparecerão 4 ícones do programa no Desktop (INC; Concatenate; Swap; INC Time Var) e será gerada uma pasta “DATA” no diretório (Figura 10).



Figura 10. Ícones instalados no Desktop.

A pasta “DATA” conterá duas pastas: “INC 4” e “measures”. A pasta “INC 4” conterá outras duas pastas: “Results” e “Graphs”, para onde serão enviados os resultados da análise realizada pelo software. Já para a pasta “measures” serão enviados em arquivos de texto os dados de cadastro dos voluntários nos arquivos nomeados “MEA” e os tempos adotados nos diferentes protocolos nos arquivos nomeados “pro”. Os arquivos “MEA” e “pro” são gerados automaticamente pelo programa a partir do preenchimento destes dados durante a análise.

A pasta DATA no diretório conterá todos os dados que o programa terá acesso para análise. Caso dados de diferentes estudos devam ser analisados, deve-se criar outra pasta DATA no diretório e renomear a antiga pasta DATA com nome diferente, para que os dados a serem analisados fiquem disponíveis e organizados corretamente.

2.2 Programa “Concatenate”

Após a coleta de dados, o dado bruto armazenado no cartão de memória deve ser descarregado na pasta “INC 4” contida na pasta “DATA” do diretório. Os arquivos deverão ser nomeados da seguinte maneira: INCxxxxx, onde o xxxxx devem corresponder a 5 dígitos, sendo que os dois últimos dígitos devem obrigatoriamente ser zero. O primeiro número não deve ser 0 ou 9. Este arquivo “bruto” terá a extensão LTB, que deverá ser concatenado para criar os arquivos DAT, LOG e DBG. Para esta ação (concatenar), clicar sobre o ícone “Concatenate” no Desktop que abrirá a tela apresentada na Figura 11.

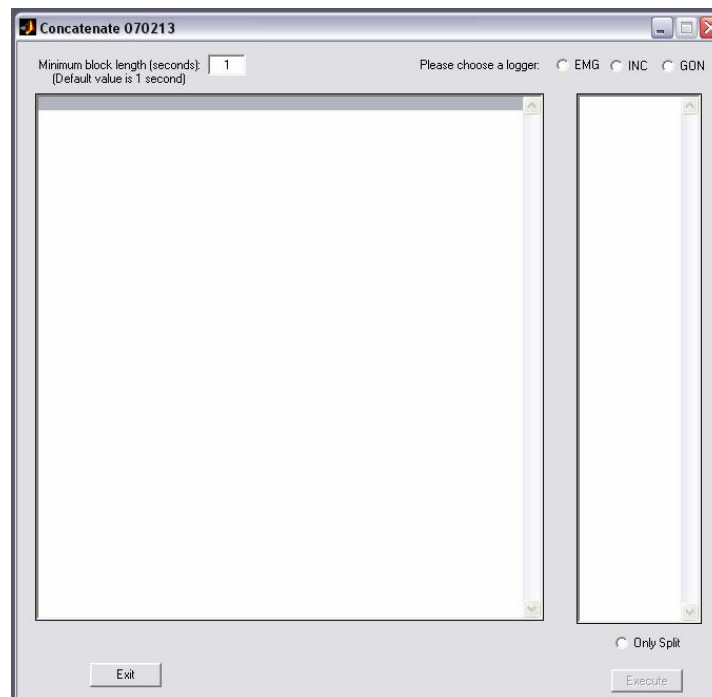


Figura 11. Tela inicial do programa “Concatenate”.

Em seguida, selecionar o logger: “INC”. Ao clicar aparecerá no quadro à direita uma lista de arquivos para serem concatenados. Selecionar o arquivo desejado e clicar em “Execute”. Ao término do procedimento, clicar em “Exit”.

2.3 Programa “INC 070321”

O próximo passo será clicar no ícone “INC” no Desktop. Aparecerá a tela apresentada na Figura 12.

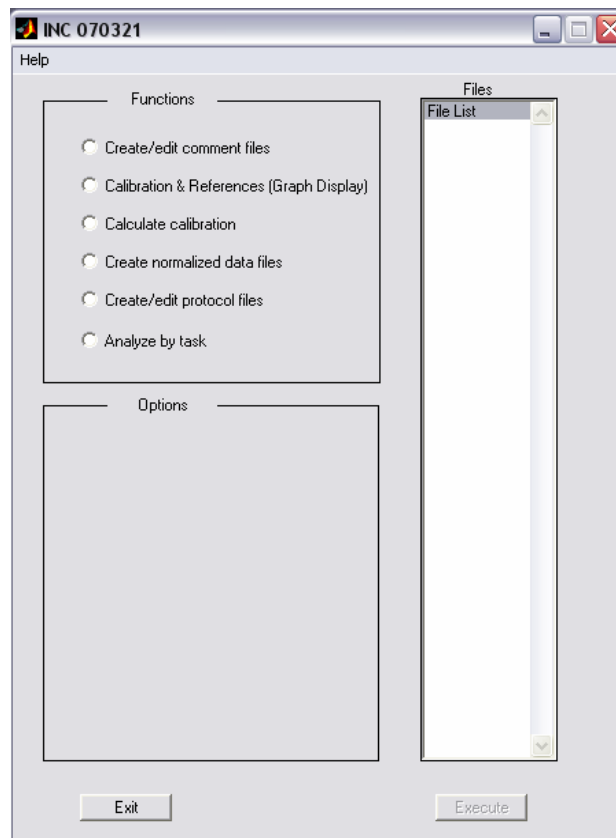


Figura 12. Tela inicial do programa “INC 070321”.

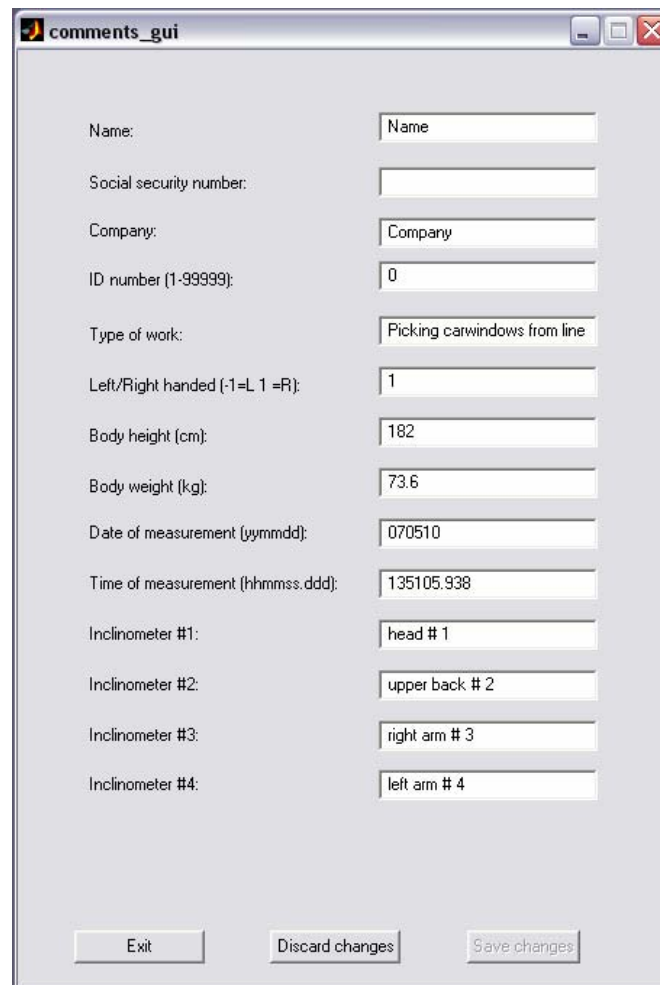
a) Editar

Selecionar o item “Create/edit comment files” que aparece no quadro “Functions” e, em seguida, escolha o arquivo a ser analisado no quadro “Files”, clicando sobre o arquivo e, em seguida, clique em “Execute”.

Surgirá uma nova tela (Figura 13) onde serão inseridos os dados do sujeito avaliado, a data da coleta, o tempo de início do registro do data logger (hora; minuto; segundo e centésimo de segundo) e os dados do inclinômetro. O tempo do início da coleta (hora local, por exemplo: 15 horas, 23 minutos e 120 segundos) corresponde ao momento em que o data logger iniciou o registro, o qual foi anotado no Protocolo (Modelo apresentado ao final

do Item 1). A identificação deste item é importante porque facilitará o procedimento de calibração e referência (item b), pois é necessária a identificação dos períodos em que foram registradas as posições de referência e direção dos movimentos no programa. Com o tempo inicial determinado de acordo com o seu registro, os valores temporais anotados no protocolo podem ser diretamente utilizados para encontrar os registros de referência e direção.

O item “ID” corresponde a um número de identificação do sujeito (escolhido pelo pesquisador), como a data de nascimento, por exemplo. Os inclinômetros deverão ser identificados quanto ao local onde serão fixados (cabeça, tronco superior, braços direito e esquerdo) e quanto ao número de identificação do inclinômetro (# 1,2,3,4), conforme mostrado na Figura 13. O número de identificação pode ser visualizado nos cabos de cada um dos inclinômetros e deve ser indicado no programa após o símbolo (#).



Name:	<input type="text" value="Name"/>
Social security number:	<input type="text"/>
Company:	<input type="text" value="Company"/>
ID number (1-99999):	<input type="text" value="0"/>
Type of work:	<input type="text" value="Picking carwindows from line"/>
Left/Right handed (-1=L 1 =R):	<input type="text" value="1"/>
Body height (cm):	<input type="text" value="182"/>
Body weight (kg):	<input type="text" value="73.6"/>
Date of measurement (yyymmdd):	<input type="text" value="070510"/>
Time of measurement (hhmmss.ddd):	<input type="text" value="135105.938"/>
Inclinometer #1:	<input type="text" value="head # 1"/>
Inclinometer #2:	<input type="text" value="upper back # 2"/>
Inclinometer #3:	<input type="text" value="right arm # 3"/>
Inclinometer #4:	<input type="text" value="left arm # 4"/>

Figura 13. Tela inicial do “Create/edit comment files”.

Após preencher as informações, salvar as alterações clicando em “Save changes” e em seguida clicar em “Exit” para voltar a tela inicial do programa “INC 070321”.

b) Calibração e Referência

Selecionar o item “Calibration & References (Graph Display)” entre as funções disponíveis e o arquivo a ser analisado e clicar em “Executar”. Surgirá a tela apresentada na Figura 14.

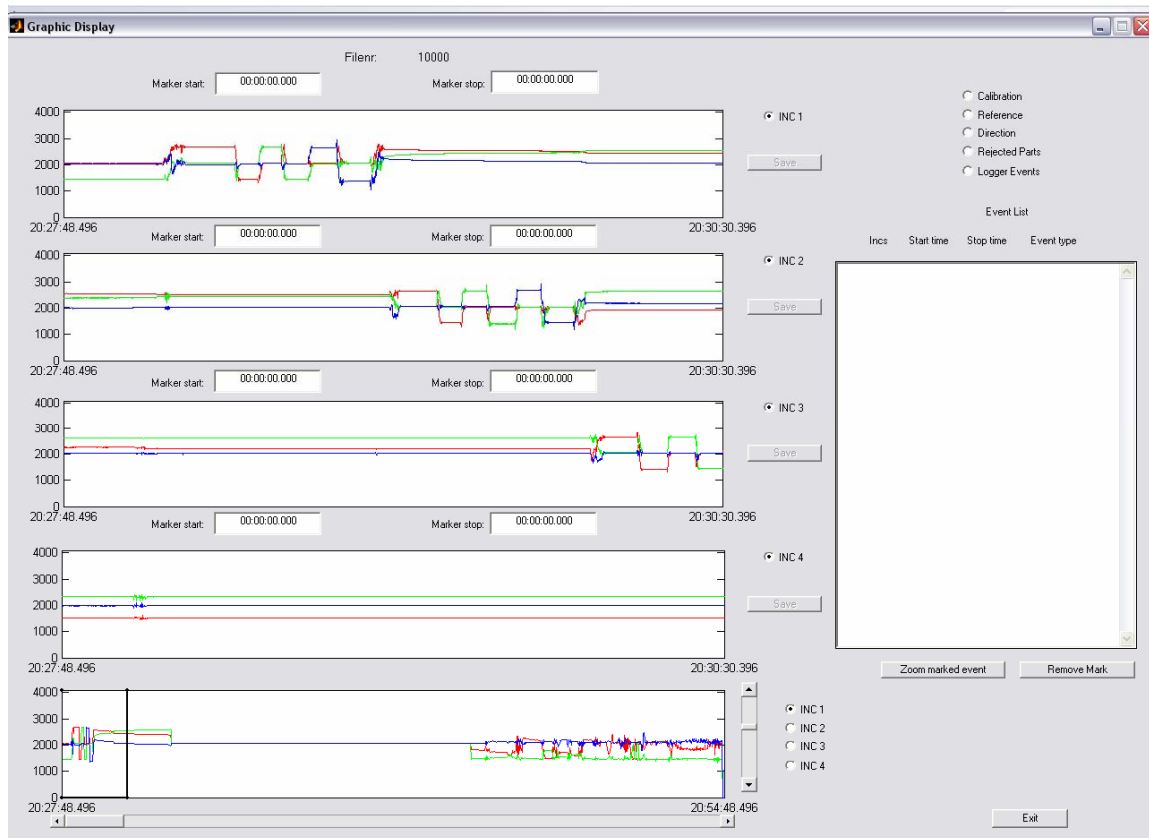


Figura 14. Tela inicial do item “Calibration & References (Graph Display)”.

Calibração

Para verificar se a calibração foi identificada: clicar no item “Calibration”. Deverá aparecer automaticamente o período correspondente à calibração dos sensores no quadro à direita, como mostrado na Figura 15. Conferir se o período determinado automaticamente pelo programa corresponde ao período em que os sensores foram calibrados. Caso o período determinado esteja correto, seguir para a próxima etapa – *Referência*.

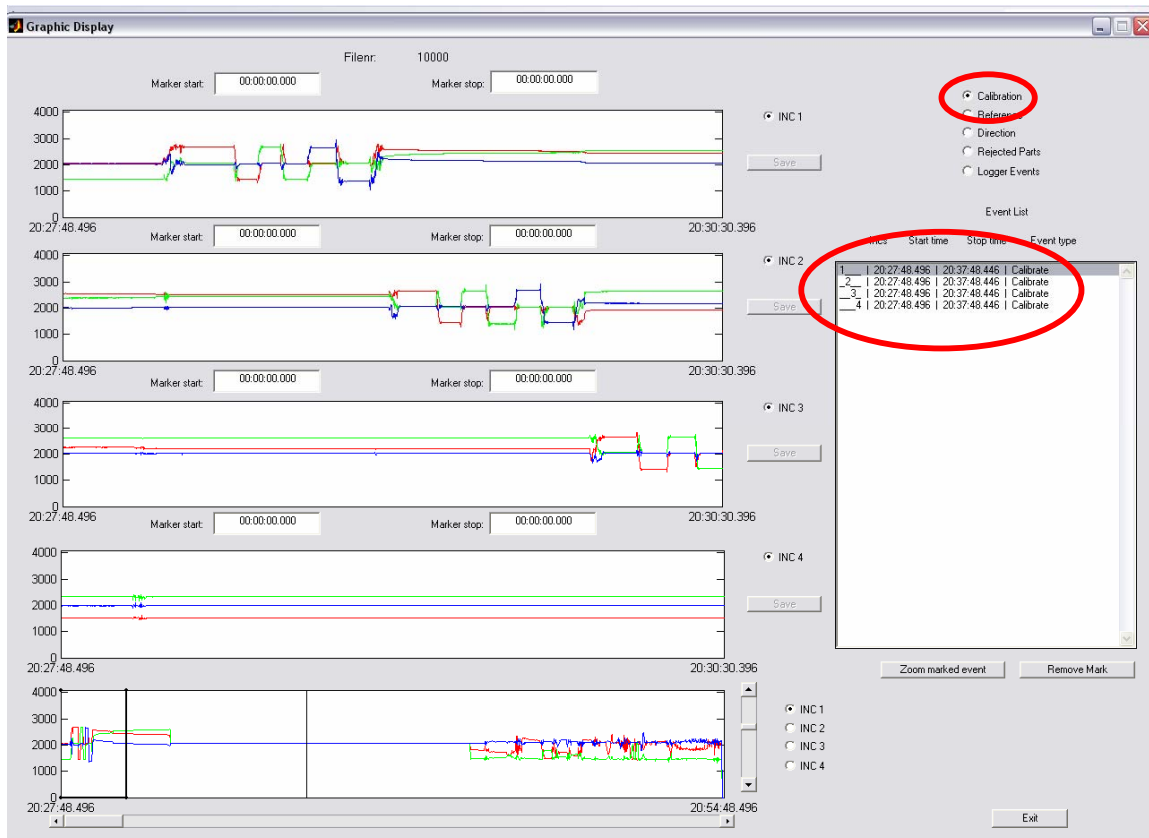


Figura 15. Item “Calibration” selecionado.

Referência

Para marcar as posições de referência, selecionar o item “Reference”, posicionado logo abaixo do item “Calibration”.

De acordo com as informações temporais anotadas durante a coleta de dados, serão selecionados os tempos em que foi realizada cada posição de referência. A primeira posição de referência corresponde à postura do indivíduo em pé olhando para frente, conforme mencionado no Protocolo (Modelo apresentado ao final do Item 1). Esta posição é utilizada pelo programa como referência para os inclinômetros da cabeça (# 1) e do tronco superior (# 2), portanto, os inclinômetros 1 e 2 devem estar selecionados. Ao selecionar o “INC 1” e

“2”, ficará habilitado o botão “Save” destes inclinômetros. A posição de referência dos inclinômetros 3 (#3) e 4 (#4), corresponde a posição do indivíduo sentado, com o braço direito e esquerdo, respectivamente, perpendicular ao solo, segurando um peso de 2Kg.

O período de manutenção da posição de referência de cada inclinômetro pode ser selecionado no quadro de tempo (marker start/stop) acima do registro de cada inclinômetro. Para isto, habilite o INC desejado e digite o tempo correspondente ao início do registro da posição de referência no quadro “Marker Start” de acordo com o período anotado no Protocolo (Modelo apresentado ao final do Item 1), em seguida clique no quadro “Marker Stop”. Ao clicar no quadro “Marker Stop” aparecerão duas linhas tracejadas no(s) quadro(s) de registro(s) selecionado (s), que corresponderão ao tempo digitado nos quadros “Marker Start” e “Marker Stop”. Ao clicar sobre o tempo final no quadro, irá aparecer automaticamente o período final “Marker Stop” (tempo final= tempo inicial acrescido de 10 segundos). Caso o período final automático não seja o desejado, pode-se digitar o tempo final adequado no quadro “Marker Stop”. Pode-se também utilizar os 2 cursores de linhas tracejadas que correm nas telas dos registros para ajustar o período desejado, como pode ser visto na figura abaixo (Figura 16). Para isto, deve-se clicar no quadro onde o registro aparece para que os cursores sejam habilitados. Clicar sobre um deles e movimenta-los pelas setas do teclado (← →) ou então clicando com o mouse no local desejado.

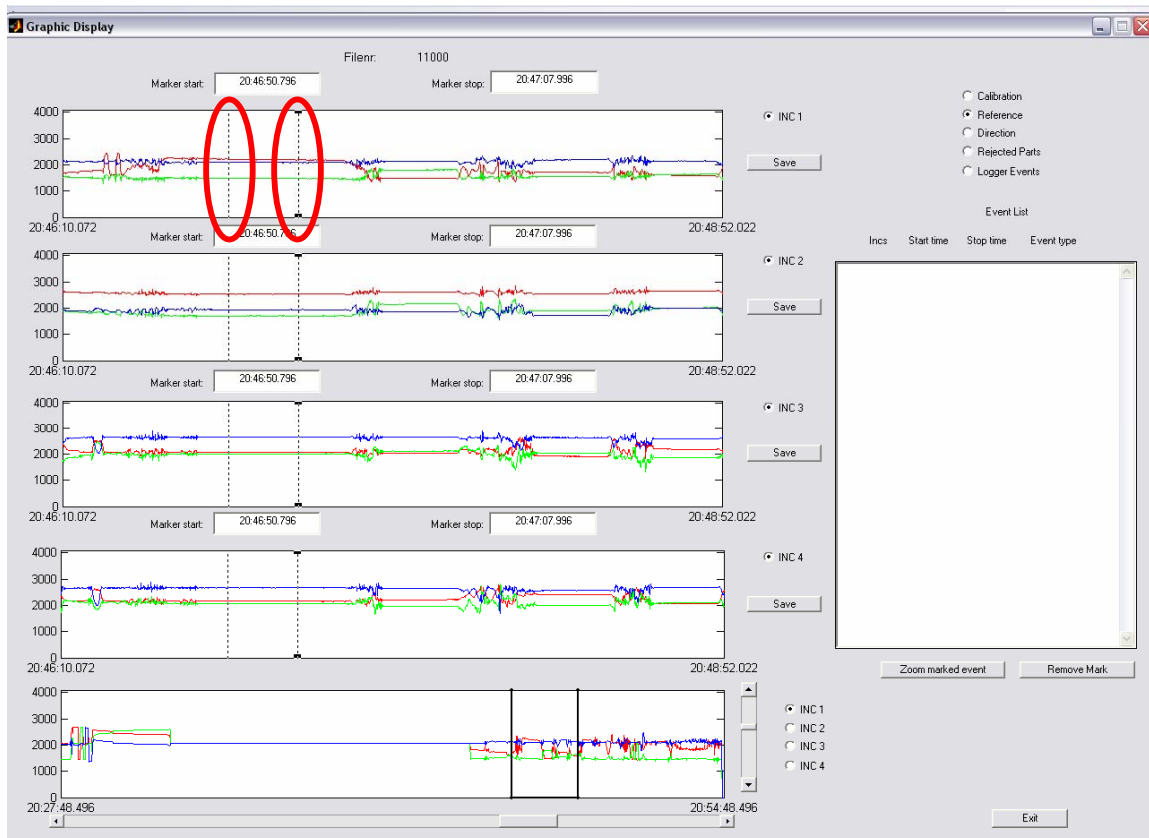


Figura 16. Cursores tracejados habilitados em destaque pelos círculos vermelhos.

Nos casos em que dois inclinômetros estejam selecionados ao mesmo tempo, o período pode ser determinado em apenas um dos inclinômetros, pois automaticamente os 2 inclinômetros terão os tempos iniciais e finais determinados. Com os inclinômetros selecionados e os períodos determinados, prosseguir clicando em “Save”. Deverá aparecer no quadro à direita, o tempo inicial e final da posição de referência dos inclinômetros, como mostrado na Figura 17, para os inclinômetros 1 e 2.

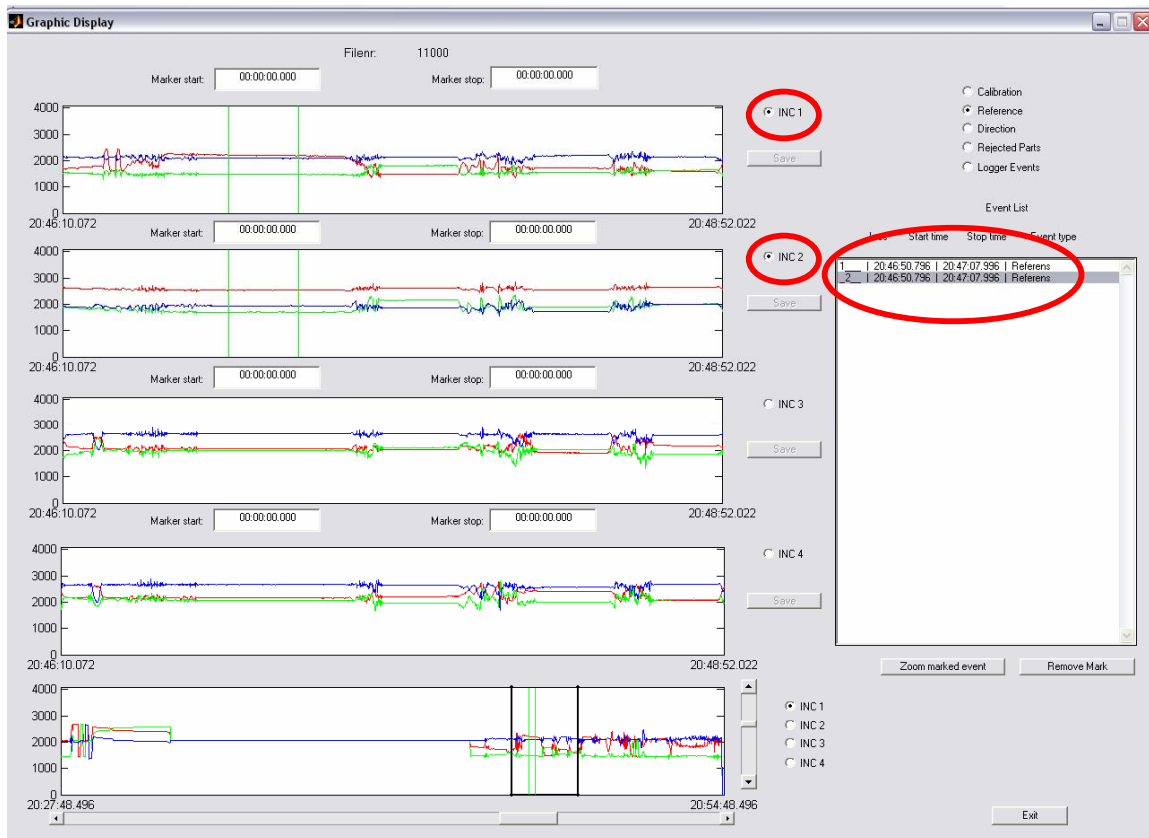


Figura 17. Posições de referência dos inclinômetros 1 e 2 salvas.

Proceder da mesma forma que na posição de referência anterior para identificar o período de referência do inclinômetro 3. Selecionar apenas o inclinômetro 3, identificar o momento inicial e final correspondente a esta postura no registro correspondente ao INC 3 e clicar em “Save”. Deverá aparecer no quadro, junto a referência dos inclinômetros 1 e 2, a referência do inclinômetro 3.

O mesmo deverá ser feito para o inclinômetro 4. Ao final deverá aparecer no quadro à direita, o tempo da posição de referência dos 4 inclinômetros (Figura 18).

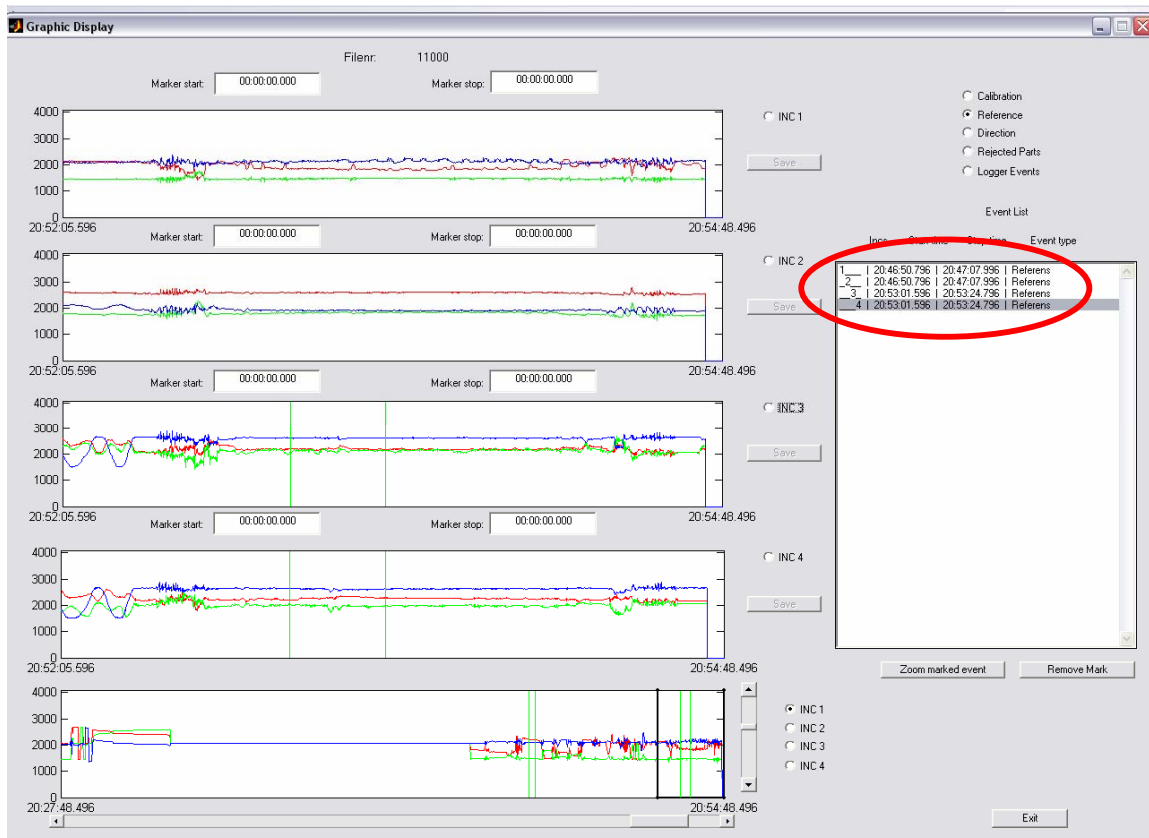


Figura 18. Final da identificação das posições de referência dos 4 inclinômetros.

Direção

Em seguida deverá ser marcada a direção dos 4 inclinômetros. Selecionar o item “Direction”.

A posição do indivíduo com flexão de cervical e tronco fornece a direção da cabeça e tronco superior, ou seja, a direção para os inclinômetros 1 e 2, respectivamente, devendo estes estarem selecionados. Selecionar o período que esta posição de referência aconteceu conforme o Protocolo (Modelo apresentado ao final do Item 1) e em seguida clicar em “Save”. Deverá aparecer no quadro à direita, acima dos dados de referência (“Referens”), o período em que foi marcada a direção dos inclinômetros 1 e 2 com a identificação: “Direction”.

A posição do indivíduo em pé com braços a 90° fornece a direção dos inclinômetros do braço direito e esquerdo, 3 e 4 simultaneamente. Seguir os mesmos procedimentos da direção para estes inclinômetros e clicar em “Save”. Deverá surgir no quadro à direita o período em que foi marcada a direção dos 4 inclinômetros. Como pode ser visto na Figura 19.

Event List			
Incs	Start time	Stop time	Event type
1	20:47:40.096	20:47:45.046	Direction
2	20:47:40.096	20:47:45.046	Direction
3	20:49:20.096	20:49:24.296	Direction
4	20:49:20.096	20:49:24.296	Direction
1	20:47:10.196	20:47:19.096	Referens
2	20:47:10.646	20:47:20.346	Referens
3	20:48:20.096	20:48:23.596	Referens
4	20:48:48.096	20:48:50.846	Referens

Zoom marked event Remove Mark

Figura 19. Quadro à direita da tela “Graphic Display” após identificação da referência e direção dos 4 inclinômetros.

Clicar em “Exit” para voltar para a tela inicial do “INC”.

c) Cálculo da calibração

Clicar em “Calculate Calibration” no quadro de funções do “INC 070321”. Selecionar o arquivo e clicar em “Execute”. O programa fará a calibração automaticamente e os valores de calibração para as coordenadas x, y e z serão apresentados na tela. Esses valores devem ser 26XX para a calibração manual e 14XX para a calibração automática. Como pode ser visto na Figura 20.



Figura 20. Calibração calculada para os 4 inclinômetros. Valores da calibração manual e automática em destaque.

Quando ocorrem problemas durante a calibração, esses valores de x, y e z podem ser diferentes, por exemplo, ao invés de 14XX (valor esperado para calibração manual) o valor apresentado pelo software é 19XX. As coordenadas (x, y e z) que apresentarem problemas podem ser corrigidas manualmente, substituindo o “valor errado” pelo valor apresentado em outro arquivo para o mesmo inclinômetro. Por exemplo, se para um outro arquivo (registro) o valor para a calibração manual da coordenada x do inclinômetro 1 é 1420, podemos substituir o “valor errado” 19XX da coordenada x do inclinômetro 1 por 1420. Quando esta alteração é realizada o quadro da calibração fica em destaque verde.

Caso tenha sido perdido ou esquecido de calibrar uma das faces do inclinômetro, ou toda a calibração, pode-se entrar com valores numéricos manualmente nas células, como feito anteriormente para a correção do valor de calibração.

Há ainda alguns casos em que a calibração automática não reconhece adequadamente os momentos em que ocorreram a calibração das coordenadas. Por isto, em todo registro deve-se verificar se a calibração foi realizada adequadamente. Para tal, assim que o software finalizar a calibração, checar a calibração de cada inclinômetro clicando sobre o gráfico de inclinômetro. Ao clicar, o software aumentará a resolução do gráfico, o que facilitará verificar se a calibração de cada inclinômetro seguiu a seguinte ordem: +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z.

Caso algum inclinômetro tenha apresentado alguma alteração desta ordem ou não encontrado corretamente as coordenadas durante a calibração, deve-se retornar no quadro de funções do “INC 070321” e retornar ao item “Calibration & References (Graph Display)” deste arquivo.

Como o programa não foi capaz de reconhecer a calibração das coordenadas, o tempo das calibrações de cada inclinômetro também será identificado manualmente, como para os itens *Referência e Direção*, para tal, selecionar o item “Calibration” no “Graphic Display”. Cada inclinômetro será selecionado separadamente e encontrado o momento em que ocorreu a calibração das suas coordenadas, o que determinará o tempo inicial e final da calibração. Os marcadores podem ser posicionados manualmente logo no início e final da calibração das coordenadas do inclinômetro selecionado, como pode ser visto na Figura 21.

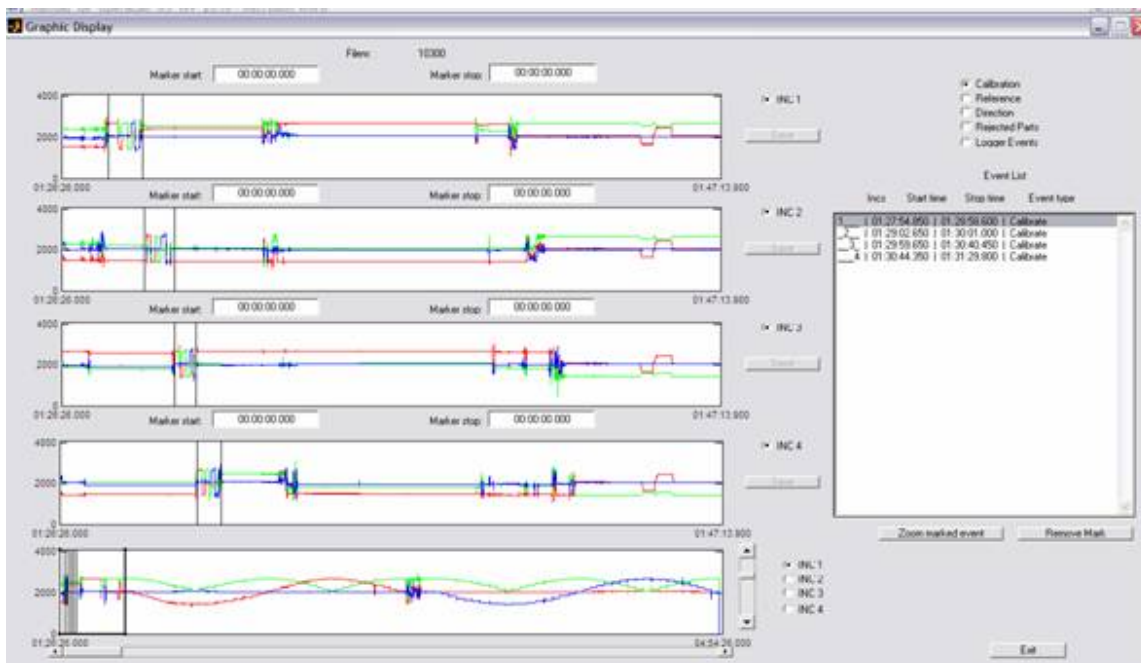


Figura 21. Identificação manual da calibração de cada inclinômetro.

Após indicar os tempos inicial e final corretamente, clicar em “Save”. Proceder da mesma forma para os outros 3 inclinômetros e em seguida, clicar em “Exit”. O próximo passo é retornar em “Calculate Calibration” no quadro de funções do “INC 070321” deste arquivo e gerar novamente a calibração, selecionando o item “Generate New”. Em seguida verificar novamente se o programa encontrou as coordenadas corretamente. Com a calibração ajustada, clicar em “Save” e em “Exit” para sair.

d) Normalizar

Clicar em “Create normalized data files” no quadro de funções do “INC 070321”. Selecionar o arquivo e clicar em “Execute”. O software fará a normalização. Após, clicar em “Exit”.

e) Editar protocolos

Clicar no item “Create/edit protocol files” no quadro de funções do “INC 070321”, indicar o número do protocolo adequado.

Dez diferentes tipos de protocolos podem ser feitos para um mesmo registro (de 0 a 9). Foi padronizado pela equipe de pesquisa do Dr Gert-Åke Hansson:

- Protocolo 9: contém todas as partes do registro (trabalho e pausas) com apenas um código das tarefas 999;
- Protocolo 8: separa o trabalho (código 111) das pausas (código 900);
- Protocolo 0: distingue os tipos de trabalho (códigos 100, 200, 300, ...) e as pausas (código 900);
- Protocolo 1: separa o trabalho em tarefas específicas (códigos 110, 120, 130, ..., 210, 220, 230,).

Após indicar o protocolo, selecione o arquivo a ser analisado e clique em “Execute”.

Surgirá a tela a seguir (Figura 22):

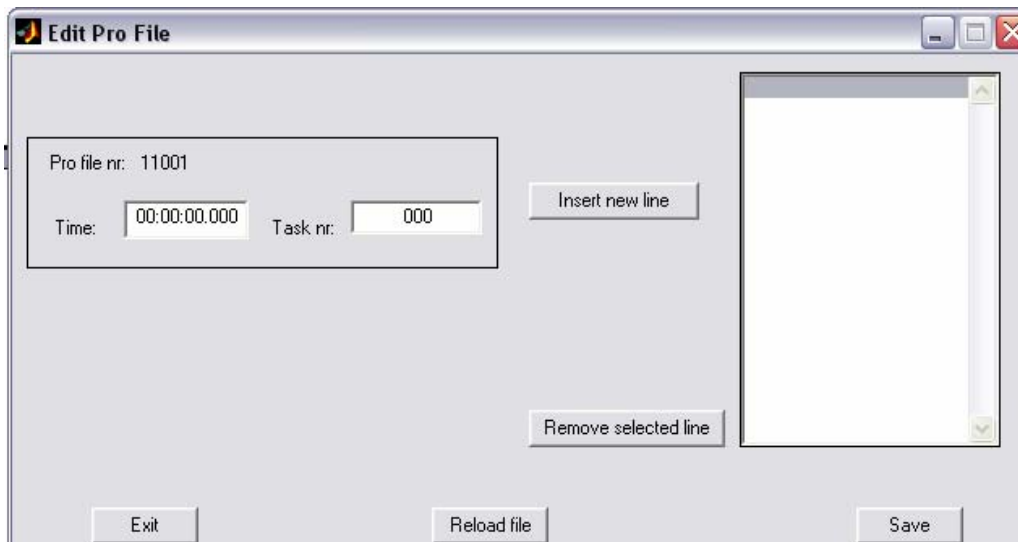


Figura 22. Tela inicial do “Create/edit protocol files”.

Nesta etapa serão identificados os períodos iniciais de cada tarefa e deverá ser dado um número para identificação de cada tarefa de acordo com o protocolo escolhido. Ao preencher o quadro de tempo e número da tarefa, clicar em “Insert lines” para que os dados preenchidos sejam inseridos no quadro à direita e para que novos períodos possam ser adicionados. Caso a mesma tarefa tenha sido realizada mais de uma vez em períodos não contínuos, o tempo inicial de cada período em que a tarefa foi realizada deve ser identificado em linhas separadas, mas com o mesmo número de identificação da tarefa. Como pode ser visto na Figura 23: as tarefas 200 e 100 foram feitas de maneira intercaladas e a tarefa 300 ao final do registro. Os períodos em que as mesmas tarefas foram realizadas foram anotados com o mesmo número de identificação da tarefa.

Além disso, os períodos de intervalo (descanso) que ocorrerem durante o dia de trabalho também devem ser anotados no protocolo e identificados como uma nova tarefa, por exemplo, tarefa 900. Se mais de um intervalo for observado no turno de trabalho, o mesmo número de identificação deve ser usado para os diferentes intervalos.

Após identificar todas as tarefas que serão analisadas, adicionar o tempo em que as tarefas acabaram, de acordo com o registro temporal no protocolo, identificando no quadro “task” com número 000. Este tempo corresponde ao final da atividade do trabalhador e não o momento em que o registro foi interrompido. Salvar as alterações e clicar em “Exit”. Este código 000 também pode ser usado quando algum período do registro deve ser excluído.

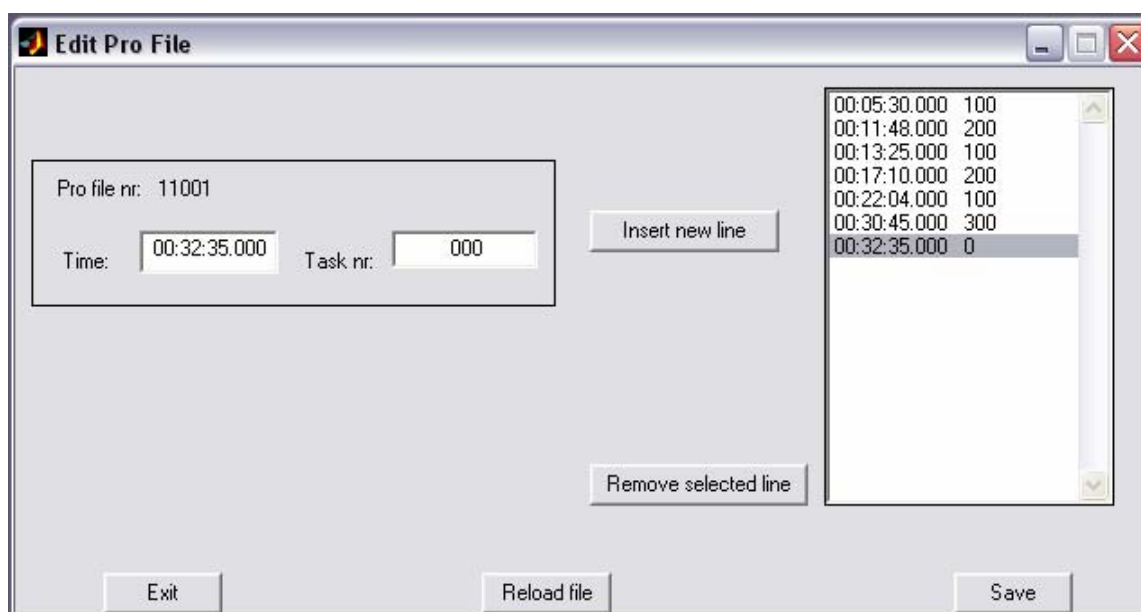


Figura 23. Término da identificação das tarefas e identificação do término das tarefas.

f) Análise das tarefas

O último passo é rodar as análises selecionando o item “Analyse by task” no quadro de funções do “INC 070321”, indicar o número do protocolo adequado e as opções desejadas no quadro “Options”, selecionar o arquivo que será analisado e clicar em “Execute”.

Poderão ser gerados gráficos e arquivos de resultados, que serão salvos nas pastas “Graphs” e “results” respectivamente, caso os itens “Generate graphs”, “Save graphs as

images (JPEG)” e “Generate result files” estejam selecionados no quadro “Options”, como pode ser visto na Figura 24.

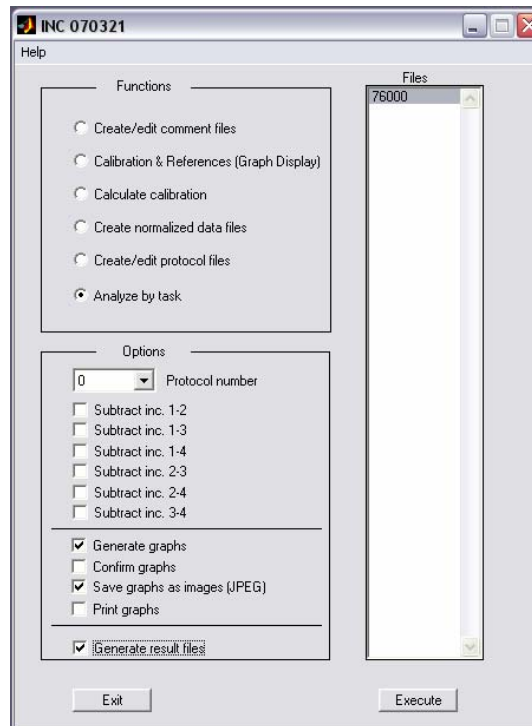


Figura 24. Seleção das opções: “Generate graphs”, “Save graphs as images (JPEG)” e “Generate results files”.

Cada inclinômetro gerará dois arquivos contendo gráficos em cada tarefa: um contendo os resultados de aceleração (arquivo com extensão *a*) e outro contendo os resultados de velocidade e posicionamento angular (arquivo com extensão *b*). Exemplo: arquivo INC76000_100_1a.jpg, contém os gráficos de aceleração (extensão *a*) gerados do arquivo 76000 durante a realização da tarefa 100 registrado pelo inclinômetro 1 (cabeça). Já o arquivo INC76000_100_1b.jpg contém os gráficos de posicionamento e velocidade angulares gerados da análise do inclinômetro 1 (cabeça), do arquivo 76000 durante a realização da tarefa 100.

Abaixo de cada gráfico, tanto de aceleração quanto de disposição e velocidade angulares, são apresentados quadros com os percentis 10%, 50% e 90%, como pode ser visto na Figura 25. Neste exemplo, no “APDF acceleration forward” o indivíduo permaneceu 10% do tempo do registro com aceleração até -0,87g; 50% do tempo com aceleração até -0,52g e 90% do tempo com aceleração até -0,14g.

Para todos os inclinômetros, no arquivo dos gráficos de aceleração, a aceleração total (“APDF acceleration total”) deve estar centrada ao redor do 1.00g no percentil 50 (P050), como pode ser visto na Figura 25. Caso esta disposição não esteja presente, algum erro pode ter ocorrido durante a calibração.

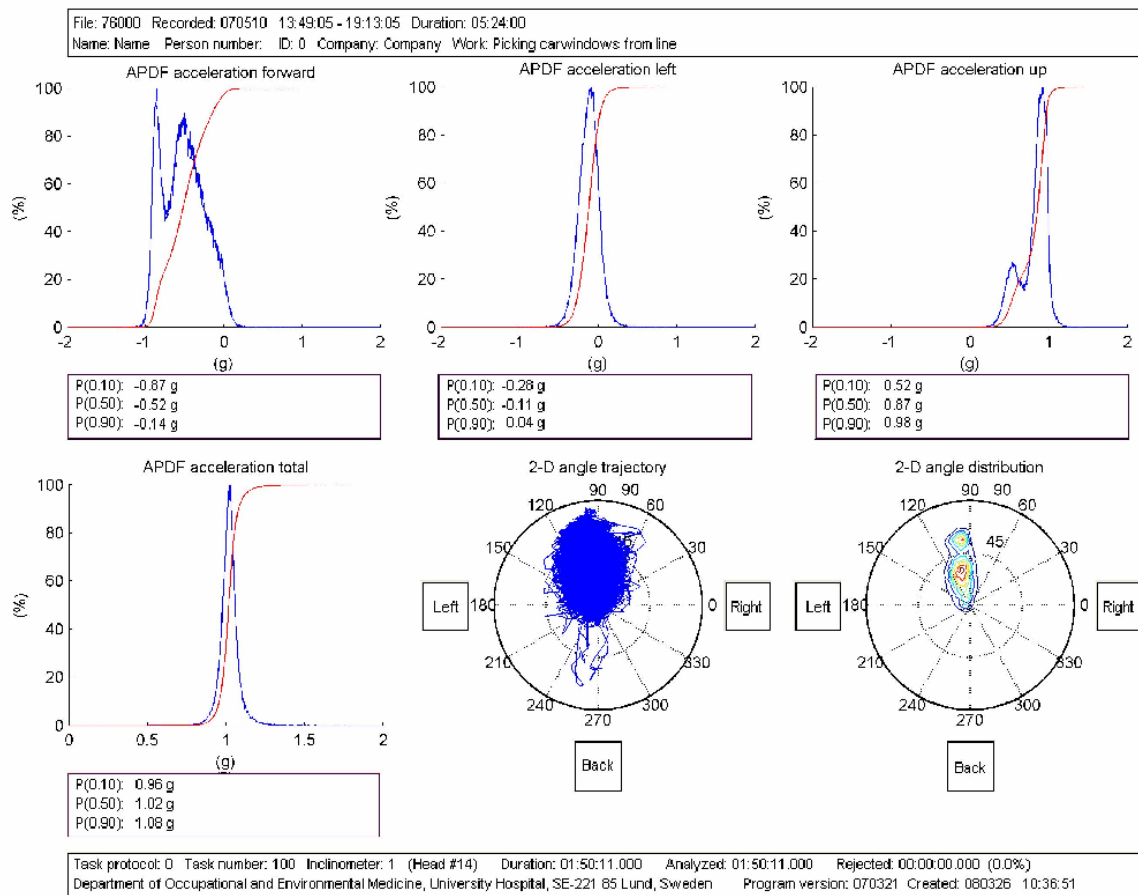


Figura 25. Gráficos de aceleração gerados a partir da análise dos dados do inclinômetro da cabeça. O traço azul corresponde a densidade de distribuição (histograma) e o vermelho à distribuição (histograma cumulativo).

Para os registros da cabeça e tronco superior, os gráficos de distribuição (Figura 25), na análise da aceleração (extensão a), mostra a trajetória (ou seja, a orientação) da cabeça e tronco superior no espaço, como pode ser visto para o inclinômetro da cabeça. Nos gráficos de posicionamento e velocidades angulares (extensão b), os principais resultados da cabeça e tronco superior são o “APDF forward angle” e o “APDF right angle” e os respectivos gráficos de velocidade, que correspondem respectivamente a flexão/extensão e inclinação direita/esquerda (Figura 26).

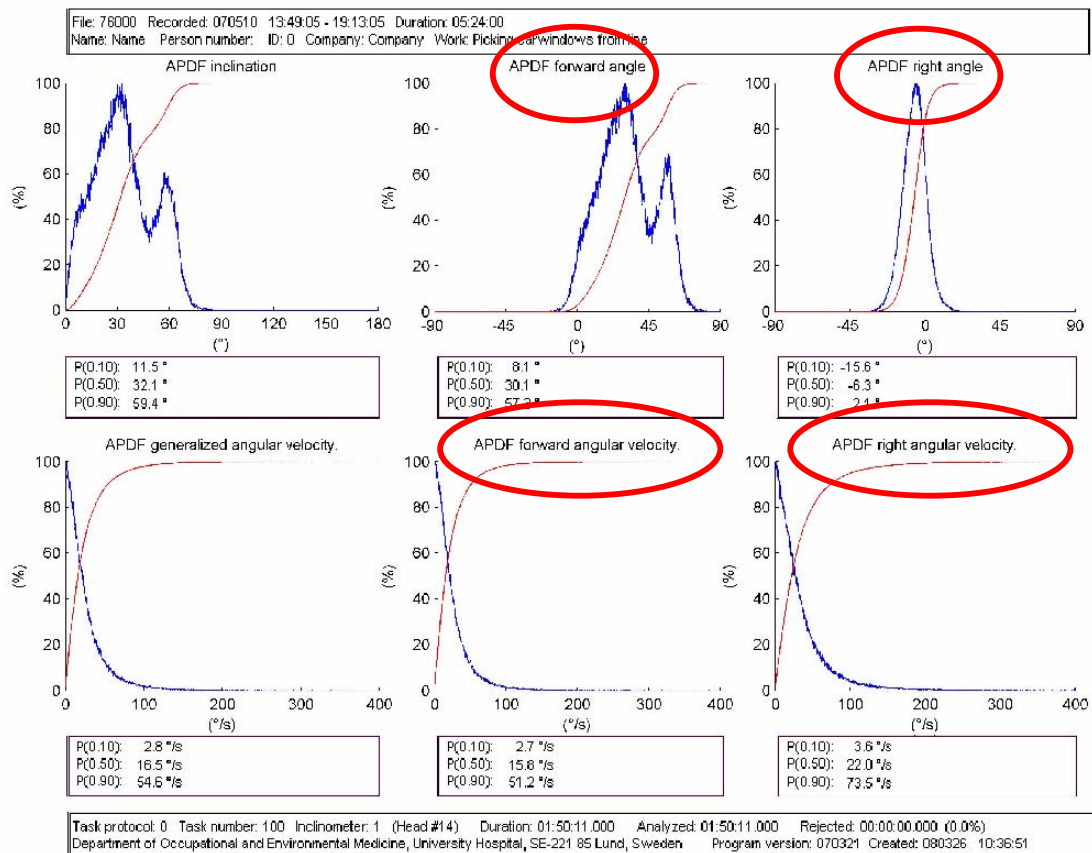


Figura 26. Principais resultados do inclinômetro na cabeça. O traço azul corresponde a densidade de distribuição (histograma) e o vermelho à distribuição (histograma cumulativo).

Para os registros de membros superiores, o principal resultado corresponde ao “APDF inclination”, ou seja, a elevação do membro (flexão ou abdução) e o “APDF generalized angular velocity”, que podem ser vistos na Figura 27.

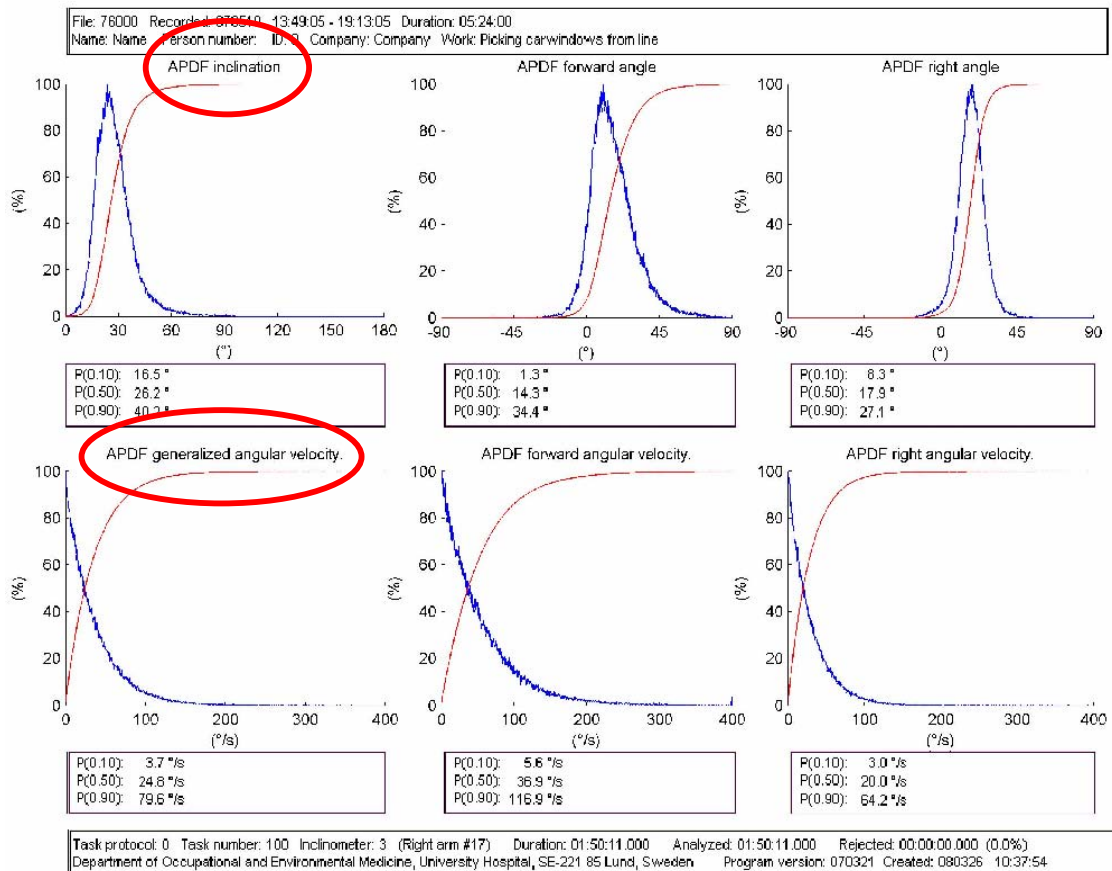


Figura 27. Principais resultados do inclinômetro em membros superiores. O traço azul corresponde a densidade de distribuição (histograma) e o vermelho à distribuição (histograma cumulativo).

Os resultados gerados quando o item “Generate result files” está selecionado são arquivos de textos que podem ser abertos no programa “Word” ou “Excel”. Destes arquivos gerados, devem ser considerados para análise os arquivos:

- Cabeça:

Inc1Ang_Per01Fp: corresponde aos percentis de flexão/extensão da cabeça (inc 1) (Exemplo Figura 19);

Inc1Ang_Per01Sp: corresponde aos percentis de inclinação lateral da cabeça (inc 1) (Exemplo Figura 20);

Inc1Ang_Sec01Fp: corresponde a proporção de tempo permanecido em um setor angular de flexão/extensão da cabeça (inc 1);

Inc1Ang_Sec01Sp: corresponde a proporção de tempo permanecido em um setor angular de inclinação lateral da cabeça (inc 1);

Inc1Vel_Per01Fp: corresponde a velocidade angular generalizada da flexão/extensão da cabeça (inc 1);

Inc1Vel_Per01Sp: corresponde a velocidade angular generalizada da inclinação lateral da cabeça (inc 1).

- Tronco superior:

Inc1Ang_Per02Fp: corresponde aos percentis de flexão/extensão tronco superior (inc 2);

Inc1Ang_Per02Sp: corresponde aos percentis de inclinação lateral tronco superior (inc 2);

Inc1Ang_Sec01Fp: corresponde a proporção de tempo permanecido em um setor angular de flexão/extensão do tronco superior (inc 2);

Inc1Ang_Sec01Sp: corresponde a proporção de tempo permanecido em um setor angular de inclinação lateral do tronco superior (inc 2);

Inc1Vel_Per01Fp: corresponde a velocidade angular generalizada da flexão/extensão do tronco (inc 2);

Inc1Vel_Per01Sp: corresponde a velocidade angular generalizada da inclinação lateral do tronco (inc 2).

- Braço Direito:

Inc1Ang_Per03Te: corresponde aos percentis de inclinação do membro superior direito (inc 3);

Inc1Ang_Sec03Te: corresponde a proporção de tempo permanecido em um setor angular de inclinação do membro superior direito (inc 3);

Inc1Vel_Per03Ge: corresponde a velocidade angular generalizada do membro superior direito (inc 3);

- Braço Esquerdo:

Para o membro superior esquerdo, os arquivos são os mesmos, mas com identificação "04".

Exemplos dos arquivos gerados podem ser vistos nas Figuras 28, para os movimentos de flexo-extensão, e 29 para os movimentos de inclinação lateral.

```
Department of Occupational and Environmental Medicine
University Hospital, SE-221 85 Lund, Sweden
Program version: 070321
Text result file: c:\data\inc4\Results\Inc0Ang_Per01Fi.200, Created:
080326 10:42
```

```
APDF for inclination
=====
```

```
F (angle "phi" in spherical coord. system) [deg]
```

```
Inc: 1, Task: 200
```

File#	1%	5%	10%	25%	50%	75%	90%
95%	99%	Tot.dur	Rej.dur				
---- [1/20s] ---							
76000	-153.841	-101.438	-70.268	-30.254	-12.415	-0.902	15.029
36.641	138.868	83260	0				

Figura 28. Arquivo Ang_Per01Fp.200. São fornecidos os percentis de flexão/extensão do inclinômetro 1 (cabeça) do arquivo INC76000 durante a tarefa 200. Tot. dur = corresponde a duração total do registro e Rej. dur= corresponde ao período de tempo que foi rejeitado.

Department of Occupational and Environmental Medicine
 University Hospital, SE-221 85 Lund, Sweden
 Program version: 070321
 Text result file: c:\data\inc4\Results\InclAng_Sec01Fp.100, Created:
 080411 10:41

Proportion of time in angular sectors for inclination
 =====

Fp (F/B projection of spherical coordinates) [% time]

Inc: 1, Task: 100

File#	-60	-45	-30	-20	-15	-5	0	5
15	20	25	30	45	60	85	Tot.dur	Rej.dur
--- [1/20s] ---								
00000	0.000	0.000	0.727	2.750	3.773	10.659	65.045	87.250
90.886	91.955	93.159	94.614	100.000	100.000	100.000	4400	0

Figura 29. Arquivo Ang_Sec01Fp.100 da tarefa 100. São fornecidas as proporção de tempo permanecido nos setores angulares de flexão/extensão do inclinômetro 1 (cabeça) do arquivo INC00000 durante a tarefa 100.

Caso mais de um arquivo queira ser analisado conjuntamente, é possível selecionar mais de um arquivo por vez, o que fornecerá os diversos percentis dos arquivos selecionados em uma única página. Esta possibilidade de análise será utilizada posteriormente para verificar a qualidade dos dados.

As opções disponíveis de análise por subtração são todas as possíveis no quadro “Options”, a única utilizada será para avaliação da cervical: “Subtract inc. 1 – 2”, que corresponde a diferença entre o inclinômetro 1 e 2, ou seja, fornece os ângulos e as velocidades angulares da cervical, como pode ser visto na Figura 30.

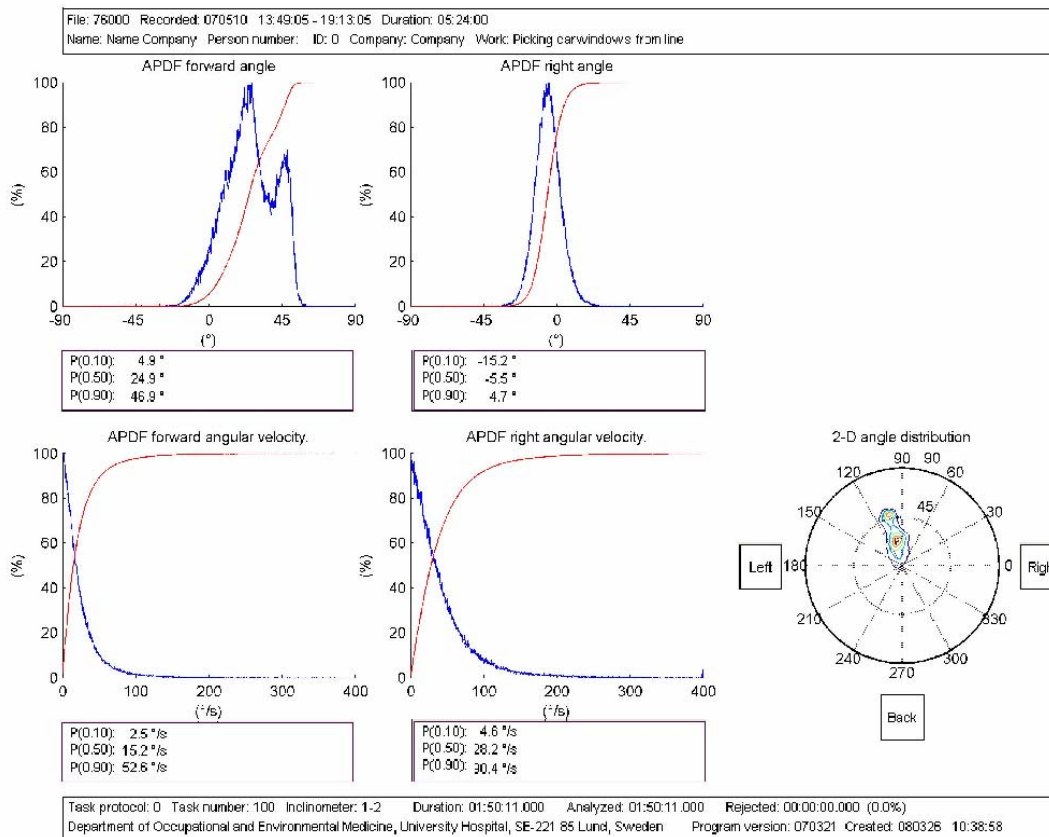


Figura 30. Gráficos gerados a partir da diferença entre os inclinômetros 1 e 2, resultando nos ângulos e velocidades angulares da cervical. O traço azul corresponde a densidade de distribuição (histograma) e o vermelho à distribuição (histograma cumulativo).

Caso este item seja selecionado, também serão gerados arquivos desta análise no “Result files” identificados como: **Incl1Ang_Per12Fp; Incl1Ang_Per12Sp; Incl1Ang_Sec12Fp; Incl1Ang_Sec12Sp; Incl1Vel_Per12Fp; Incl1Vel_Per12Sp.**

2.4 “Swap”

O programa “Swap” é utilizado para trocar os dados entre os canais. O software requer um arquivo “IncXXXXX.lta” (que é o arquivo IncXXXXX.ltb renomeado) como input e gera um arquivo IncXXXXX.ltb. Este programa deve ser utilizado para rearranjar

os sinais dos 4 canais, caso algum dos inclinômetros tenham sido conectado em canal errado durante o registro.

2.5 “INC Time Var”

Este programa pode ser usado para análises adicionais às variações do trabalho.

ANEXO III

Artigo Publicado

Título: Postures and movements in the most common tasks of power line workers

Referência Bibliográfica: Industrial Health 49:482-491,2011

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi, Jerônimo Farias de Alencar, Luiz Carlos de Miranda Júnior, Helenice Jane Cote Gil Coury

Postures and Movements in the Most Common Tasks of Power Line Workers

Cristiane Shinohara MORIGUCHI¹, Letícia CARNAZ¹, Jeronimo Farias de ALENCAR¹, Luiz Carlos MIRANDA JÚNIOR², Lothy GRANQVIST³, Gert-Åke HANSSON³ and Helenice Jane Cote GIL COURY^{1*}

¹Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos, Washington Luís Road, Km 235, SP310, São Carlos, São Paulo, Brazil. CEP: 13565-905

²Center of Technological Higher Education, State University of Campinas, Campinas - SP, Brazil

³Division of Occupational and Environmental Medicine, Lund University, Lund, Sweden

Received October 7, 2010 and accepted January 27, 2011

Published online in J-STAGE June 21, 2011

Abstract: The repair and maintenance of electrical power lines involves awkward postures, which are known risk factors for developing musculoskeletal disorders. The aim of the present study was to quantify postures and movements of upper arm, head, upper back and neck in the main tasks performed by line workers. Posture of twelve right-handed line workers was recorded by inclinometry and presented as percentiles of angular and angular velocity distributions. All tasks involved considerable upper-arm elevation, ranging from 73° to 115° for the 90th percentile. Upper-arm elevation showed significant differences between tasks, but no consistent differences between right and left sides. Regarding velocity, the right arm presented higher levels than the left arm. All tasks required significant extension of head, upper back and neck, ranging from 7° to 67° for head (10th percentile). All tasks, except the one performed with a continuous extension, also involved pronounced flexion, ranging from 33° to 60° for the head (90th percentile). Work which required highly elevated arms also required significant head extension ($r^2=0.56$). Awkward postures of upper arms, head, upper back and neck were identified by inclinometry, demonstrating the need for preventative interventions to reduce musculoskeletal disorders among line workers.

Key words: Inclinometry, Shoulder, Head, Neck, Work related musculoskeletal disorders

Introduction

The use of renewable energy sources should be stimulated in order to change current consumption patterns based on fossil fuels, which are associated with high levels of pollution emission. In recent decades, Brazil has endeavored to increase its use of renewable energy sources, which currently represent 41.3% of national consumption, compared to an average of 14.4% for the rest of the world¹. Brazilian renewable electricity has a strong hydraulic base and requires an extensive overhead power line network to transmit the energy from

power stations to the consumer. Repairs and maintenance to this network are performed by line workers.

The work conditions of line workers have been associated with a high prevalence of musculoskeletal disorders, elevated medical treatment costs, workers' compensation claims and employee turn-over². These disorders have been associated with stress at work³ and exposure to weather conditions such as cold environments, which can contribute to the development of musculoskeletal symptoms⁴. Biomechanical risk factors such as the high physical workload due to heavy equipment and tool handling⁵ and the extreme arm postures adopted on the job² have also been investigated in the context of line worker health. Previous studies on such physical risk factors have used systematic observation^{2, 6}

*To whom correspondence should be addressed.
E-mail: helenice@ufscar.br

and measurements of exerted force and muscular activity^{5, 7}). However, no studies using objective measurements to evaluate upper arm and neck posture and movement in line workers were found in the available literature.

Inclinometers can be used to obtain quantitative and generic data on workplace posture and movement. This portable approach enables precise ambulatory and unobtrusive whole-day recordings^{8, 9}), providing a basis for kinematic analysis and an understanding of the possible biomechanical risks involved in line workers' activities.

The identification of risk factors by biomechanical assessment can allow ergonomists to design preventative interventions that reduce hazard conditions in the workplace^{10, 11}). The accurate quantification of risk factors present in working conditions can also lead to the development of more precise prevention guidelines^{10, 11}). Furthermore, the use of biomechanical assessment can both improve the quality of ergonomic interventions for reducing work-related disorders and evaluate the efficacy of implemented interventions¹²).

A previous study on line workers carried out in a Brazilian electrical energy distribution company revealed that 87% of the evaluated workers presented at least one type of musculoskeletal symptom during the previous 12 months. Shoulder (43%) and back-related (43%) symptoms were the most prevalent¹³). Considering these findings, it seems relevant to evaluate, using objective measurements, the kinesiological risk present in these activities.

Thus, the objective of this study was to quantify the upper arm, head, upper back and neck postures and movements required for the most common tasks performed by line workers.

Subjects and Methods

Subjects and ethical aspects

Twelve right-handed male line workers (mean age 43 ± 7.9 yr; weight 86 ± 17 kg; height 1.80 ± 0.08 m; employment time as a line worker 16 ± 6.1 yr) working at an electrical energy distribution company in Brazil participated in the study.

All subjects were informed about the procedures involved in this study and gave their written informed consent. The study was approved by the local ethics committee of the Federal University of São Carlos.

Tasks performed and safety requirements

Line workers are responsible for repairing and doing maintenance work on low voltage power lines (110 and 220 volt). The work is performed on the ground or on ladders leaning against a pole/attached to a truck.

According to the company safety regulations, when performing their tasks, the line workers should wear special clothes, use a protective helmet and have no contact with any metal object (e.g. watches or rings).

Due to these safety regulations, it was not possible to perform the measurements while the power lines were energized. Thus, the measurements were performed at a technological center for line worker training, where the complete occupational environment is reproduced without active power lines in order to prevent training accidents. At this center, line workers can be trained, periodically re-trained, and become familiarized with new equipment safely. Due to compulsory national regulation legislation, line workers must attend retraining sessions on a regular basis.

Procedures

Inclinometry

Four inclinometers and a data logger (Logger Teknologi HB, Åkarp, Sweden) were used to record the postures and movements of the right and left upper arms, head, upper back and neck. The sampling rate was 20 Hz. For the upper arms, the inclinometers were attached to plastic plates that were fixed below to the deltoid muscle insertion. For head measurements, the inclinometer is usually fixed to the forehead; however, since there was not enough space inside the helmet, the sensor was attached to the outside of the helmet before the subject put it on. The upper back inclinometer was fixed to the right of the cervicothoracic spine at the C7-T1 level⁸).

After attaching the inclinometers to the above-described locations, the line workers put on their protective clothes and helmets. Their clothes and helmets were individually adjusted for an exact fit. All inclinometer cables remained beneath the protective clothes. Next, the inclinometers were connected to the data logger and the *reference* and *direction* positions were registered. The reference position for the upper arms was obtained while the subject sat with his arms hanging perpendicular to the floor and holding a 2 kg dumbbell. The reference position for the head and upper back was obtained while the subject stood looking at a mark at his eye level. The forward direction position for the upper arms was set at 90° of elevation in the scapular plane. The forward direction position for the head and upper back was defined while the subject sat with his neck and trunk flexed¹⁴).

Worksite and work tasks

Based on the line workers' productivity schedules, which are records of the main tasks they performed, the following five tasks were determined to be the most fre-

quent, and were thus selected for evaluation:

- a) “Photoelectric relay replacement” (T1): The worker climbed a ladder, removed and substituted a relay with rotating hand movements and then climbed down (Fig. 1A).
- b) “Turning a consumer unit off and on” (T2): The worker climbed a ladder at a consumer pole, removed and substituted a connector between two wires with a pair of pliers and climbed down (Fig. 1B).
- c) “Lamp replacement” (T3): The worker climbed a ladder attached to a truck to reach a lamp, opened the protective cover, removed and substituted the bulb, closed the protective cover and climbed down (Fig. 1C).
- d) “Ladder raising and removal” (T4): This is an auxiliary task consisting of raising the ladder into position before climbing up and removing it after climbing down. The worker took the ladder from its support on the truck, which was at a height of 1.70 m, leaned it against the pole, attached the ladder to the pole with a rope, and then removed the ladder and put it back on the truck support. The ladder weighs 26 kg (Fig. 1D).

- e) “100 amp fuse replacement” (T5): The worker substituted a fuse while standing on the ground by using a telescopic stick weighing 6.3 kg that had a maximum height of 8 m. The worker held the stick perpendicular to the ground and with repetitive arm elevations extended segments to reach the fuse on the top of the pole. The worker maneuvered the telescopic stick to remove the fuse. Next, the worker collapsed the stick segments to retrieve the fuse and substitute it with a new one. Finally, the worker installed the new fuse at the top of the pole and collapsed the telescopic segments once again (Fig. 1E).

To guarantee that all line workers performed the same tasks, a supervisor provided information regarding the order of the tasks to be carried out by the workers, which was randomised.

The total duration of the recordings, including preparation time and transportation between work stations, was about 22 min. The duration of the tasks was similar for all workers, with an average of 2 min 15 s, 4 min 20s, 2 min 22 s, 2 min 20 s, and 4 min 1 s for

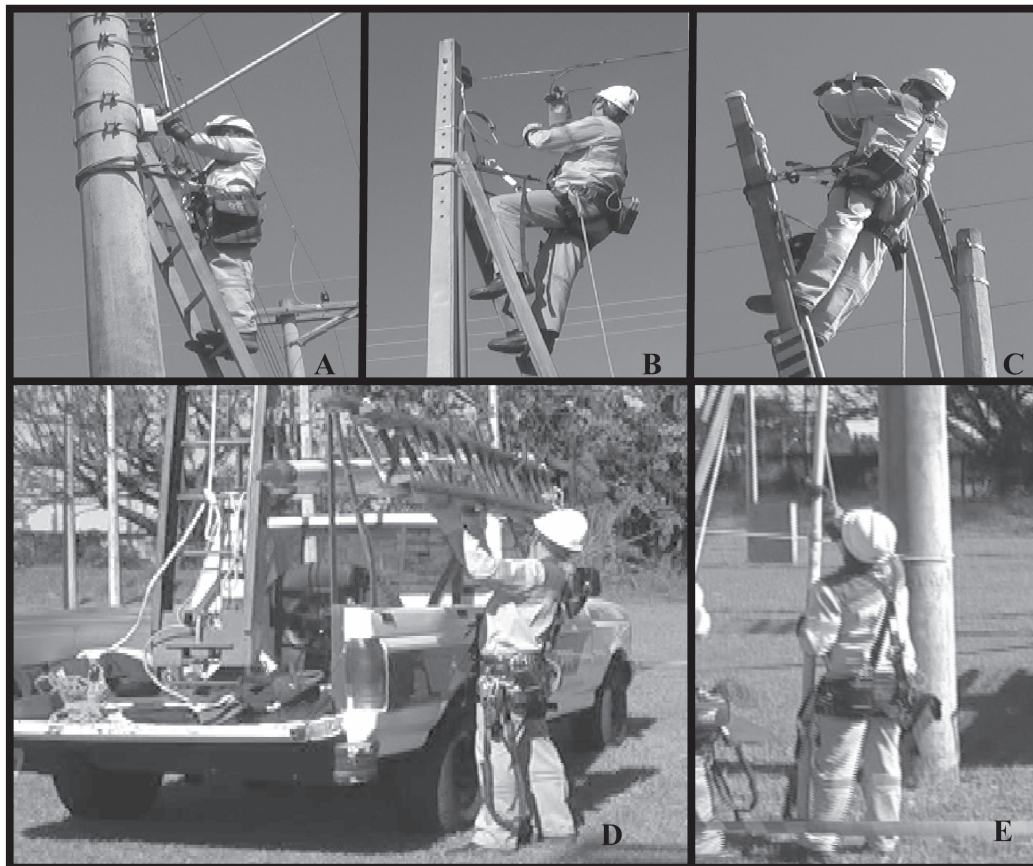


Fig. 1. Line workers performing the five tasks.

A) Photoelectric relay replacement; B) Turning a consumer unit off and on; C) Lamp replacement; D) Ladder raising and removal; E) 100 amp fuse replacement. The photo for E) shows the maneuvering of the lower part of the stick; the fuse is attached to the top of the extended stick.

tasks T1, T2, T3, T4 and T5, respectively.

In order to verify similarities between the simulated tasks and those performed in the field (real tasks), the duration of some of the tasks performed in the field was observed and timed during regular shift work for 6 workers. The average duration of the real tasks for these 6 workers was 6 min 14 s, 2 min 32 s and 2 min 35 s for tasks T2, T3 and T4, respectively. Not all workers performed tasks 1 and 5 during the observation period. The durations of these three simulated and field tasks can be considered relatively similar, with slightly longer periods necessary for the real activities. The durations of the main tasks, whether real or simulated, were considerably shorter than preparatory tasks such as transportation, marking off the area and material handling.

Data analysis

For the upper arm elevation angles, the 50th and 90th percentiles of the angular distributions, i.e. the angles exceeded for 50% and 10%, respectively, of the recording duration, and the fraction of time spent in amplitude zones with the arm elevated above 60° and 90° were presented. Flexion/extension angles of the head, upper back and neck were derived for the 10th, 50th and 90th percentiles. As positive values denote flexion and negative extension, the 10th percentile is a measure of extension (lower values correspond to more extended positions), while the 90th percentile is a measure of flexion. For all body regions, the angular velocities were derived from the 50th percentile of the angular velocity distributions. Neck flexion/extension angles and movements were calculated as the difference between the corresponding measures of the head and upper back¹⁴). The order of tasks presentation was based on the elevation of the right upper arm (90th percentile). Task exposures were described by the mean value and standard deviation of the 12 workers.

For each posture and movement measurement, differences between tasks were examined using the Friedman test. If this test identified differences ($p < 0.05$), the Wilcoxon signed ranks test with Bonferroni adjustment ($p < 0.005$) was conducted to evaluate the paired differences between tasks. The Spearman correlation coefficient was applied to evaluate the association between head extension and upper arm elevation. All calculations were performed with SPSS v11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

Results

Upper arms

Regarding arm elevation, all workers performed the

tasks in a similar way, except for T5, which displayed scattered values for both the right and left arms (Fig. 2). For this task some of the workers with a very high (or low) elevation on one side showed a very low (or high) elevation on the other side. Hence, the SDs were, for almost all posture measures, conspicuously higher for T5 than for any of the other tasks (Table 1).

Both the right and left upper arms presented high elevations for the five tasks, ranging from 73° to 115°, for the 90th percentile (Table 1). Line workers maintained high levels of elevation (>60°) for long periods of time, varying from 18 to 69% of the total task duration, and very high elevations (>90°) 2% to 38% of the time.

The time spent in the different pre-established angular zones varied between the tasks, as did the posture and velocity percentiles (Table 1). Statistical differences were identified between most of the tasks, with all tasks presenting high amplitudes of upper arm elevation, and tasks T3, T4 and T5 presenting very high mean amplitudes. Furthermore, there were significant differences between tasks with respect to velocity, generally speaking. For the right upper arm, velocities ranged from 54 to 94°/s, i.e., a relative difference of 74%. Task T4 was the most dynamic, with angular velocities of 94°/s for the right upper arm and 88°/s for the left.

The mean value for the line workers showed, for all elevation measures, symmetric arm elevation during T1, T3 and T4. For the “high end” measures, i.e., the 90th percentile and elevation >90°, the values for the right arm were considerably higher than those for the left during T2 (91° vs. 73° and 12% vs. 3.3%; Table 1). The velocities were higher for the right side than for the left side; the relative differences ranged from 7% to 24% for the five tasks, and were, on average, 14% higher for the right side.

Head, upper back and neck

The tasks primarily influenced head posture, but also had a substantial effect on the upper back (Fig. 3). A considerable fraction of the adaptation was accomplished by flexing and extending the neck. The head, upper back and neck presented both extension (10th percentile) and flexion postures (50th and 90th percentiles) during the performance of tasks T1, T2, T3 and T4, while in task T5 extension prevailed, showing the most pronounced negative amplitudes recorded.

The values presented in Table 2 confirm the high amplitudes of head flexion (56° to 60°) for tasks T1, T2 and T3 for the 90th percentile. These tasks also presented high upper back (24° to 28°) and neck (36° to 38°) flexion amplitudes. In task T5, generally extended postures were observed for all segments and percentiles (except the 90th percentile for the neck), with a con-

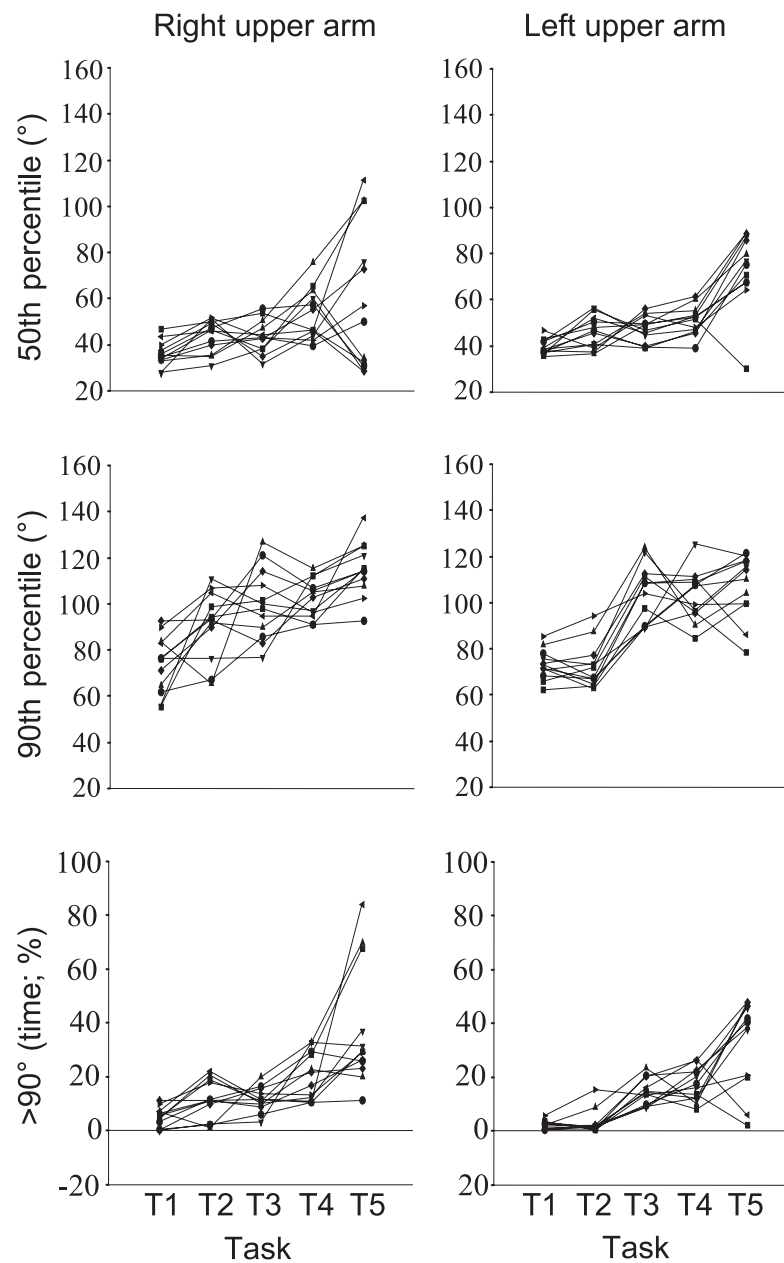


Fig. 2. Right and left upper arm elevation for 12 line workers performing 5 tasks (T1-T5; see Table 1 for explanation).

The 50th and the 90th percentiles and the fraction of time spent with arms elevated more than 90° are presented. For each worker, the data are connected by lines.

spicuous head extension of -67° for the 10th percentile. The tasks were significantly different for most of the amplitudes and velocities evaluated, except for some T1, T2 and T3 values. Regarding velocity, T4 was, as with the upper arm measurements, significantly more dynamic than the other tasks.

Considering all tasks jointly, working with elevated arms was associated with head extension. The Spearman correlation between head extension (10th percentile) and upper arm elevation (90th percentile) was

-0.75 ($p < 0.01$).

Inter-subjects variability

The inter-subjects variability (SD) for head, back and neck postures, which ranged from 4° to 14° , showed no obvious differences according to task or body region. On the other hand, the upper arms presented inter-subjects variability ranging from 3° to 32° , with Task 5 exhibiting higher levels of variability for the upper arms than other tasks (see above).

Table 1. Postures and movements for the right and left upper arms of the 12 line workers while performing

Postures and movements	Task*																			
	T1					T2					T3			T4		T5				
	M	(SD)	D			M	(SD)	D			M	(SD)	D		M	(SD)	D			
			T2	T3	T4			T5	T3	T4			T5	T4				T5	T5	
Right upper arm elevation																				
Posture Percentile (°)	50th	36	(6)	✓	✓	✓	44	(7)				44	(7)			53	(11)		61	(32)
	90th	74	(12)		✓	✓	91	(15)		✓		100	(15)			103	(8)	✓	115	(12)
Zone (% time)	>60°	18	(7.3)		✓	✓	31	(10)		✓		30	(8.9)		✓	42	(13)		57	(23)
	>90°	5.1	(3.7)		✓	✓	12	(7.1)		✓		12	(4.6)		✓	20	(9.0)		38	(23)
Velocity Percentile (°/s)	50th	67	(17)	✓		✓	56	(14)		✓		72	(15)	✓	✓	94	(14)	✓	54	(13)
Left upper arm elevation																				
Posture Percentile (°)	50th	39	(3)		✓	✓	46	(7)				47	(6)		✓	51	(6)		73	(16)
	90th	73	(6)		✓	✓	73	(10)	✓	✓	✓	104	(13)			103	(11)		107	(14)
Zone (% time)	>60°	23	(7.0)		✓	✓	26	(8.5)			✓	33	(7.6)		✓	39	(7.6)	✓	69	(15)
	>90°	2.2	(1.6)		✓	✓	3.3	(4.4)	✓	✓	✓	15	(4.9)			17	(6.2)		33	(16)
Velocity Percentile(°/s)	50th	59	(12)	✓		✓	45	(12)	✓	✓		67	(14)	✓	✓	88	(14)	✓	45	(8.2)

5 tasks. Mean (M) and, within brackets, standard deviations (SD) are shown for the 50th and 90th percentiles of arm elevation, as well as the fraction of time spent in angular zones exceeding 60° and 90°. The 50th percentiles for the angular velocities are also shown. Statistically significant differences between tasks (D) were tested for paired comparisons with the Wilcoxon Signed Ranks Test, with Bonferroni adjustment ($p < 0.005$).

*T1 = "Photoelectric relay replacement"; T2 = "Turning a consumer unit off and on"; T3 = "Lamp replacement"; T4 = "Ladder raising and removal"; T5 = "100 amp fuse replacement". ✓ = Statistically significant difference.

Since the SDs increased with increasing mean values, the inter-subject variability for velocity was evaluated by the CVs, i.e., the SD divided by the mean value. The CV of the right and left upper arms, head, upper back and neck ranged from 12% to 27%, with a mean value of 21% for the five body regions and the five tasks.

Discussion

Upper arms

High values of arm elevation were identified for all tasks. The 90th percentile and elevation >90° are measures of the high end of angular distribution, and more specific for quantifying the occurrence of highly elevated arms. There is no consensual safe limit for shoulder elevation at work available in the literature. One of the possible reasons for this is the fact that postural risks can be potentialized by other simultaneous biomechanical aspects present in workplaces, such as exerted force¹⁵⁾, repetition¹⁶⁾ and psychosocial factors such as mental demands¹⁷⁾. Nevertheless, it has been widely recognized that high amplitudes of shoulder flexion and abduction are strongly associated with musculoskeletal disorders^{18, 19)}. Different safe limits have been proposed for a number of years. Since the 1970s, published studies have reported that shoulder angles above 30° require substantial supraspinatus and deltoid muscle activity¹⁹⁾. Although recommendations differ, postures with shoulder abduction or flexion above 60° are considered awkward in most of the available

studies. Considering, moreover, that this cut-off point was considered the safe limit of upper arm elevation by ISO11226²⁰⁾, it was adopted in the present study, along with 90°, as an anchor point for the description and interpretation of the results. The 90° angle was adopted as a critical cut-off, since a clear relationship has been found between jobs involving lifetime upper arm elevation and objective signs of supraspinatus tendinopathy²¹⁾. Moreover, Svendsen *et al.*²²⁾ found a quantitative exposure-response relation between arm elevation and supraspinatus tendinitis.

According to pathophysiological mechanisms, two risk factors could lead to work-related disorders at shoulder in high arm elevation tasks. One factor is the maintenance of muscle activation, which leads to increased muscle pressure, a reduction in blood circulation and decreases in oxygenation and Ca²⁺ accumulation, which consequently result in morphological changes to the muscles. The other factor is awkward posture, which leads to mechanical load on tendons and peripheral nerves and may cause tissue damage²³⁾.

Task T5 was the most critical, since the line workers spent more than 30% of its duration with their arms above 90°. The high amplitudes in this task seem to have occurred while the line workers, working from the ground level, substituted fuses at the top of the pole. Workers usually do not use ladders for this task because it is very short, taking only a couple of minutes to accomplish. However, considering the extreme postures present in this activity, it should be redesigned to reduce

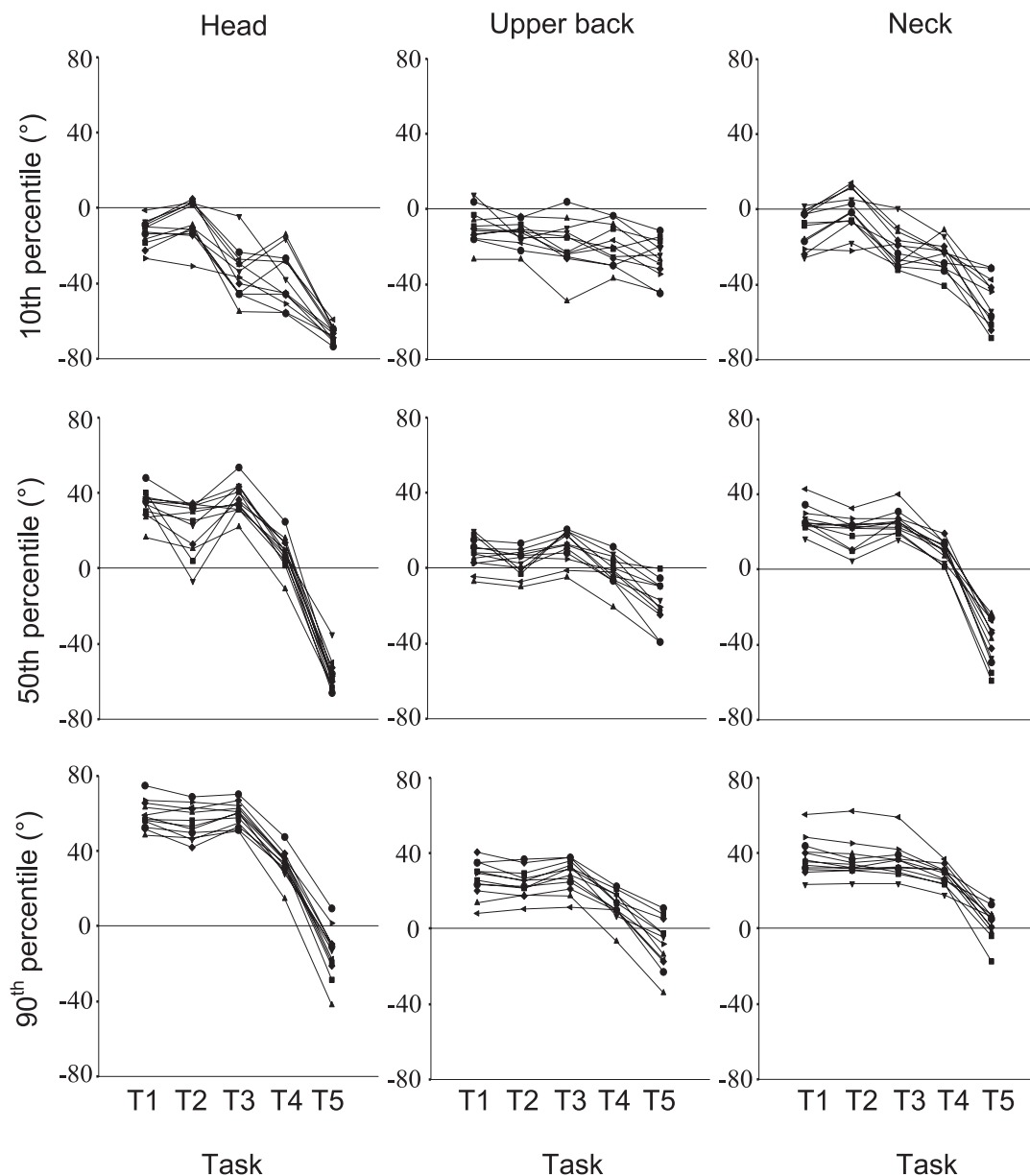


Fig. 3. Flexion/extension angles for head, upper back and neck for 12 line workers performing 5 tasks (T1-T5; see Table 2 for explanation).

The 10th, 50th and 90th percentiles are presented. For each worker, the data are connected by lines. Positive values denote flexion, and negative values, extension.

risks. Possible design alternatives could include the use of ladders attached to the truck or changes to the telescoping stick in accordance with job safety requirements.

The generally higher velocity (14%) for the right arm indicates a higher risk for the dominant arm than the non-dominant one. Still, even among the rather similar tasks, the differences were considerably high (74%), indicating that the tasks themselves are a more important factor than right-handedness for developing musculoskeletal disorders. Right-handedness had a significant

influence on elevation in only two of the five tasks, which isolates the task as the primary target for intervention.

For standardized tasks repeated on separate occasions, Hansson *et al.*¹⁴⁾ reported an inter-subjects variability (calculated by adding the inter-day and inter-subject variances) of 5.2° (SD) for angles described by percentiles and 23% (CV) for velocities. In spite of safety regulations, the presence of a trainer during task performance and the uniform environment at the training center -all of which should have obliged the work-

Table 2. Postures and movements for head, upper back and neck for the 12 line workers performing

Postures and movements	Task*														
	T1				T2			T3		T4		T5			
	M	(SD)	D		M	(SD)	D		M	(SD)	D		M	(SD)	
		T2	T3	T4	T5	T3	T4	T5	T4	T5	T5				
Head flexion															
Posture Percentile (°)	10th	-13 (7)	✓	✓	✓	-7 (11)	✓	✓	✓	-35 (13)	✓	✓	-38 (14)	✓	-67 (4)
	50th	34 (8)		✓	✓	22 (14)	✓	✓	✓	37 (8)	✓	✓	9 (9)	✓	-57 (8)
	90th	59 (7)		✓	✓	56 (9)		✓	✓	60 (6)	✓	✓	33 (8)	✓	-14 (13)
Velocity Percentile (°/s)	50th	24 (5.0)	✓		✓	19 (3.8)	✓	✓	✓	25 (3.7)	✓		37 (4.6)	✓	26 (6.0)
Upper back flexion															
Posture Percentile (°)	10th	-9 (9)		✓	✓	-13 (7)		✓		-19 (13)			-19 (11)		-27 (11)
	50th	7 (8)			✓	3 (7)	✓	✓	✓	12 (8)	✓	✓	-2 (8)	✓	-18 (12)
	90th	26 (9)		✓	✓	24 (7)	✓	✓	✓	28 (8)	✓	✓	12 (8)	✓	-8 (13)
Velocity Percentile (°/s)	50th	21 (4.7)	✓		✓	15 (3.6)	✓	✓		22 (4.3)	✓	✓	30 (4.6)	✓	14 (2.7)
Neck flexion															
Posture Percentile (°)	>60°														
	10th	-10 (10)	✓		✓	-1 (11)	✓	✓	✓	-21 (10)		✓	-25 (8)	✓	-49 (13)
	50th	27 (7)	✓		✓	20 (8)			✓	25 (6)	✓	✓	10 (5)	✓	-38 (12)
90th	38 (10)			✓	✓	36 (10)		✓	✓	36 (9)	✓	✓	28 (5)	✓	3 (8)
Velocity Percentile (°/s)	50th	18 (5.0)			✓	16 (4.0)		✓	✓	18 (3.5)	✓	✓	36 (5.5)	✓	26 (6.4)

5 tasks. Mean (M) and, within brackets, standard deviations (SD) are shown for the 10th, 50th and 90th percentiles of flexion/extension. Statistically significant differences between tasks (D) were tested for paired comparisons with Wilcoxon Signed Ranks Test, with Bonferroni adjustment ($p < 0.005$).

*T1 = "Photoelectric relay replacement"; T2 = "Turning a consumer unit off and on"; T3 = "Lamp replacement"; T4 = "Ladder raising and removal"; T5 = "100 amp fuse replacement". ✓ = Statistically significant difference.

ers to carry out the tasks in a standardized manner- the variation for all tasks was higher than the 5.2° reported by Hansson *et al.*¹⁴). The high variability in angles observed during T5 is presumably explained by individual preference for maintaining either the right or the left upper arm higher during the stick maneuver. Moreover, in the real workplace variability may be higher still due to different conditions such as the presence of parked vehicles, trees, and other interference. On the other hand, the variation in movement (21%) was surprisingly lower than for the standardized tasks above.

Head, upper back and neck

High amplitudes of head and neck flexion were identified for tasks T1, T2 and T3, and pronounced extension was identified for all tasks, especially for T5. Several studies have described a strong association between awkward or extreme postures involving the head and neck and risks for developing work-related musculoskeletal disorders^{19, 24-26}). Harms-Ringdahl *et al.*²⁷) calculated the loading moments of force on the bilateral motion axis of spinal cervico-thoracic motion during extreme neck positions and reported that the load moment when the whole neck was flexed was 3 to 6 times the value for the neutral position. On the other hand, Sakakibara *et al.*²⁸) observed farmers fully extending their necks during overhead fruit cultivation work (the opposite situation) and concluded that such working postures may lead to symptoms of vertebral artery insufficiency.

According to ISO11226²⁰) and Ariëns *et al.*²⁹), head postures should be kept in between 0° and 25° of flexion to avoid unfavorable positions. According to these recommendations, the levels of head and neck flexion and extension during line worker activity should be reduced.

The strong association between high levels of upper arm elevation and extensive head/neck extension was somewhat expected because the focus of some activities was further above shoulder level. In these cases, an increase of postural load for both joints is likely, which can raise the risks for developing shoulder-neck disorders³⁰). Moreover, the extension movements of the lower back observed during overhead work increase trunk moments, muscular activity and spinal load³¹), which could lead to disc herniations if repetitive flexion and extension motion occurs³²). Thus, the redesign of these tasks should take into account the collective risks for different body regions.

The results of the present study allowed the precise quantification of posture and movement during the principal occupational activities of line workers. Task 5 must be redesigned in order to reduce the extreme postures for upper-arm elevation and, head, upper back and neck extension. After the implementation of a new task design, the intervention outcomes should be compared to the previous conditions to check for efficacy.

Another relevant preventative intervention would be to provide worksite exercise for the line workers, since

even redesigned tasks can expose them to risk factors. The use of exercise at the workplace to prevent musculoskeletal disorders has been considered effective^{33, 34}, particularly if supervised, carried out for at least 10 wk, performed 2 to 3 times a week and if strengthening exercises are also included³⁵.

Methodological considerations

The absence of electrical current had probably only a minor, if any, effect on subject performance, since they performed the tasks following their usual procedures. Affixing the inclinometer to the helmet instead of the forehead could have introduced only limited errors due to helmet movements, since the helmet was well-secured to the head with straps and each line worker used his own personal helmet. Moreover, the *reference* and *direction* positions were registered after the helmet was secured to worker's head, and the helmet was not removed during the entire recording session. The aim of the recordings was to characterize common tasks, and the supplementary, less demanding activities (preliminary actions performed before tasks) were not included in the recordings. Hence, the presented data show higher exposures and do not represent overall job exposure.

The risks present in line work are both diverse and complex, including lethal risks from electrical hazards and falls. The biomechanical risks are multifaceted and, in future studies, additional simultaneous measurements of exerted force, e.g. by electromyography, could be used to provide information for more comprehensive interventions. To this end, whole-day recordings, which, in addition to task exposure, also provide data on job exposure and exposure variation, are suitable.

Conclusion

The objective recording of movement was a useful tool for providing ergonomists with precise results. There were significant differences between the tasks analyzed. Nevertheless, awkward postures of the upper arms, upper back, head and neck occurred during all activities. Ergonomic redesign of the job is needed to prevent musculoskeletal disorders among workers.

Acknowledgements

To FAPESP Process Number 2008/10399-0 and Process Number 2008/10372-4.

References

- 1) Goldemberg J, Lucon O (2007) Energy and environment in Brazil. *Advanced Studies* **59**, 7–20.
- 2) Seeley PA, Marklin RW (2003) Business case for implementing two ergonomic interventions at an electric power utility. *Appl Ergon* **34**, 429–39.
- 3) Martinez MC, Fischer FM (2009) Stress at work among electric utility workers. *Ind Health* **47**, 55–63.
- 4) Inaba R, Mirbord SM (2010) Subjective musculoskeletal symptoms in winter and summer among indoor working construction electricians. *Ind Health* **48**, 29–37.
- 5) Parkhouse W, Gall B (2004) Task frequency as a function of age for the powerline technician trade. *Ergonomics* **47**, 660–70.
- 6) Graves RJ, de Cristofano A, Wright E, Watt M, White R (1996) Potential musculoskeletal risk factors in electricity distribution linesman tasks. *Contemporary Ergonomics* **1**, 215–20.
- 7) Marklin RW, Yager J (2004) EPRI Ergonomic Handbook for the Electric Power Industry: Ergonomic interventions for manhole, vault and conduit applications. USA, Palo Alto, CA: EPRI 1005430.
- 8) Hansson G-Å, Asterland P, Holmer N-G, Skerfving S (2001) Validity and reliability of triaxial accelerometer for inclinometry in posture analysis. *Med Biol Eng Comput* **39**, 405–13.
- 9) Bernmark E, Wiktorin C (2002) A triaxial accelerometer for measuring arm movements. *Appl Ergon* **33**, 541–7.
- 10) Garg A, Kapellusch JM (2009) Applications of biomechanics for prevention of work-related musculoskeletal disorders. *Ergonomics* **52**, 36–59.
- 11) Burdorf A (2010) The role of assessment of biomechanical exposure at the workplace in the prevention of musculoskeletal disorders. *Scand J Work Environ Health* **36**, 1–2.
- 12) Rodacki ALF, Vieira JE (2010) The effect of different supermarket checkout workstations on trunk kinematics of checkout operators. *Brazilian Journal of Physical Therapy* **14**, 38–44.
- 13) Moriguchi CS, Alencar JF, Miranda Júnior LC, Gil Coury HJC (2009) Musculoskeletal symptoms among energy distribution network linemen. *Brazilian Journal of Physical Therapy* **13**, 123–9.
- 14) Hansson G-Å, Arvidsson I, Ohlsson K, Nordander C, Mathiassen SE, Skerfving S, Balogh I (2006) Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms. *J Electromyogr Kinesiol* **16**, 125–36.
- 15) Brookham RL, Wong JM, Dickerson CR (2010) Upper limb posture and submaximal hand tasks influence shoulder muscle activity. *Int J Ind Ergon* **40**, 337–44.
- 16) Ebaugh DD, McClure PW, Karduna AR (2006) Effects of shoulder muscle fatigue caused by repetitive overhead activities on scapulothoracic and glenohumeral kinematics. *J Electromyogr Kinesiol* **16**, 224–35.
- 17) Jensen BR, Laursen B, Sjøgaard G (2000) Aspects of shoulder function in relation to exposure demands and

- fatigue—a mini review. *Clin Biomech* **15**, S17–S20.
- 18) Kuorinka I, Forcier L (1995) *Work Related Musculoskeletal Disorders (WRMDs): A reference book for prevention*, 1st Ed., Taylor & Francis, London.
 - 19) Bernard B (1997) *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors—A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*. National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication No. 97–141.
 - 20) Delleman NJ, Dul J (2007) International standards on working postures and movements ISO 11226 and EN 1005-4. *Ergonomics* **50**, 1809–19.
 - 21) Svendsen S, Gelineck J, Mathiassen SE, Bonde J, Frich L, Stengaard-Pedersen K, Egunnd N (2004) Work above shoulder level and degenerative alterations of the rotator cuff tendons: a magnetic resonance imaging study. *Arthritis Rheum* **50**, 3314–22.
 - 22) Svendsen SW, Bonde JP, Mathiassen SE, Stengaard-Pedersen K, Frich LH (2004) Work related shoulder disorders: quantitative exposure-response relations with reference to arm posture. *Occup Environ Med* **61**, 844–53.
 - 23) Staal JB, de Bie RA, Hendriks EJM (2007) Aetiology and management of work-related upper extremity disorders. *Best Pract Res Clin Rheumatol* **21**, 123–33.
 - 24) Van den Heuvel SG, van der Beek BM, Blatter BM, Bongers PM (2006) Do work-related physical factors predict neck and upper limb symptoms in office workers?. *Int Arch Occup Environ Health* **79**, 585–92.
 - 25) Larsson B, Sjøgaard K, Rosendal L (2007) Work related neck-shoulder pain: a review on magnitude, risk factors, biomechanical characteristics, clinical picture and preventive interventions. *Best Pract Res Clin Rheumatol* **21**, 447–63.
 - 26) Palmer KT, Smedley DM (2007) Work relatedness of chronic neck pain with physical findings- a systematic review. *Scand J Work Environ Health* **33**, 165–91.
 - 27) Harms-Ringdahl K, Ekholm J, Schüldt K, Németh G, Arborelius U (1986) Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics* **29**, 1539–52.
 - 28) Sakakibara H, Miyao M, Kondo T, Yamada S, Nakagawa T, Kobayashi F (1987) Relation between overhead work and complaints of pear and apple orchard workers. *Ergonomics* **30**, 805–15.
 - 29) Ariëns GAM, Bongers PM, Douwes M, Miedema MC, Hoogendoorn WE, van der Wal G, Bouter LM, van Mechelen W (2007) Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med* **58**, 200–7.
 - 30) Winkel J, Westgaard R (1992) Occupational and individual risk factors for shoulder-neck complaints: Part II —The scientific basis (literature review) for the guide. *Int J Ind Ergon* **10**, 85–104.
 - 31) Davis KG, Marras WS (2000) The effects of motion on trunk biomechanics. Review paper. *Clin Biomech* **15**, 703–17.
 - 32) Calaghan JP, McGill SM (2001) Intervertebral disc herniation: studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clin Biomech* **16**, 28–37.
 - 33) Silverstein B, Clark R (2004). Interventions to reduce work-related musculoskeletal disorders. *J Electromyogr Kinesiol* **14**, 135–52.
 - 34) van Poppel MNM, Hooftman WE, Koes BW (2004) An update of a systematic review of controlled clinical trials on the primary prevention of back pain at the workplace. *Occup Med* **54**, 345–52.
 - 35) Gil Coury HJC, Moreira RFC, Dias NB (2009) Evaluation of the effectiveness of workplace exercise in controlling neck, shoulder and low back pain: a systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy* **13**, 461–79.

ANEXO IV

Artigo aceito XVIII Congresso Mundial de Ergonomi, IEA, 2012

Título: Biomechanical analysis of loading/unloading a ladder on a truck

Autores: Cristiane Shinohara Moriguchi, Letícia Carnaz, Richard William Marklin, Luiz Carlos de Miranda Júnior, Helenice Jane Cote Gil Coury

Biomechanical analysis of loading/unloading a ladder on a truck

Cristiane Shinohara Moriguchi^a, Leticia Carnaz^a, Luiz Carlos de Miranda Junior^b, Richard William Marklin^c and Helenice Jane Cote Gil Coury^{a,*}

^a *Department of Physical Therapy, Federal University of São Carlos, Washington Luís Road, Km 235, SP310, CEP 13565-905, São Carlos, São Paulo, Brazil.*

^b *Center of Technological Higher Education, State University of Campinas, Rua Paschoal Marmo, Jardim Nova Itália, 1888, CEP 13484-332, Limeira, São Paulo, Brazil.*

^c *Department of Mechanical Engineering, Marquette University, P.O. Box 1881, WI 53201-1881, Milwaukee, WI, United States of America.*

Abstract: Loading/unloading a ladder on vehicles are frequent tasks and involve overhead handling that may expose workers to risk factors of shoulder musculoskeletal disorders. The objective of the present study was to evaluate posture, forces required and perceived exertion when loading and unloading the ladder on a utility truck. Thirteen male overhead line workers from an electric utility in Brazil participated in this study. Shoulder elevation angle was measured using inclinometers. The required force to load/unload the ladder was measured by dynamometer. Subjective assessment of the perceived exertion was recorded to compare the exertion reported during the test conditions to the field conditions. The task of loading/unloading the ladder presented risks of shoulder musculoskeletal disorders (MSDs) to workers because it requires high levels of force (approximately 60% of the maximal force) combined with overhead posture of the shoulders (more than 100° from the neutral posture). Age and height presented to interfere in biomechanical risks presented in load/unload task. There was no significant difference between the subjective exertion during the test conditions and handling the ladder in the field. Ergonomic intervention is recommended to reduce these risks for shoulder MSDs.

Keywords: overhead workers, biomechanics, musculoskeletal disorders, shoulder

1. Introduction

Diverse workers use ladders in their daily work activities, such as overhead line workers, telephone technician and construction electricians. The use of ladders at different workplaces requires the frequently loading and unloading of the ladders from the vehicle. In the available literature, Imbeau et al. [5] identified workers complaints regarding the task of loading/unloading the ladder in the vehicle support due to its high disposition (1.8 meters above the ground), requiring the worker to be tiptoed to reach the ladder. Moriguchi et al. [11] found high

levels of shoulders elevation during loading/unloading the ladder from the trucks among overhead workers, which may expose them to risk factors of musculoskeletal disorders affecting the shoulder. Besides the biomechanical overload, lifting, manipulating and load/unload the ladder from the vehicle is also related to 21% of environmental ladder accidents [Bell Canada, 1993 apud 5].

Although some of these studies have identified the presence of risk factors for musculoskeletal disorders, the task of loading and unloading a ladder on a truck/vehicle (Figure 1) has not been already evaluated in details. In this sense, the biomechanical

*Corresponding author. E-mail: Helenice@ufscar.br. Tel number +55(16)3351-8634. Fax number +55(16)3361-2081

load involved in this task needs to be evaluated. The objective of the present study is to evaluate the posture, forces required and perceived exertion when loading and unloading the ladder on a utility truck.



Fig. 1. Overhead loading and unloading a truck ladder by a line worker (ladder support is at 1.70 meters above the ground).

2. Methods

2.1. Subjects

Thirteen male overhead line workers from an electric utility in Brazil participated in this study (mean age 37.8 ± 8.1 years; height 1.77 ± 0.07 meters; experience on the job 11.3 ± 7.9 years). This sample corresponds to 87% of line workers that perform emergency/maintenance function at an utility's regional branch.

2.2. Procedures

Posture, forces required and perceived exertion were evaluated during loading and unloading the ladder on a utility truck.

2.2.1. Posture

Shoulder elevation angle was measured using inclinometers fixed below the deltoid insertion (Logger Tecknologi, Akarp, Sweden) for 13 workers at 20Hz of data acquisition. However, 4 line worker's data were excluded due to technical problems. The reference position was obtained with

the subject sitting with the arm hanging perpendicular to the floor with a 2 kg dumbbell in the hand and the forward direction position for upper arms was set at 90° of elevation in the scapular plane.

Shoulders posture was recorded during maximal pulling and pushing force tests.

2.2.2. Force

Thirteen workers were asked to simulate the force required to load and to unload the ladder on a device fixed on the ladder support on top of the bed of the truck, at a height of 1.70 meters above the ground. (Figure 2). A dynamometer (Kratos, DDK, 100kgf) was inserted in the device to record the pulling and pushing force required to unload and load the ladder, respectively, and the maximum pulling and pushing forces. Each trial was performed three times with 30 seconds of interval between them. The order of the simulation tasks was random and the maximal force was measured just after the simulation of the tasks.

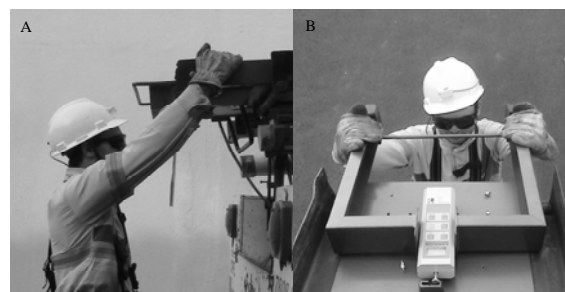


Fig. 2. Side (A) and top (B) views of the test conditions during measurements of the required force to unload the ladder on truck support.

2.2.3. Perceived exertion

Eleven workers answered twice a subjective assessment of the perceived exertion using the Borg CR10 Scale [2]. Perceived exertion scale was used to compare the exertion reported during the test conditions with the dynamometer (Figure 2) to the exertion of loading/unloading the ladder in field conditions, where force and posture was not measured.

2.3 Data analysis

The 50th percentile (median) of the angular distribution data was considered to verify the shoulder posture during maximal voluntary contraction recordings. The mean of the three trials was calculated to present the shoulder elevation.

The pulling and pushing force measurements to unload and load the ladder, respectively, are presented in kgf and also in relation to the maximum force (percentage of maximal force). The mean of three trials was calculated to verify the required force to perform the tasks.

Since the data presented normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov test, Pearson Correlation test was used to verify the correlation between the variables (age, height, pulling and pushing force in relation to maximal force, perceived exertion in the field and during test conditions, right shoulder elevation) and T-test was used for paired comparisons. Statistical tests were performed using SPSS 11.5 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

3. Results

For unloading the ladder the required force was 22.4±8.1kgf (58.8±11.9% of maximal pulling force). For loading the ladder the required force was 23.1±7.2kgf (60.5±12.0% of maximal pushing force). There was no statistical difference between the required force to load and unload the ladder (p=0.6). The levels of shoulder elevation during maximal pulling test were 103±6° for the right and 104±11° for the left upper arm. During maximal pushing test, the right upper arm presented 111±13° of elevation and the left one, 112±16°. The amplitude of shoulder posture presented during pushing test were statistically higher than pulling test for the right (p=0.04) and for the left shoulders (p<0.01). There was no significant difference (p=0.23) between the subjective exertion during the test conditions (mean of perceived exertion scores were 3.3±1.9) and handling the ladder in the field (mean of perceived exertion scores were 2.7±1.7).

Correlations between dependent variables could be seen at Table 1.

Table 1. Correlations between age, workers height, pulling and pushing force required to load and unload the ladder on the truck in relation to the subjects' maximal force. Borg Perceived exertion rates using the ladder at filed and at test site, and right upper arm elevation.

	Age	Height	Pulling (% max force) in test conditions	Pushing (% max force) in test conditions	Perceived Exertion using the ladder in the field	Perceived Exertion during test conditions
Height	r = -0.36 p = 0.27					
Pulling force in test conditions (% max force)	r = 0.52 p = 0.09	r = -0.54 p = 0.07				
Pushing force in test conditions (% max force)	r = 0.15 p = 0.64	r = -0.58 p = 0.05	r = 0.57 p = 0.04			
Perceived Exertion using the ladder in the field	r = 0.63 p = 0.04	r = -0.44 p = 0.21	r = 0.46 p = 0.15	r = 0.59 p = 0.06		
Perceived Exertion during test conditions	r = 0.11 p = 0.74	r = -0.36 p = 0.30	r = 0.32 p = 0.35	r = 0.45 p = 0.17	r = 0.65 p = 0.03	
Right shoulder elevation	r = 0.35 p = 0.36	r = -0.67 p = 0.05	r = 0.75 p = 0.02	r = 0.35 p = 0.36	r = 0.06 p = 0.87	r = 0.06 p = 0.87

Statistical significant correlations were found between age and perceived exertion using the ladder in the field ($r=0.63$), showing that older workers presented higher levels of perceived exertion. The found correlation between worker height and pushing force to load the ladder ($r=-0.58$) reveals that taller workers perform the task with lower percentage of maximal force. Taller workers also presented lower levels of shoulder elevation ($r=-0.67$). The correlation between pulling force to unload the ladder and shoulder elevation ($r=0.75$) agrees with the previous correlations that indicates lower levels of shoulder elevations and lower levels of force are required for taller workers to perform the task and the opposite for shorter workers. Perceived exertion experienced during the test conditions presented to be related to perceived exertion in field conditions ($r=0.65$).

4. Discussion

The tasks of loading and unloading the ladder on a truck present risks of shoulder musculoskeletal disorders (MSDs) to workers because they require high levels of force (approximately 60% of the maximal force) combined with overhead posture of the shoulders (more than 100° from the neutral posture). The combination of high force and overhead posture, mainly for pulling backwards, require high levels of shoulder muscles activities [3]. According to Chopp et al. [3], to exert 30N of force to pulling backwards, it could require, respectively, more than 25%, 20% and 15% of maximal voluntary exertion for the deltoid, upper trapezius and infraspinatus muscles. On the other side, the pushing forward forces require lower level of muscle activity, around 90% less than when pulling backwards, which could be related to gravitational assistance during pushing [3]. Other difference between pulling and pushing tasks is the minor level of lower back compression during pushing [6]. However, almost the same amount of joint moment load during pushing and pulling tasks at shoulder level have been reported by Kuijer et al. [6]. By this way, the high levels of force exerted and shoulders awkward postures presented by the line workers when loading and

unloading the ladder indicate the need for task ergonomic redesign.

The simulation of the loading/unloading task using the constructed device required the same exertion of the workers when the task was performed in field conditions. This result indicates that the setup built for the simulation of the experimental conditions was reliable. In both cases, low scores of perceived exertion were found for loading/unloading the ladder although the high levels of force required to perform the task. These results could be related to the short duration of the exertions to perform the task.

Age was associated with perceived exertion ($r=0.63$), which could be related to the reduced musculoskeletal capacity in the older workers [4]. This factor could also be related to the change on the types of task performed by older workers [9]. According to Parkhouse and Gall [9], older workers reduce their work on poles and powers, but present higher or equal frequency of pushing and pulling tasks. By this way, the task of loading and unloading the ladder on the truck could have different impact among older workers.

The correlations between the subjects' height and pushing force ($r=-0.58$) and between pulling and the shoulder elevation ($r=0.75$) showed that taller workers use less percentage of maximal force to load/unload a ladder. In this sense, for shorter workers the overload of loading/unloading the ladder are higher, since higher levels of force require higher levels of muscles activation, which lead to more tension on tendons [1].

Considering the high number of shoulder complaints among overhead workers [7] and the risk factors described here, ergonomics intervention is necessary to reduce these risks for shoulder musculoskeletal disorders. This is particularly important when we consider that older workers are kept working longer and that age is associated with strength reduction.

Acknowledgments: To FAPESP Process Number 2008/10.399-0.

References

- [1] B. Bernard, *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors – A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back*. National Institute for Occupational Safety and Health, Publication No. 97-141; 1997.
- [2] G. Borg, *Borg's perceived exertion and pain scales*, ed., Human Kinetics, Champaign, 1998.
- [3] J.N. Chopp, S.L. Fischer, C.R. Dickerson, The impact of work configuration, target angle and hand force direction on upper extremity muscle activity during sub-maximal overhead work, *Ergonomics* 53 (2010), 83-91.
- [4] J.E. Ilmarinen, Aging workers, *Occupational Environmental Medicine* 58 (2001), 546-552.
- [5] D. Imbeau, Y. Montpetit, L. Desjardins, P. Riel, J.D. Allan, Handling fiberglass extensions ladders in the work of telephone technicians, *International Journal of Industrial Ergonomics* 22 (1998), 177-194.
- [6] P.P.M. Kuijer, M.J.M. Hoozemans, M.H.W. Frings-Dresen. A different approach for the ergonomic evaluation of pushing and pulling practice, *International Journal of Industrial Ergonomics* 37 (2007), 855-862.
- [7] C.S. Moriguchi, J.F. Alencar, L.C. Miranda-Júnior, H.J.C. Gil Coury, Musculoskeletal symptoms among energy distribution network linemen, *Brazilian Journal of Physical Therapy* 13 (2009), 123-129.
- [8] C.S. Moriguchi, L. Carnaz, J.F. Alencar, L.C. Miranda-Júnior, L. Granqvist, G.-A. Hansson, H.J.C. Gil Coury, Postures and Movements in the Most Common Tasks of Power Line Workers, *Industrial Health* 49 (2011), 482-491.
- [9] W. Parkhouse, B. Gall. Task frequency as a function of age for the powerline technician trade, *Ergonomics* 47 (2004), 660-670.