

Avaliação biomecânica do trabalho de extração  
manual de madeira em áreas acidentadasBiomechanical evaluation of manual timber  
removal work in mountainous areasEmília Pio da Silva<sup>1</sup>, Amaury Paulo de Souza<sup>2</sup>, Luciano José Minette<sup>3</sup>,  
Fernando da Costa Baeta<sup>4</sup> e Horjana Aparecida Navarro Fernandes Vieira<sup>5</sup>**Resumo**

Este trabalho teve por objetivo realizar a avaliação biomecânica do trabalho de extração manual de madeira em áreas acidentadas. A pesquisa foi realizada em uma empresa do setor florestal, situada no Distrito Florestal do Vale do Rio Doce, município de Guanhães, no Estado de Minas Gerais. O objeto de estudo constituiu-se de 100% dos trabalhadores (29 pessoas) envolvidos na atividade de extração manual de toras de eucalipto (censo ou população). A avaliação biomecânica foi realizada por meio do programa bidimensional de predição de posturas e forças estáticas, desenvolvido pela Universidade de Michigan. Os resultados evidenciaram que em ambas as etapas da atividade de extração manual existem riscos de lesões para as articulações corporais. Os riscos de lesões aumentam à medida que os trabalhadores manuseiam toras mais pesadas. Ao sustentar uma tora à altura do tronco, os riscos de lesões ao trabalhador tornam-se mais graves. Ao término da pesquisa foi possível concluir que a atividade estudada expõe os trabalhadores ao risco de lesão para as articulações dos cotovelos, coxofemorais e tornozelos, sendo o empilhamento a etapa da atividade que mais expõe os trabalhadores florestais ao risco de lesão articular.

**Palavras-chave:** Biomecânica, Ergonomia, Lesão músculo-esquelética

**Abstract**

The objective of this study was to carry out a biomechanical evaluation of manual timber removal operations in mountainous terrains. The research was conducted in a forestry company located in Guanhães County, Minas Gerais State, Brazil. The population studied consisted of all workers involved in the manual timber removal process. The biomechanical evaluation was performed using the 2D Static Strength Prediction Program™ developed by the University of Michigan. The results showed that in both work phases: manual tumbling and piling the logs there were risks of injury to the body joints. Risks increased as workers moved heavier logs or sustained the logs at torso height. Manual extraction exposed workers to high injury risks to the following joints: elbows, ankles, hips and spine vertebral disk (L5-S1). Piling of logs was most likely to cause health damages.

**Keywords:** Biomechanics, Ergonomics, Muscle-skeletal injury

**INTRODUÇÃO**

A extração de madeira em áreas acidentadas constitui um problema para o setor florestal, devido à dificuldade de operação de máquinas e da falta de equipamentos adequados (SEIXAS, 2002). Sendo assim, um método bastante utilizado para

extração nessas condições é o chamado “tombamento manual de toretes”, que consiste em pegar os toretes, levantar, empurrar e jogar morro abaixo. Machadinhas ou ganchos podem ser utilizados como instrumento de auxílio. A operação inicia-se no local do corte e termina com a madeira empilhada às margens da estrada.

<sup>1</sup>Doutoranda em Ciência Florestal pelo Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa - Avenida PH Rolfs s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: [emiliapiosilva@yahoo.com.br](mailto:emiliapiosilva@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa - Avenida PH Rolfs s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: [amaurysouza@ufv.br](mailto:amaurysouza@ufv.br)

<sup>3</sup>Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Elétrica e de Produção da Universidade Federal de Viçosa - Avenida PH Rolfs s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: [minetti@ufv.br](mailto:minetti@ufv.br)

<sup>4</sup>Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa - Avenida PH Rolfs s/n - Campus Universitário - Viçosa, MG - 36570-000 - E-mail: [baeta@ufv.br](mailto:baeta@ufv.br)

<sup>5</sup>Professora do Curso de Fisioterapia da Faculdade Estácio de Sá - Avenida Francisco Sales, 23 - Campus Floresta - Belo Horizonte, MG - 30150-220 - E-mail: [horjanavieira@ig.com.br](mailto:horjanavieira@ig.com.br)

O principal problema de formas de trabalho como a extração manual é o desgaste da coluna, que resulta em distúrbios. Os problemas de coluna podem ser dolorosos e reduzir a mobilidade e vitalidade de um trabalhador. Geralmente acarretam ausência no trabalho e, atualmente, é uma das causas mais importantes de invalidez prematura (KROEMER e GRANDJEAN, 2005).

As queixas de dores relatadas pelos trabalhadores florestais podem estar relacionadas com o manuseio de cargas pesadas e com a adoção de posturas inadequadas (IIDA, 2005).

A capacidade do ser humano para transportar e manusear carga depende de diversos fatores, como postura, dimensões antropométricas e características da carga e do peso. Quando as pessoas são levadas a adotar posturas incorretas ou manusear equipamentos mal projetados, mesmo durante curto período de tempo, pode sofrer sérios danos ao sistema músculo-esquelético (FIEDLER, 1995; CHAFFIN e ANDERSON, 1990)

De acordo com IIDA (2005), a biomecânica ocupacional estuda os movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho. Assim, preocupa-se com as interações físicas do trabalhador, com seu posto de trabalho, máquinas, ferramentas e materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios músculo-esqueléticos.

Durante a realização da atividade de extração manual há grandes riscos de lesões músculo-esqueléticas, principalmente na coluna e em membros inferiores. Para pegar a tora no chão, a coluna e as pernas do trabalhador ficam flexionadas e, o tronco torcido, acontecendo descarga de peso em apenas um pé.

Diante disso, este estudo teve como objetivo realizar avaliação biomecânica do trabalho de extração manual de madeira em áreas acidentadas, visto que os fatores biomecânicos relacionados à extração manual têm influência direta na saúde do trabalhador.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do estudo

Este estudo foi desenvolvido com dados coletados em uma empresa do setor florestal, situada no Distrito Florestal do Vale do Rio Doce, município de Guanhães, no Estado de Minas Gerais, com as seguintes coordenadas geográficas: 18°48'45" latitude sul e 42° 56'15" longitude oeste e altitude de 778 metros. O relevo da região caracteriza-se por ser acidentado e as áreas destinadas à extração de madeira, têm inclinação variando de 26 a 30° de topografia.

### Descrição da atividade

Foram avaliados 100% dos trabalhadores florestais envolvidos na atividade de extração manual correspondendo a 29 pessoas, sendo todos os participantes do gênero masculino, com idade média de 33 anos, mínima de 19 anos e máxima de 57 anos.

O trabalhador florestal iniciava o tombamento sempre na parte superior do terreno e para cumprir seu objetivo, de fazer a madeira chegar à margem da estrada, ele poderia dar tombos nas toras, empurrar com as mãos ou os pés e arremessar com os membros superiores. Era comum também o trabalhador parar de tombar a madeira, para empilhá-la à margem da estrada, evitando o seu acúmulo e obstrução à passagem de veículos. Caso necessário, os trabalhadores utilizavam um machado para desgalhamento ou arraste de toras.

Os trabalhadores realizavam pausas para ingestão de água, bem como para realizar necessidades fisiológicas. O ciclo de trabalho, de tombar e empilhar toras de madeira era repetido diversas vezes durante o dia de trabalho, até que o trabalhador cumprisse sua meta diária de 12m<sup>3</sup> de madeira.

### Avaliação biomecânica

A avaliação biomecânica foi realizada com a análise bidimensional, utilizando-se a técnica de gravação em videoteipe. Os movimentos foram "congelados", para medição dos ângulos dos diversos segmentos corpóreos (cotovelos, ombros, disco vertebral L5-S1, coxofemurais, joelhos e tornozelos).

Para todas as posturas analisadas foram considerados valores de massa de 10, 20, 30, 40, 50 quilos, sendo estes os pesos que esses trabalhadores manuseariam durante o trabalho; tais valores foram posteriormente inseridos no programa computacional de modelo biomecânico bidimensional de predição de posturas e forças estáticas, desenvolvido pela Universidade de Michigan, Estados Unidos. Foram pesadas 67 toras de madeira, variando de 2,1 a 100,2kg.

Para realização da avaliação biomecânica com o modelo bidimensional, foi necessário conhecer a altura e o peso corporal de cada indivíduo avaliado, medidos por meio de uma balança digital da marca KRATOS-CAS modelo LINEA e uma trena retrátil de cinco metros, e calculada uma média.

A análise utilizando o referido "software" forneceu a carga-limite recomendada (CLR), que corresponde ao peso que mais de 99% dos ho-

mens e mais de 75% das mulheres conseguem levantar sem causar danos às articulações do corpo, bem como a carga-limite superior (CLS) que representa alto risco de lesão para determinada articulação.

O "software" permitiu, ainda, determinar a força de compressão no disco vertebral L5-S1. Uma força de compressão de até 3.426,3N sobre o disco L5-S1 poderá ser tolerada pela maioria dos trabalhadores jovens e em boas condições de saúde, sendo esse o limite máximo, correspondente à carga-limite de compressão no disco (CLCD). O mencionado programa possibilitou também, determinar a carga-limite de compressão superior no disco (CLCS), que é da ordem de 6.363,1N. Valores de CLCS iguais ou superiores podem causar sérios danos ao sistema osteomuscular, inclusive ruptura do disco intervertebral. Os valores entre 3.426,3N e 6.363,1N apresentam riscos para a saúde do trabalhador.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise biomecânica evidenciou que, ao se retirar uma tora do solo para tombar, existe risco eminente de lesão para as articulações corporais do trabalhador. Ao retirar do solo uma tora de massa de 10kg, 1% dos trabalhadores apresentaram risco de lesão para os joelhos, 2% para a L5 -S1, 3% para os tornozelos e 6% para coxofemurais. Para uma tora de massa igual a 20kg 1% dos trabalhadores envolvidos apresentaram risco de lesão para joelhos, 3% para L5 -S1, 6% para os tornozelos e 8% coxofemurais.

O risco de lesões para as articulações vai aumentando na medida em que os trabalhadores vão manuseando toras cada vez mais pesadas. As toras de 30kg expuseram 1% dos trabalhadores ao risco de lesão para ombros e joelhos, 6% para a L5 -S1, 10% para os tornozelos e 12% coxofemurais. As toras com massa a partir de 40kg já evidenciam o risco de lesão para todas as articulações. Ao retirar do solo uma tora de 40kg, os riscos de lesão são os seguintes: 1% cotovelos, ombros e joelhos, 9% para a L5 -S1, 17% para os tornozelos e 18% coxofemurais. Já as toras de massa de 50kg são capazes de expor 15% dos trabalhadores ao risco de lesão de L5 -S1, 24% coxofemurais e 25% tornozelos.

Essas lesões podem acometer os músculos, tendões, ligamentos e até mesmo estrutura óssea dos trabalhadores, provocando entorses, inflamações articulares, rupturas musculares, quadro algico, síndrome de compressão nervosa e

tendinites; o que implica em afastamentos do trabalho, aumentando o índice de absenteísmo e interferindo na economia do trabalhador e da empresa (MARÇAL *et al.*, 2004).

No entanto, ao sustentar uma tora à altura do tronco, para ser tombada, o risco de lesão para as articulações dos trabalhadores torna-se mais grave. No caso de uma tora de 10kg de massa, 3% apresentaram risco de lesão para coxofemurais, 4% para tornozelos e as demais articulações 1%. Para uma tora de 20kg, 2% dos trabalhadores poderiam ter suas articulações dos cotovelos e ombros comprometidas; 3% os joelhos; 6% a L5 -S1; 7% os coxofemurais e 12% os tornozelos. As toras de massa igual a 30kg, ao serem manuseadas, expõem os trabalhadores aos seguintes riscos de lesão: 7% joelhos, 8% ombros, 11% coxofemurais, 13% cotovelos, 14% L5 -S1 e 24% tornozelos. As de 40kg; 18% coxofemurais e joelhos, 28% L5 -S1, 29% ombros, 40% tornozelos e 42% cotovelos. E as de 50 kg: 27% coxofemurais, 36% joelhos, 47% L5 -S1, 59% tornozelos, 62% ombros e 76% cotovelos.

No empilhamento, o trabalhador também está sujeito a desenvolver lesões de vários tipos, nas mais diversas articulações. Ao empilhar uma tora de 10kg, 4% dos trabalhadores podem desenvolver algum distúrbio ou patologia no segmento da coluna L5 -S1, 6% nas coxofemurais, 25% nos joelhos e 48% nos tornozelos. As toras de 20kg ao serem transportadas oferecem risco de lesão de 6% na L5 -S1, 8% nas coxofemurais, 44% nos joelhos e 68% nos tornozelos. Para as de 30kg 11% dos trabalhadores podem apresentar comprometimento nas articulações coxofemurais e na L5 -S1, 65% nos joelhos e 84% nos tornozelos. Já as toras de 40kg oferecem as seguintes porcentagens de risco às articulações: 15% coxofemurais, 17% L5 -S1, 82% joelhos e 94% tornozelos. E as toras de 50kg: 20% coxofemurais, 25% L5 -S1, 93% joelhos e 98% tornozelos.

A Tabela 1 ilustra as articulações mais propícias ao desenvolvimento de lesões articulares para cada etapa do tombamento, juntamente com a porcentagem de trabalhadores e de acordo com a massa das toras.

O levantamento de carga, comum em todas as etapas da extração manual, pode causar sérios danos às articulações dos membros inferiores dos trabalhadores, visto que o peso das toras pode sobrecarregar as articulações do quadril, joelho e tornozelos, provocando desgaste articular, tendinites, lesão do menisco e ruptura dos ligamentos.

**Tabela 1.** Articulações mais propícias a desenvolver lesões e porcentagem de trabalhadores afetados, considerando a massa das toras nas diferentes etapas da extração manual.

**Tabela 1.** Joints most likely to suffer lesions, considering the percentage of workers affected, and the number of logs in different stages of manual removal.

Etapa	Massa das toras (kg)	Articulação	Porcentagem de trabalhadores
Tombamento (Retirar tora do solo)	10	Coxofemurais	6
	20	Coxofemurais	8
	30	Coxofemurais	12
	40	Coxofemurais	18
	50	Tornozelos	25
Tombamento (Tora na altura do peito)	10	Tornozelos	4
	20	Tornozelos	12
	30	Tornozelos	24
	40	Cotovelos	42
	50	Cotovelos	76
Empilhamento	10	Tornozelos	48
	20	Tornozelos	68
	30	Tornozelos	84
	40	Tornozelos	94
	50	Tornozelos	98

As atividades de extração manual de madeira exigem do trabalhador posturas assimétricas, manuseio incorreto e levantamento de cargas excessivas. Por isso, podem provocar degeneração dos discos articulares, sendo a coluna lombar a que mais sofre em função da sustentação do tronco, apresentando assim maior incidência de dores.

Os resultados da análise evidenciaram que retirar uma tora de 10kg do solo para ser tombada provoca uma força de compressão no disco vertebral L5 –S1 de 3.111N; de 20 kg oferece risco de compressão do disco vertebral por uma força de 3.954N; para uma tora de 30kg o risco passa a ser de 4.795N e, caso o trabalhador manuseie tora de 40kg e 50kg, o risco é igual a 5.638N e 6.481N, respectivamente.

Segundo Couto (2002), os distúrbios dos discos vertebrais são decorrentes de forças de compressão elevadas, podendo esses distúrbios ocasionar dor muito forte e extremamente incapacitante, acabando por gerar afastamentos prolongados e, até mesmo, permanentes, já que os indivíduos têm incapacidade para atividades pesadas.

O risco de compressão do disco vertebral também pode ser evidenciado quando o trabalhador sustenta toras de 40kg e 50kg na altura do peito. Ao sustentar uma tora de 40kg, a força de compressão é igual a 3.608N, para a tora de 50kg a força de compressão é de 4.068N.

Ao empilhar toras de 10kg, 20kg, 30kg, 40kg e 50kg, as forças de compressão exercidas sobre o disco vertebral L5 –S1, estão dentro do limite recomendado de 3.426,3N. Mesmo assim, as toras de 40kg e 50kg geram forças que

estão próximas desse limite. O trabalhador pode então ser acometido por uma lombalgia de nível médio de gravidade, devido à distensão dos músculos e ligamentos da coluna, que costumam afastar o indivíduo de suas atividades por até 10 dias, podendo ser recidivante (COUTO, 2002).

Os estudos de Alves (2001) evidenciaram que os dados obtidos por meio do estudo biomecânico, podem minimizar e/ou eliminar os problemas causados pela postura incorreta ou aplicação de forças excessivas no trabalho.

## CONCLUSÃO

Ao término deste trabalho pode-se concluir que:

- A atividade de extração manual expõe os trabalhadores ao risco de lesão para as articulações dos cotovelos, coxofemurais e tornozelos, sendo o empilhamento a etapa da atividade que mais expõe os trabalhadores florestais ao risco de lesão articular;
- As forças de compressão sobre disco vertebral L5 –S1 estão acima do recomendado quando o trabalhador retira do solo toras de 20kg, 30kg, 40kg e 50 kg para tombar e ou quando sustenta ao nível do peito toras de 40kg e 50 kg.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos à primeira autora.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J.U.; SOUZA, A.P.; MINETTE, L.J.; GOMES, J.M. Avaliação biomecânica dos trabalhadores nas atividades de propagação de *Eucalyptus* spp. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.11, n.1, p.81-91, 2001.
- CHAFFIN, D.B.; ANDERSSON, G.B.J. **Occupational biomechanics**. New York: John Wiley & Sons, 1990.
- COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho em 18 lições**. Belo Horizonte: Ergo Editora, 2002.
- FIEDLER, N. C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira**. 1995. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2.ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005. 614p.
- KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 5.ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2005.
- MARÇAL, M.A.; MAZZONI, C.F.; ALIPRANDI, D.M.; PONZONI, I.G.; TREDE, R.G. Levantamento da incidência de sintomas osteomusculares entre trabalhadores envolvidos na atividade de limpeza urbana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Ergonomia, 2004.
- SEIXAS, F. Extração. In: MACHADO, C.C. **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2002. cap.4, p.89-128.

Recebido em 17/01/2008

Aceito para publicação em 29/10/2008

