

Risco de lesões de ombro em cortadores de cana-de-açúcar: análise baseada na simulação dos movimentos

Risk of shoulder injuries in sugarcane workers: analysis based on the simulation of the movements

Iracimara de Anchieta Messias¹ ✉, Fabiana Rodrigues de Andrade¹, Almir Olivette Artero², Líria Akie Okai de Albuquerque Nóbrega³

¹ Departamento de Planejamento, Urbanismo e Ambiente da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Presidente Prudente, SP.

² Departamento de Matemática e Computação da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Presidente Prudente, SP.

³ Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, MG.

RESUMO

OBJETIVOS: Avaliar se os ângulos de amplitude da flexão e abdução de ombro, nos movimentos realizados durante uma simulação da tarefa do corte de cana-de-açúcar, ultrapassam os limites considerados seguros.

MÉTODOS: Foram realizadas simulações controladas não randomizadas do movimento do corte de cana-de-açúcar em voluntários recrutados entre estudantes universitários. Os critérios de inclusão foram (a) sexo masculino; (b) idade entre 21 e 40 anos; (c) destro; (d) sem alterações ortopédicas e/ou neurológicas; (e) características físicas e histórico de atividades laborais semelhantes às dos cortadores de cana; (f) atividade física aeróbica pelo menos três vezes por semana nos últimos seis meses. Os critérios de exclusão foram (a) presença de dor durante os testes; e (b) incapacidade de realizar o movimento. O estudo foi realizado no laboratório de biomecânica ocupacional do Núcleo de Estudo e Pesquisa em Ergonomia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. Os dados cinemáticos foram coletados pelo Sistema de Análise de Movimento Tridimensional Vicon®. As aberturas em flexão e abdução do ombro direito foram medidas e classificadas. Os parâmetros utilizados para avaliar os resultados tiveram como referência o documento do Ministério da Saúde que sintetiza os limites seguros de amplitude desses movimentos.

RESULTADOS: Foram avaliados 10 sujeitos, com média de idade de 24,5±4,78 anos. Foram analisadas 39 coletas obtidas com repetições dos movimentos durante um período médio de 30 segundos. O ângulo de abertura do ombro em flexão permaneceu acima de 30 graus por 98,18% do tempo de execução da tarefa, acima de 45 graus por 88,84%, acima de 60 graus por 42,19% e acima de 90 graus por 7,72% do tempo. O ângulo de abdução permaneceu acima de 60 graus por 100% e acima de 90 graus por 57,59% do tempo. Nos picos de amplitude de movimento observaram-se aberturas em abdução com ângulos superiores a 100 graus.

CONCLUSÕES: Durante a maior parte do tempo dos experimentos que simularam o movimento de corte de cana-de-açúcar, os ângulos de flexão e abdução do ombro estiveram acima dos considerados seguros, indicando que a atividade realizada por cortadores de cana-de-açúcar possui um forte potencial para causar danos à articulação dos ombros.

DESCRIPTORIOS: saúde do trabalhador; trabalhadores rurais; articulação do ombro; síndrome de colisão do ombro; riscos ocupacionais.

ABSTRACT

AIMS: To evaluate whether the amplitude angles of shoulder flexion and abduction, in the movements performed during a simulation of the sugarcane cutting task, exceed the limits considered safe.

METHODS: Non-randomized controlled simulations of the movement of sugarcane cutting were performed in volunteers recruited among university students. Inclusion criteria were (a) male sex; (b) age between 21 and 40 years; (c) right handed; (d) without orthopedic and/or neurological impairment; (e) physical characteristics and a history of work activities similar to that of sugarcane cutters; (f) performing aerobic physical activity at least three times a week in the last six months. The exclusion criteria were (a) presence of pain during the tests; and (b) inability to perform the movement. The study was carried out in the laboratory of occupational biomechanics of the Center for Study and Research in Ergonomics of the School of Science and Technology of the State University of São Paulo. The kinematic data were collected by the Vicon® Three-Dimensional Movement Analysis System. The movements of flexion and abduction of the right shoulder were measured and classified. The parameters used as reference to evaluate the results were those published by the Ministry of Health of Brazil, which synthesizes the safe limits of amplitude of these movements.

RESULTS: Ten subjects were evaluated, with a mean age of 24.5±4.78 years. A total of 39 samples obtained with the movement repetitions were analyzed during an average period of 30 seconds. The angle of shoulder in flexion remained above 30 degrees during 98.18% of the task execution time, above 45 degrees during 88.84%, above 60 degrees during 42.19% and above 90 degrees during 7.72% of the time. The abduction angle remained above 60 degrees throughout all the time and above 90 degrees during 57.59% of the time. In the amplitude of movement spikes, abduction apertures with angles greater than 100 degrees were observed.

CONCLUSIONS: During most of the time of the experiments that simulated the movement of sugarcane cutting, the flexion and abduction angles of the shoulder were above those considered safe, indicating that the activity performed by sugarcane cutters has a strong potential to cause damage to the shoulder joint.

KEYWORDS: occupational health; rural workers; shoulder joint; shoulder impingement syndrome; occupational risks.

Recebido: 02/06/2017

Aceito: 09/08/2017

Publicado: 28/08/2017

✉ **Correspondência:** iracimara@fct.unesp.br

Rua Roberto Simonsen, 305
CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil



Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a publicação original seja corretamente citada. http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pt_BR

Abreviaturas: RELB, right elbow; RSHO, right shoulder; CLAV, clavicle.

INTRODUÇÃO

No Brasil, as áreas destinadas ao cultivo da cana-de-açúcar sofreram um grande aumento nos últimos anos, por causa de uma crescente demanda no consumo interno e também por causa da exportação de combustível e açúcar [1]. Em várias regiões do país, o corte de cana continua sendo realizado diretamente pelo ser humano, ou seja, de forma totalmente manual, o que pode causar aos trabalhadores uma fadiga muscular muito grande no final de cada jornada de trabalho, devido ao intenso ritmo de execução dessa tarefa. Em média, um trabalhador colhe em torno de doze toneladas de cana por dia, realizando mais de 130 mil golpes com o podão e mais de 36 mil flexões e rotações torácicas. Além disso, o trabalhador caminha em média 8.800 metros, em condições extremas, perdendo cerca de oito litros de água por dia [2]. Estudos realizados por Alves [2], Messias e Okuno [4], Rocha et al. [5] e Novaes [6] verificaram que a atividade do corte de cana-de-açúcar tem múltiplos fatores de exposição ocupacional, como a sobrecarga física, a exposição a fatores ambientais diversos, incluindo intempéries meteorológicas, o risco de ataques de animais peçonhentos, o risco de acidentes causados pelas ferramentas de trabalho e o ritmo intenso, uma vez que a remuneração é feita de acordo com a produção de cada trabalhador [2-6].

Devido ao movimento intenso que a tarefa exige, uma das áreas mais afetadas nos cortadores de cana-de-açúcar é a articulação do ombro. Estudos mostram que as principais causas de dores nessa região são decorrentes da síndrome do impacto, que resulta, sobretudo, de movimentos do braço acima da altura do ombro, provocando maior atrito dos seus tendões com o acrômio. Os tecidos moles, entre a cabeça do úmero e a parte superior da escápula (acrômio) ficam comprimidos ou tensos em determinados movimentos do braço e, se realizados repetidamente por longos períodos, podem causar dor e incapacidades [7-9]. O conhecimento dos movimentos realizados frequentemente em determinadas condições de trabalho pode apontar as situações que ocasionam as lesões, sendo de grande interesse para a preservação da saúde dos trabalhadores.

Basmajian [10] afirma que entender os movimentos normais e anormais das articulações é importante

para a compreensão da anatomia funcional. Ao longo dos anos, as técnicas de medição dos movimentos articulares sofreram um grande avanço, principalmente com a inserção dos sistemas tridimensionais de análise do movimento [11, 12]. Jordan et al. [13] salientam que esses dispositivos constituem importantes instrumentos para se obter medidas mais precisas dos movimentos. De fato, estudos usando sistemas automáticos de coleta de dados, com marcadores fixos ao corpo, estão se tornando mais comuns nos últimos anos [14, 15]. Entretanto, devido ao alto custo desses sistemas e à complexidade da sua manipulação técnica, ainda existem poucos centros que os utilizam na demanda laboral.

Este estudo teve como objetivo avaliar os movimentos dos membros superiores durante uma simulação da tarefa do corte de cana-de-açúcar, com a finalidade de quantificar se os ângulos da articulação do ombro ultrapassam os limites de amplitude da flexão e abdução considerados seguros no ambiente de trabalho.

MÉTODOS

Foram realizadas simulações controladas não randomizadas do movimento do corte de cana-de-açúcar em sujeitos recrutados por conveniência dentro da população de estudantes universitários da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP), localizada na cidade de Presidente Prudente-SP. Os critérios de inclusão foram (a) ser do sexo masculino; (b) ter idade entre 21 e 40 anos; (c) ser destro; (d) não apresentar alterações ortopédicas e/ou neurológicas; (e) ter características físicas e histórico de atividades laborais semelhantes às dos cortadores de cana [2, 4, 5]; (f) praticar atividade física aeróbica pelo menos três vezes por semana nos últimos seis meses. Os critérios de exclusão foram: (a) presença de dor durante os testes; e (b) incapacidade de realizar a simulação do movimento.

Neste trabalho optou-se por indivíduos destros uma vez que, de acordo com trabalho desenvolvido anteriormente [4], 50% da postura adotada pelos trabalhadores é golpeando a cana. Na situação real do corte de cana de açúcar, a atividade de cortar cana inclui os seguintes passos: (i) os trabalhadores seguram o facão com o membro dominante (mais comumente o membro superior direito); (ii) flexionam o tronco segurando o feixe de cana (com quatro a seis canas) com o membro superior esquerdo; (iii) elevam o membro com o facão para obter força e velocidade golpeando o feixe de cana; (vi) realizam esse movi-

mento de quatro a cinco vezes até cortar todo o feixe pela raiz.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (parecer número 086008/2013). Todos os sujeitos foram esclarecidos quanto ao trabalho a ser realizado e um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado por todos os participantes. A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Biomecânica do Trabalho do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Ergonomia (NEPErg) da FCT-UNESP, na cidade de Presidente Prudente, SP, Brasil. As aquisições dos dados foram realizadas com o Sistema de Análise de Movimento Tridimensional da Vicon (Vicon MX systems, Oxford Metrics Group, Reino Unido) (**Figura 1**), que é constituído de quatro câmeras modelo TS10, usando uma frequência de aquisição de 100 Hz. A coleta *in loco* foi inviável por causa das dificuldades encontradas em campos abertos de trabalho agrícola e, também devido ao fato do sistema Vicon ser bastante sensível às condições de iluminação, precisando operar em ambiente controlado [12].

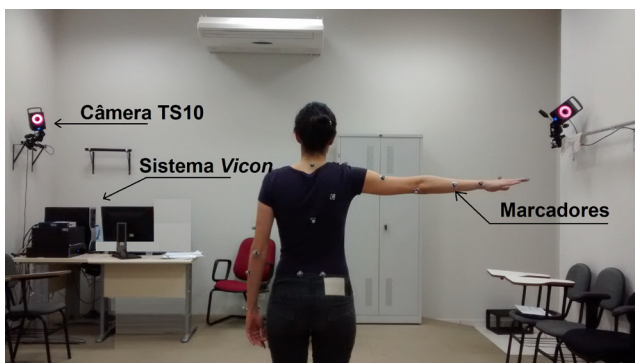


Figura 1. Sessão de coleta de dados tridimensionais utilizando o sistema de captura de imagens Vicon® [12]. Laboratório de Biomecânica do Trabalho do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Ergonomia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente-SP.

O sistema Vicon usa marcadores passivos fixados ao corpo para realizar a captura dos movimentos, assim, os sujeitos utilizaram roupas de banho, que permitiam uma correta fixação dos marcadores junto ao corpo. Neste trabalho, foi utilizado o modelo biomecânico *Plug-In Gait upper-body-with-pelvis-no-head* [16], que define a fixação de 23 marcadores, conforme mostra a **Figura 2**. Após a colocação dos marcadores, todos os participantes assistiram a um vídeo demonstrativo da atividade do corte da cana, realizado por trabalhadores rurais, objetivando uma familiarização com a tarefa

a ser executada. Em seguida, os participantes foram posicionados no centro de convergência das câmeras e simularam o movimento de pega de um feixe com aproximadamente seis canas, flexionando o tronco anteriormente e golpeando entre cinco e oito vezes, simulando o corte da base das plantas, como se estivessem com a ferramenta (facão ou podão) utilizada no corte. Não foi utilizada a ferramenta pois a parte metálica da lâmina comprometeria a qualidade da coleta. Esse procedimento foi repetido quatro vezes por cada participante, sendo de 30 segundos o tempo médio de cada procedimento de simulação. Houve um período de repouso entre as coletas em torno de 30 segundos.

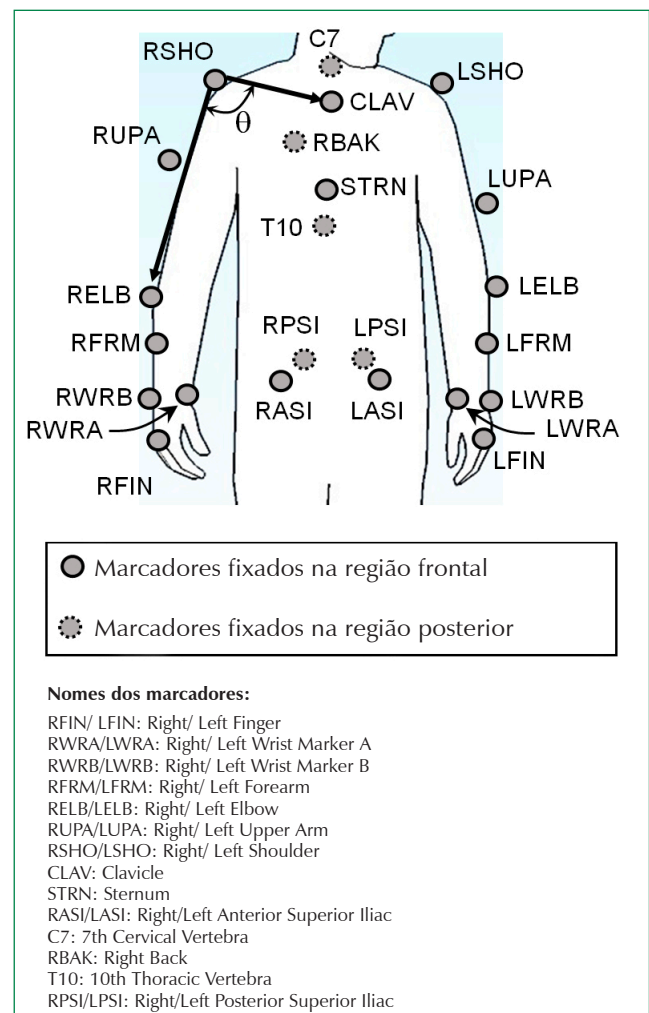


Figura 2. Posicionamento dos marcadores usados no modelo *Plug-In Gait upperbody-with-pelvis-no-head*. Os marcadores RSHO, RELB, CLAV, interligados por flechas retas, foram usados para medir o ângulo θ formado entre o ombro e o braço, neste trabalho. Fonte: Vicon® [12].

Para comparação com a literatura [7] sobre os fatores de risco posturais nos ombros, este trabalho apresenta uma avaliação dos movimentos de três marcadores relacionados com o ombro direito. As medidas dos ângulos formados entre o ombro e o braço direito foram obtidas considerando a posição dos marcadores *RELB* (*RightElbow*), *RSHO* (*RightShoulder*) e *CLAV* (*Clavicle*) (**Figura 2**). O cálculo do ângulo θ (em radianos), formado entre o segmento tronco (*RSHO-CLAV*) e o segmento braço direito (*RSHO-RELB*), foi realizado a partir das coordenadas tridimensionais desses marcadores, usando a seguinte equação:

$$\theta = \arccos \left(\frac{\langle \vec{v}_1, \vec{v}_2 \rangle}{|\vec{v}_1| \cdot |\vec{v}_2|} \right)$$

onde: \vec{v}_1 é o vetor tridimensional obtido com *CLAV-RSHO* (segmento tronco), \vec{v}_2 é o vetor tridimensional obtido com *RELB-RSHO* (segmento braço) e \arccos é a função que obtém o ângulo, em graus, a partir do seu cosseno. Para este trabalho, foram descritos os movimentos de flexão no plano sagital e abdução no plano frontal.

Quadro 1. Fatores de risco posturais nos ombros mais apontados na literatura [7, 9, 17-29].

1) Abdução ou flexão de mais de 60° por mais de 1h/dia pode causar dor aguda no ombro e no pescoço [17].
2) Flexão de menos de 15° e abdução de 10° do braço para trabalho contínuo com baixa carga, tem gerado um aumento de afastamentos do trabalho por problemas do sistema músculo esquelético [9].
3) Abdução maior que 30° pode ocasionar fadiga rápida [18].
4) Abdução maior que 45° causa fadiga rápida [19].
5) Abdução maior que 100°, pode ocasionar a síndrome da hiperabdução, com compressão de vasos sanguíneos [20].
6) Flexão dianteira de 30° do ombro ou abdução maior que 30° podem gerar uma diminuição do fluxo sanguíneo no músculo supra espinhal [21].
7) Flexão ou abdução do membro superior a mais de 90° pode levar a detecção de fadiga muscular local em menos de um minuto em sinais eletromiográficos [22, 23]. Esses mesmos estudos apontam que a flexão repetitiva do ombro pode causar uma fadiga aguda.
8) A abdução ou flexão repetitiva do ombro pode causar sintomas em pescoço e ombros, negativamente relacionados ao movimento [24].
9) Posturas que demandem carga estática em ombros podem ocasionar o surgimento de tendinites e outros danos aos ombros [25].
10) Elevação e abdução dos membros superiores e ombros tem ocasionado o aparecimento de dores e outros desconfortos no pescoço e nos ombros [24, 26, 27].
11) Abdução e flexão dianteira demandando cargas estáticas nos ombros podem gerar dor nos ombros e afastamentos do trabalho, devido a problemas músculo esqueléticos [28, 29].

Os resultados obtidos foram avaliados tendo como referência o documento publicado pelo Ministério da Saúde [7], sintetizado no **Quadro 1**, que descreve vários estudos [9, 17-29] com objetivo de orientar profissionais que atendem trabalhadores com suspeita de doenças relacionadas ao trabalho.

RESULTADOS

Participaram deste estudo 10 indivíduos do sexo masculino, com idade entre 21 e 35 anos (média de 24,5±4,78 anos), altura entre 1,61 e 1,92 m (média de 1,74±0,095 m), peso entre 60,3 e 91,2 kg (média de 74,74±12,69 kg) e índice de massa corporal entre 20,4 e 29,2 kg/m² (média de 24,31±2,8 kg/m²). Atendendo aos critérios de inclusão, todos os indivíduos selecionados tinham em seu histórico experiência com atividade rural e eram praticantes de atividade física aeróbica regular. Desse modo, foram incluídos seis indivíduos que na época da coleta trabalhavam em atividades rurais; um bancário; e três estudantes em período integral.

A **Tabela 1** mostra os valores máximos de flexão e abdução do ombro direito obtidos nas 39 coletas realizadas. Todas as coletas apresentaram picos de amplitude superiores a 70 graus de flexão, e 30,55% das coletas apresentaram picos de amplitude superiores a 90 graus de flexão. Nem sempre todos os marcadores fixados nas pessoas apareceram em todas as imagens capturadas (*frames*). Nos *frames* em que pelo menos um dos marcadores (*CLAV*, *RSHO*, *RELB*, *LSHO*) usados nos cálculos foi perdido, não foi possível calcular o ângulo. Isso ocorreu nas coletas 23, 24 e 28, que não possuem valores na tabela. No movimento de abdução, em torno de 92,3% das coletas apresentaram picos de abdução do ombro superiores a 90 graus (**Tabela 1**).

Como se pode observar na **Tabela 2**, os ângulos de flexão e abdução na simulação do movimento ficam acima do descrito como ideal na literatura [7] em quase 100% do tempo das coletas realizadas. Vale ressaltar que o movimento de abdução do ombro ultrapassou com frequência os 100 graus de amplitude de movimento.

A **Figura 3** é constituída pelos gráficos que representam as medidas de abertura do ombro, ao longo dos cinco golpes com o facão, registradas em sete coletas (coletas 8, 32, 33, 34, 35, 36 e 37). A figura mostra que os picos de movimento ultrapassaram, na maioria das vezes, 100 graus de abertura do ombro.

Tabela 1. Ângulos máximos observados durante a simulação de movimentos do corte de cana, em cada uma das 39 coletas realizadas em 10 voluntários. Os ângulos estão acima dos ideais conforme a literatura [7]. Os valores faltantes decorreram da não captação de alguns dos marcadores essenciais para o cálculo do ângulo. Laboratório de Biomecânica do Trabalho do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Ergonomia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente-SP.

Coletas	Ângulos máximos	
	Flexão máxima	Abdução máxima
1	81,0836	113,4751
2	94,4456	124,1847
3	80,5779	122,3130
4	71,2228	91,2897
5	73,4133	92,7070
6	76,6186	92,3123
7	75,6955	97,4006
8	83,7978	115,0724
9	81,9182	113,2702
10	80,5004	111,0105
11	82,5804	107,1544
12	82,0368	99,0377
13	81,5036	97,4612
14	77,7303	93,8580
15	79,4849	105,0969
16	96,1064	98,3145
17	82,9415	92,1385
18	83,6641	95,4177
19	79,3187	98,4897
20	103,0996	117,4515
21	103,2809	117,2227
22	96,7887	108,7051
23	–	111,0900
24	–	111,0900
25	80,8791	112,7808
26	76,8527	105,3772
27	74,2540	100,8929
28	–	103,7599
29	83,7949	83,5599
30	74,8224	87,8201
31	71,5616	82,0035
32	86,5526	108,7864
33	102,5477	112,1043
34	96,3190	117,5473
35	105,8740	114,3457
36	104,5668	104,7674
37	100,8250	101,0054
38	88,5748	99,7231
39	96,6285	101,9748

Tabela 2. Tempo médio, em porcentagem, em que a abertura do ombro ultrapassou 30°, 45°, 60° e 90°, durante o experimento de simulação de movimentos do corte de cana, em 10 voluntários. Laboratório de Biomecânica do Trabalho do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Ergonomia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente-SP.

Ângulo	Flexão (%)*	Abdução (%)†
>30°	98,18	100,00
>45°	88,84	100,00
>60°	42,19	100,00
>90°	7,72	57,59

* Porcentagem do tempo de execução da tarefa em que o ombro permaneceu em flexão acima do ângulo indicado.

† Porcentagem do tempo de execução da tarefa em que o ombro permaneceu em abdução acima do ângulo indicado.

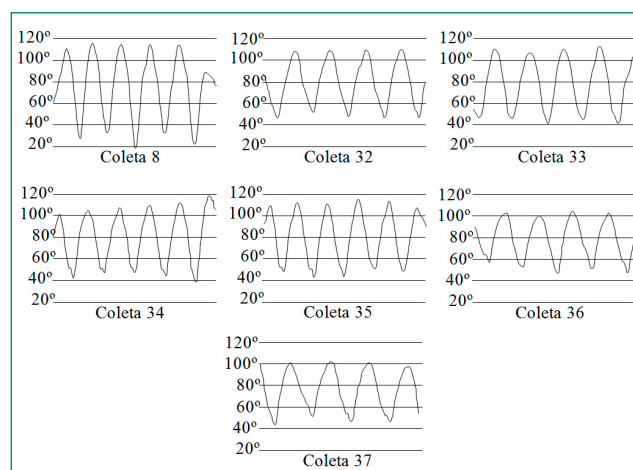


Figura 3. Medidas dos ângulos de abertura do ombro observadas nas coletas 8, 32, 33, 34, 35, 36 e 37 do experimento de simulação do corte de cana, em 10 voluntários. Pode-se observar o padrão de amplitude dos movimentos durante os golpes. Nos picos dos movimentos (em cada golpe), os ângulos sempre atingem medidas maiores que as descritas na literatura como sendo ideais. Laboratório de Biomecânica do Trabalho do Núcleo de Estudos e Pesquisa em Ergonomia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente-SP.

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos com a simulação da atividade de corte de cana-de-açúcar mostraram que os movimentos realizados pela articulação do ombro que utiliza o instrumento para tal atividade podem levar a risco de lesões, conforme os estudos que determinaram os limites seguros de amplitude desses movimentos [7].

A realização da atividade de corte de cana-de-açúcar é bastante repetitiva, com movimentos seguindo um padrão bem definido, como mostram os gráficos.

Observando-os, podemos constatar que os resultados descritos neste trabalho são semelhantes aos obtidos por Cliquet et al. [30], mostrando certa consistência nesse tipo de movimento. Durante as simulações dos movimentos realizados pelos trabalhadores do corte da cana-de-açúcar, o ombro direito manteve-se em flexão acima de 30 graus em 98,18% do tempo e, segundo Järholm et al. [21], esse padrão de movimento tende a gerar uma diminuição do fluxo sanguíneo no músculo supraespinhal, com suas possíveis implicações. Bjelle et al. [17] descrevem, também, que tal movimento, acima de 60 graus por períodos superiores a uma hora por dia, pode causar dores no ombro e no pescoço. Usando sinais eletromiográficos, Hagberg [22, 23] observou que a flexão acima de 90 graus causa fadiga muscular local em menos de um minuto. Esses mesmos estudos apontaram que a flexão repetitiva tende a causar uma fadiga aguda, o que também foi confirmado por Kilbom et al. [24]. Portanto, de acordo com a literatura [7, 9, 17-29], os resultados obtidos neste estudo apontam que a atividade realizada pelos cortadores de cana tem potencial para causar dores no ombro e no pescoço [17], fadiga muscular rápida [18, 19] e gerar uma diminuição do fluxo sanguíneo no músculo supraespinhal [21].

Quanto ao movimento de abdução do ombro, a simulação mostrou que a amplitude permanece acima de 90 graus por mais da metade do tempo total do movimento e, de acordo com Hagberg [22, 23], isso pode causar fadiga muscular local em menos de um minuto, com sintomas no pescoço e nos ombros, como dores e desconforto [24, 26, 27]. O estudo de Beyer e Wright [20] apontou que a abdução maior que 100 graus pode ocasionar a síndrome da hiperabdução, com compressão de vasos sanguíneos.

Estudos têm identificado um grande desgaste físico devido às exigências das usinas sucroalcooleiras com relação à matéria-prima da cana, e também ao pagamento realizado por produção. Essas medidas contribuíram para o aumento da quantidade média de cana-de-açúcar cortada por cada trabalhador durante um dia de trabalho, de três toneladas na década de 1950, para 12 toneladas atualmente [2, 4, 9]. É, portanto, fundamental, entender a dinâmica dos movimentos realizados pelos trabalhadores durante a jornada de trabalho [25, 29].

O presente estudo apresenta limitações que precisam ser consideradas. Em primeiro lugar ele não foi realizado *in loco*, considerando todo o ambiente de trabalho, com suas ferramentas, ambiente, ritmo entre

outros. Medir os ângulos de amplitude de movimento dos membros do corpo humano durante a execução de atividades *in loco*, como é o caso do corte de cana-de-açúcar, não é uma tarefa simples. Por isso, é comum realizar esse tipo de experimento em ambientes controlados.

Além disso, os participantes não eram cortadores de cana de açúcar, os quais foram impedidos de participar das coletas devido à sua extensa jornada de trabalho. Durante a realização das coletas, os sujeitos simularam o movimento de corte de cana-de-açúcar sem instrumentos laborais em mãos. Observa-se que nas atividades realizadas *in loco*, os trabalhadores adaptam suas ferramentas (com tamanhos de cabos e formato de lâminas diferentes), de acordo com suas características físicas, para melhor rendimento do corte, dificultando uma padronização para a amostra. Comparando qualitativamente, através da análise visual, as amplitudes de movimento observadas nos vídeos realizados durante o trabalho *in loco*, com as amplitudes de movimento dos voluntários durante as coletas em laboratório, nota-se uma grande semelhança. Dessa forma, o estudo limitou-se a observar o risco de lesões do movimento de simulação do corte de cana, devendo, posteriormente, serem conduzidos estudos com os próprios trabalhadores. Neste trabalho, foram considerados os movimentos de flexão e abdução. Em trabalhos futuros, análises tridimensionais do movimento, considerando rotações, por exemplo, serão realizadas.

Apesar das limitações, os resultados obtidos no presente estudo com a simulação do movimento permitem concluir que a tarefa realizada por cortadores de cana-de-açúcar possui um forte potencial para causar danos à articulação do ombro, pois durante a execução da atividade em ambiente controlado ocorreram movimentos com amplitudes que, na maior parte do tempo, estiveram na faixa daquelas apontadas como tendo risco de fadiga e lesões.

A análise do movimento ainda é pouco utilizada clinicamente em razão do seu alto custo e complexidade dos resultados. Sua aplicação prática poderá identificar o ritmo de trabalho mais adequado para a diminuição de riscos ergonômicos, diminuindo o absenteísmo e buscando a melhora na produtividade, com benefício inclusive para o empregador. Além disso, com um maior conhecimento dos sistemas de alavancas que fazem parte dos movimentos realizados pelos trabalhadores, será possível adotar posturas que favoreçam o alívio das partes do corpo mais solicitadas durante o trabalho.

NOTAS

Apoio financeiro

Este estudo não recebeu apoio financeiro de fontes externas.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses relevantes ao conteúdo deste estudo, informam ter tido acesso a todos os dados obtidos e assumem completa responsabilidade pela integridade dos resultados.

REFERÊNCIAS

1. Luz VG, Zangirolani LTO, Vilela RAG, Corrêa-Filho HR. Consumo alimentar e condições de trabalho no corte manual de cana de açúcar no estado de São Paulo. *Saúde e Sociedade*. 2014;23(4):1316-28. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902014000400016>
2. Alves F. Porque morrem os cortadores de cana? *Saúde e Sociedade*. 2006;15(3):90-8. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902006000300008>
3. Silva MRC. Estudos de alternativas ergonômicas para a colheita na lavoura de cana-de-açúcar. Rio de Janeiro (RJ): Fundação Getúlio Vargas I Instituto Superior de estudos e pesquisas psicossociais (ISOP), Centro Brasileiro de Ergonomia e Cibernética; 1981. Relatório Técnico, 97 p.
4. Messias IA, Okuno E. Study of postures in sugarcane cutters in the Pontal of Paranapanema-SP, Brazil. *Work*. 2012; 41 Suppl 1:5389-91.
5. Rocha FLR, Marziale MHP, Robazzi MLCC. A Pobreza Como Fator Predisponente ao Adoecimento de Trabalhadores do Corte da Cana-de-Açúcar. *Rev Lat Am Enfermagem*. 2007;15(número especial).
6. Novaes JRP. Campeões de Produtividade: dor e febre nos canaviais paulistas. *Estudos Avançados*. 2007;21(59):167-77. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100013>
7. Brasil. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Dor relacionada ao trabalho: Lesões por Esforços Repetitivos (LER): Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (Dort). Brasília: Editora do Ministério da Saúde; 2012.
8. Carvalho CD, Cohen C, Belangero OS, Figueiredo EA, Monteiro GC, Pochini AC, Andreoli CV, Ejnisman B. Lesão parcial do manguito rotador no atleta – bursal ou articular?, *Revista Brasileira de Ortopedia*. 2015;50(4):416-21. <https://doi.org/10.1016/j.rbo.2014.07.002>
9. Aaras A, Westgaard RH, Strandén E. Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations. *Ergonomics*. 1988;31(6):915-33. <https://doi.org/10.1080/00140138808966731>
10. Basmajian JV. *Terapêutica por exercícios*. São Paulo: Manole; 1980.
11. Mitchell K, Banks S, Morgan D, Sugaya H. Shoulder Motions During the Golf Swing in Male Amateur Golfers. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003;23(4):196-203. <https://doi.org/10.2519/jospt.2003.33.4.196>
12. Vicon Motion Systems Ltda. Vicon plug-in gait product guide: foundation notes revision; 2012. 86 p.
13. Jordan K, Dziedzic K, Mullis R. The development of three-dimensional range of motion measurement systems for clinical practice. *Rheumatology (Oxford)*. 2001;40(10):1081-4. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/40.10.1081>
14. Sônego DA, Cliquet Jr A. Análise do movimento de abdução do ombro pelo sistema óptico. *Biosci J*. 2006;22(2):147-58.
15. Pfister, West AM, Bronner S, Noah JA. Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *J Med Eng Technol*. 2014;38(5):274-80. <https://doi.org/10.3109/03091902.2014.909540>
16. Robertson, G. E., G. E. Caldwell, Hamill, J, Kamen, G. *Research Methods in Biomechanics*. 2nd ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2014.
17. Bjelle A, Hagberg M, Michaelson G. Occupational and individual factors in prolonged shoulder pain among industrial workers. *Brit J Ind Med*. 1981;38(4):356-63.
18. Chaffin DB. Localized muscle fatigue: definition and measurement. *J Occup Med*. 1973;15(4):346-54.
19. Herberts P, Kadefors R, Broman H. Arm positioning in manual tasks: an electromyographic study of localized muscle fatigue. *Ergonomics*. 1980;23(7):655-65. <https://doi.org/10.1080/00140138008924780>
20. Beyer JA, Wright IS. The hyperabduction syndrome: with special reference to its relationship to Raynaud's syndrome. *J Am Heart Assoc*. 1951;4(2):161-72. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.4.2.161>
21. Järvholm U, Palmerud G, Karlsson D, Herberts P, Kadefors R. Intramuscular pressure and electromyography in four shoulder muscles. *J Orthop Res*. 1990;9(4):609-19. <https://doi.org/10.1002/jor.1100090418>
22. Hagberg M. Electromyographic signs of shoulder muscular fatigue in two elevated arm positions. *Am J Phys Med*. 1981;60(3):111-21.
23. Hagberg M. Work load and fatigue in repetitive arm elevations. *Ergonomics*. 1981;24(7):543-55. <https://doi.org/10.1080/00140138108924875>
24. Kilbom A, Persson J, Jonsson BG. Disorders of the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry. *Int J Ind Ergon*. 1986;1(1):37-47. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(86\)90006-5](https://doi.org/10.1016/0169-8141(86)90006-5)

25. Luopajarvi T, Kuorinka I, Virolainen M, Holmberg M. Prevalence of tenosynovitis and other injuries of the upper extremities in repetitive work. *Scand J Work Environ Health*. 1979;5(3):48-55. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2675>
26. Sakakibara H, Miyao M, Kondo T, Yamada S, Nakagawa T, Kobayashi F. Relation between overhead work and complaints of pear and Apple orchad workers. *Ergonomics*. 1987;30(5):805-15. <https://doi.org/10.1080/00140138708969769>
27. Jonsson B, Persson J, Kilbom A. Disorders or the cervicobrachial region among female workers in the electronics industry: a two-year follow up. *Int J Ind Ergon*. 1988;3(1):1-12. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(88\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0169-8141(88)90002-9)
28. Aaras A, Westgaard RH. Further studies of postural load and musculoskeletal injuries of workers at an electro-mechanical assembly plant. *Appl Ergon*. 1987;18(3):211-9. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90006-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90006-8)
29. Aaras A, Westgaard RH, Stranden, E. Work load on local body structures assessed by postural angles measurements. In: Corlett N, Wilson J, Manenica I. (Eds.). *New methods in applied ergonomics*. Proceedings of the second international occupational ergonomics symposium. London: Taylor & Francis; 1987. p. 273-8.
30. Cliquet Júnior A, Franca Jem, SônegoD, Grana T, Leite Fil, Paolillo Ar, Paolillo Fr. Avanços tecnológicos na prática ortopédica: Análises de membros superiores e inferiores. *Acta Ortop Bras*. 2004;12(1):57-61. <https://doi.org/10.1590/S1413-78522004000100008> 