

# Avaliação biomecânica de trabalhadores de diferentes estaturas nas atividades de Plantio e Adubação Florestal

Biomechanical evaluation in workers of different statures at planting and fertilizing forest activities

Pedro Caldas de Britto<sup>1</sup>, Eduardo da Silva Lopes<sup>2</sup>,  
Erivelton Fontana de Laat<sup>3</sup> e Nilton César Fiedler<sup>4</sup>

## Resumo

O trabalho teve por objetivo principal realizar uma avaliação biomecânica de trabalhadores de diferentes estaturas na execução das atividades de plantio e adubação florestal, visando a melhoria das condições de conforto, segurança e saúde. O estudo foi realizado em uma empresa florestal localizada na região dos Campos Gerais, Paraná, envolvendo as atividades manuais de plantio e adubação. Foram obtidas medidas antropométricas estáticas de uma amostra de 126 trabalhadores florestais e selecionados indivíduos de estaturas correspondentes aos percentis 5, 50 e 95%. Em seguida, para a avaliação biomecânica foram realizadas filmagens dos trabalhadores na execução do trabalho nas posturas típicas, sendo os dados analisados no programa 3DSSPP (Programa de Predição de Postura e de Força Estática 3D). Os resultados mostraram que houve maior compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores na execução do plantio, sendo mais evidente nos trabalhadores de maior estatura. O quadril foi a articulação mais afetada em ambas as atividades, com maior comprometimento nos trabalhadores de maior estatura. É necessário o desenvolvimento de plantadora e adubadora florestal que permita regulagens de forma a atender às medidas antropométricas de todos os futuros usuários.

**Palavras-chave:** Plantio florestal, saúde no trabalho, ergonomia.

## Abstract

The study aimed to do a biomechanical evaluation of workers of different statures in the execution of forest planting and fertilization activities, in order to improve comfort, safety and health conditions. The study was conducted at a forest service company, located in the Campos Gerais' region, Paraná, involving the manual planting and fertilization activities. Anthropometric measurements were obtained from a sample of 126 forest workers and selected individuals of stature percentiles corresponding to 5, 50 and 95%. Then, for conducting the biomechanical evaluation, workers were filmed during their activities in the typical postures and the data submitted to the 3DSSPP (Prediction of Static Force Posture 3D) program. The results showed that there was a higher compression on L5-S1 column disc of workers in the execution of planting; more evident in workers of greater stature. The hip was the articulation most affected in both activities studied, mainly in the workers of greater stature. There is a need to develop a forest plantation and fertilizer that allows adjustments to according to anthropometric measures of all future users.

**Keywords:** Forestry plantation, occupational health, ergonomics.

## INTRODUÇÃO

No setor florestal, muitas atividades ainda são realizadas por meios de métodos manuais ou semimecanizados, envolvendo grande contingente de mão de obra. Além disso, as atividades são caracterizadas de elevada exigência

física, onde os trabalhadores exercem grande esforço físico, adotam posturas potencialmente lesivas ao organismo e manuseiam cargas com peso acima dos limites toleráveis (TOUPIN et al., 2007; SILVA et al., 2007).

Nas atividades de implantação florestal é comum encontrarmos trabalhadores adotando

<sup>1</sup>Mestrando em Ciências Florestais. UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. PR 153, km 7, Bairro Riozinho. CEP: 84500-000 - Irati - PR - Brasil. E-mail: [pbflorestal@yahoo.com.br](mailto:pbflorestal@yahoo.com.br).

<sup>2</sup>Doutor em Ciências Florestais, Prof. Departamento de Engenharia Florestal. UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. PR 153, km 7, Bairro Riozinho. CEP: 84500-000 - Irati - PR - Brasil. E-mail: [eslopes@pq.cnpq.br](mailto:eslopes@pq.cnpq.br).

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia de Produção. Prof. Departamento de Educação Física. UNICENTRO - Universidade Estadual do Centro-Oeste. PR 153, km 7, Bairro Riozinho. CEP: 84500-000 - Irati - PR - Brasil. E-mail: [eriveltonlaat@hotmail.com.br](mailto:eriveltonlaat@hotmail.com.br)

<sup>4</sup>Doutor em Ciências Florestais, Prof. Departamento de Engenharia Florestal. UFES - Universidade Federal do Espírito Santo. Av. Gov. Lindemberg, 316, Centro, CEP 29.550-000, Jerônimo Monteiro - ES - Brasil. E-mail: [fiedler@pq.cnpq.br](mailto:fiedler@pq.cnpq.br)

posturas inadequadas, podendo ser causadas por postos de trabalho, máquinas e ferramentas que são projetadas sem levar em consideração as características antropométricas dos futuros usuários. Tais situações, segundo Lida (2005), ocasionam o desconforto e aumentam os riscos de acidentes, podendo causar danos consideráveis à segurança e saúde dos trabalhadores, como o aparecimento de lesões por esforços repetitivos e doenças osteomusculares (LER/DORT) (LIMA et al., 2005).

O conforto, o bem-estar, a saúde e o desempenho dos trabalhadores podem ser aumentados por meio da concepção de postos de trabalho, máquinas, ferramentas, móveis e outros dispositivos que se adaptam confortavelmente às necessidades do corpo humano (TUNAY; MELEMEZ, 2007). E para que isso seja atingido é necessário assegurar que os projetos estejam em conformidade com as medidas antropométricas e as características biomecânicas dos futuros usuários.

A antropometria é o estudo das medidas humanas, sendo importante na determinação dos diversos aspectos relacionados ao posto de trabalho, permitindo ao trabalhador manter uma boa postura (COUTO, 1995). É utilizada para especificar as dimensões físicas dos espaços de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas, móveis, vestuários, etc., sendo que o uso adequado das medidas antropométricas permitirá melhorias no conforto, segurança e saúde dos usuários do produto (KAYIS; ÖZOK, 1991 citado por TUNAY; MELEMEZ, 2007)

Fiedler (1998) afirma que na área florestal, a ocorrência de lombalgias é muito elevada, sendo causadas e agravadas pelas posturas incorretas dos trabalhadores no levantamento e na movimentação de cargas, bem como durante a execução contínua de determinados trabalhos. O autor afirma ainda que, os problemas ocorrem pela inexistência de máquinas, ferramentas e mobiliários que auxiliem na manutenção de uma boa postura e por projetos de postos ergonomicamente mal concebidos. Além disso, muitas atividades são realizadas com os trabalhadores na posição em pé, com ou sem movimentos, agachada ou com a coluna torcida, situações altamente fatigantes e que exigem o trabalho estático da musculatura envolvida para manutenção de tal posição.

Kisner e Colby (2009) e Silva et al. (2007) afirmam que quando o trabalhador permanecer numa postura forçada durante um longo período de tempo, existe ainda o risco iminente da

ocorrência de sobrecarga física, gerando quadros algícos e desequilíbrios de força, podendo ocasionar graves consequências para a sua saúde. Por isso, Gandaseca et al. (1998) dizem que a prevenção e o controle das dores lombares pode ser feita por meio da avaliação do trabalho e da identificação dos fatores de riscos ocupacionais, visando a implementação de intervenções ergonômicas apropriadas.

Silva et al. (2007) estudando o coveamento semimecanizado, constatou que a execução da atividade expõe o trabalhador florestal a elevado risco de aparecimento de LER/DORT, sendo que as articulações dos punhos, mãos e cotovelos foram as mais propensas ao desenvolvimento de doenças ocupacionais, sendo causadas pelo elevado esforço físico e adoção de posturas inadequadas por parte dos trabalhadores. Já Vosniak et al. (2011) estudando a atividade de plantio de pinus com plantadora manual constatou que os trabalhadores permaneciam a maior parte da jornada de trabalho com as costas curvadas e manuseando cargas acima do limite estabelecido, causando frequentes dores lombares.

Silva (2001) relata que a maior dificuldade em analisar e corrigir as posturas inadequadas dos trabalhadores está na identificação e no registro dessas posturas, pois normalmente as avaliações são realizadas de forma subjetiva e com base nas reclamações dos próprios trabalhadores, onde as medidas são tomadas quando os mesmos já apresentam lesões com comprometimento de sua saúde.

Objetivou-se, com este trabalho, realizar uma avaliação da postura de trabalhadores de diferentes estaturas na execução das atividades de implantação florestal para a melhoria das condições de conforto, segurança e saúde.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma empresa prestadora de serviços que atuava nas atividades de implantação de florestas plantadas, localizada na região dos Campos Gerais, Paraná.

O clima predominante da região, segundo a classificação de Köppen, é caracterizado como subtropical - Cfa, com temperatura média anual no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. O relevo é bastante diversificado, possuindo

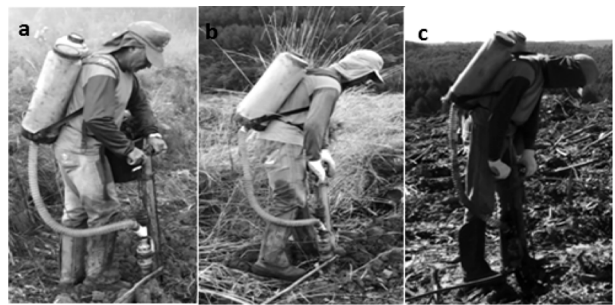
áreas planas a forte-ondulado, com declividade variando de 0 a 45%.

Foram estudadas as atividades manuais de plantio e adubação. O plantio foi executado com uso de um conjunto, composto por uma plantadora tubular equipada com bomba costal para armazenamento de hidrogel. O equipamento possuía uma massa total de 28,9 kg, sendo a massa da plantadora de 4,5 kg, bomba costal com hidrogel abastecida de 19,8 kg, além da caixa de mudas abastecida com massa de 4,6 kg. A adubação foi executada com uso de um conjunto composto por uma adubadora tipo "catraca" conectada a uma bomba costal para armazenamento do fertilizante, com massa total de 20,3 kg, sendo a massa da adubadora de 4,1 kg e da bomba costal de 16,2 kg.

A população pesquisada foi composta por uma amostra de 126 trabalhadores que atuavam nas atividades de plantio e adubação manual, possuindo idade média de 34,9 anos e massa corporal média de 69,3 kg. Todos os participantes do estudo receberam esclarecimentos sobre a metodologia e os objetivos da pesquisa, por meio da leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme preceitua a Resolução N° 196/96 da CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa) do Ministério da Saúde (CNS, 2012).

Na primeira etapa do estudo, foram obtidas as medidas antropométricas estáticas de uma amostra de 62 trabalhadores do plantio e de 64 da adubação, por meio de medição direta com uso de uma cadeira antropométrica, antropômetro e fita métrica e no próprio local de trabalho, de acordo com Norma Alemã DIN 33402. Em seguida, utilizou-se a variável estatura para o cálculo dos percentis 5, 50 e 95%, que corresponderam às estaturas de 167,0 cm (baixa), 173,5 cm (média) e 180,0 cm (alta), respectivamente, para posteriores análises postural (Figura 1 e 2).

A avaliação biomecânica foi realizada por meio de análises das forças aplicadas na coluna vertebral e nas diversas articulações dos trabalhadores. Para tal, foram feitas filmagens dos trabalhadores em cada percentil na execução das atividades durante a jornada de trabalho. Em função da baixa variabilidade de posturas assumidas pelos trabalhadores e por se tratar de atividades cíclicas com repetição de posturas ao longo da jornada de trabalho, selecionou-se a postura típica mais representativa na execução das atividades de plantio e adubação propriamente dita para a realização das análises.



**Figura 1.** Posturas típicas adotadas pelos trabalhadores nos percentis 5% (a), 50% (b) e 95% (c) na atividade de plantio.

**Figure 1.** Typical postures adopted by workers in percentiles 5% (a) 50% (b) 95% and (c) in the planting activity.



**Figura 2.** Posturas típicas adotadas pelos trabalhadores nos percentis 5% (a), 50% (b) e 95% (c) na atividade de adubação.

**Figure 2.** Typical postures adopted by workers in percentiles 5% (a) 50% (b) 95% and (c) in the fertilizing activity.

Foram analisadas as posturas assumidas e as forças aplicadas nas articulações (pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadris, joelhos e tornozelos) e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores na execução do trabalho. Foi utilizado o software 3DSSPP (3D Static Strength Prediction Program), versão 6.0.5 licenciada e adquirida na University of Michigan, EUA, que realiza, por meio de modelagem 3D, uma série de classificações quanto aos limites máximos admissíveis nas articulações e a carga exercida no disco entre as vértebras Lombar 5 e Sacral 1 (L5-S1) da coluna vertebral (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2011).

Na atividade de plantio foram adotadas para análise, as forças F1 e F2, que representaram o peso parcial (N) da bomba costal de hidrogel sobre os ombros dos trabalhadores; as forças F3 e F4 referente ao peso parcial exercido pela plantadora sobre os membros superiores e F5 o peso exercido pela caixa de mudas sobre o ombro direito dos trabalhadores. Em relação à adubação, as forças F1 e F2 representaram o peso parcial da bomba costal sobre os ombros e F3 e F4 o peso da adubadora sobre os membros superiores. Em ambas as situações foi considerado os pesos mé-

dios da plantadora e adubadora transportado durante o trabalho, cujos valores foram obtidos no início da execução das atividades.

A análise do software forneceu a carga limite recomendada, que corresponde ao peso que pelo menos 99% dos homens consegue manusear. A carga limite recomendada induz a uma força de compressão de 3.426,3 N sobre o disco L5-S1 da coluna vertebral que pode ser tolerada pela maioria dos trabalhadores em boas condições de saúde.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das forças aplicadas no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores de diferentes estaturas na execução do plantio e adubação são apresentados na Tabela 1. Foi possível notar que, em nenhuma das atividades







e percentis estudados, as posturas típicas adotadas pelos trabalhadores causaram elevada compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, estando todas as forças abaixo do limite máximo recomendado de 3.426,3 N.

O trabalhador do plantio de maior estatura (percentil 95%) adotou uma postura mais inadequada, com força de compressão no disco L5-S1 de 1.734 N, superior aos trabalhadores nos percentis 5 e 50%. Já na atividade de adubação, os valores de compressão no disco L5-S1 da coluna lombar ficaram muito abaixo do limite máximo, com 801,1; 927,2 e 1.050,7 N nos percentis 5, 50 e 95%, respectivamente.

Apesar dos valores estarem abaixo do limite recomendado, percebe-se que houve uma maior força de compressão no disco L5-S1 da coluna lombar de trabalhadores de maior estatura, situação que poderá causar danos à saúde no futuro,

**Tabela 1.** Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores de diferentes estaturas na execução das atividades de plantio e adubação.

**Table 1.** Compressive strength on the L5-S1 column disc of workers with different statures, in the plantation and fertilizing activities.

Atividade	Percentil (%)	Postura típica	Força de compressão no disco L5-S1 (N) ± desvio padrão	Condição de suportar a carga
Plantio	5		1.322 +/- 73	SRL
	50		1.530 +/- 94	SRL
	95		1.734 +/- 114	SRL
Adubação	5		801 +/- 44	SRL
	50		927 +/- 56	SRL
	95		1.050 +/- 69	SRL

SRL: Sem Risco de Lesão

sendo mais evidente nos trabalhadores do plantio. Tal situação pode ser atribuída à falta de regulagens da plantadora, acarretando uma postura incorreta e contribuindo com o maior esforço da coluna lombar, podendo conseqüentemente, causar possíveis danos à saúde dos trabalhadores.

Portanto, apesar das posturas adotadas pelos trabalhadores não ter oferecido riscos de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, ficou evidente a importância de realização de ajustes nas dimensões dos equipamentos por parte do fabricante e empresa florestal, de modo que os mesmos estejam adequadas aos trabalhadores de todas as estaturas, de modo a evitar a adoção de posturas inadequadas e oferecer maior conforto, segurança e saúde.

A Tabela 2 apresenta os resultados dos esforços nas articulações do corpo dos trabalhadores durante a execução do plantio e adubação, devendo ressaltar que foram considerados sem risco de lesão aquelas com percentual de capazes igual ou superior a 99%.

Em relação à atividade de plantio é possível observar que, o quadril foi a articulação mais comprometida dos trabalhadores em todas as situações estudadas, com um percentual de capazes de 94, 93 e 91% nos percentis de 5, 50 e 95%, respectivamente. Tal resultado pode estar relacionado com as forças que a bomba costal de hidrogel e a caixa de mudas exerciam sobre o corpo dos trabalhadores, aliado à maior inclinação da coluna e os constantes movimentos e deslocamentos durante o trabalho. Foi possível ainda verificar que, as articulações do tronco, joelhos e tornozelos foram também afetadas nos trabalhadores com percentis de 50 e 95%, ou seja, de maior estatura. Tais problemas podem ser atribuídos aos constantes movimentos

corporais e deslocamentos realizados pelos trabalhadores durante a jornada de trabalho, pelas condições de terrenos irregulares e presença de obstáculos como resíduos florestais.

Cabe lembrar que todo trabalho que exige sobrecarga física e inclinação da coluna lombar poderá causar ainda lesões nos músculos, tendões, ligamentos e até mesmo prejudicar a estrutura óssea dos trabalhadores, provocando entorses, inflamações articulares, rupturas musculares, quadro algico e tendinites, podendo causar afastamento e aumento do índice de absenteísmo (COUTO, 1995).

Em relação à atividade de adubação, o tronco, quadril e tornozelos foram as articulações afetadas em todos os percentis avaliados. Entretanto, verifica-se que o quadril foi novamente a articulação mais afetada, com percentual de capazes de 95 e 93%, seguido pelos tornozelos com 96 e 95% nos percentis 50 e 95%, respectivamente. Tal resultado mostrou o maior comprometimento da coluna lombar e articulações devido à maior inclinação da coluna dos trabalhadores de maior estatura. Além disso, ressalta-se o fato dos constantes deslocamentos dos trabalhadores no decorrer da jornada de trabalho, situação que pode ter contribuído para o maior desgaste das articulações.

Os resultados obtidos foram semelhantes aos observados por Lopes et al. (2013), que realizando avaliações biomecânicas de trabalhadores na atividade de poda de pinus, verificou não haver sobrecarga no disco L5-S1 da coluna vertebral, porém constatou que o quadril foi a articulação mais comprometida.

Portanto, tais resultados demonstraram que os trabalhadores de maior estatura foram os mais afetados na execução das atividades silviculturais, devendo os fabricantes e empresas flo-

**Tabela 2.** Percentual de capazes nas articulações do corpo dos trabalhadores.

**Table 2.** Percentage of the able in joints of worker's body.

Atividade	Percentil (%)	Percentual de Capazes nas Articulações (%)							Articulação com problema de carga (inferior a 99%)
		Pulsos	Cotovelos	Ombros	Tronco	Quadril	Joelhos	Tornozelos	
Plantio	5	99	100	100	99	94	99	99	Quadril
	50	99	100	100	98	93	98	98	Tronco, quadril, joelhos e tornozelos
	95	99	100	99	98	91	97	97	Tronco, quadril, joelhos e tornozelos.
Adubação	5	99	100	99	99	95	99	99	Quadril
	50	99	100	99	98	95	99	96	Tronco, quadril e tornozelos
	95	99	100	99	98	93	99	95	Tronco, quadril e tornozelos

restais desenvolver equipamentos e ferramentas de trabalho que permitem a realização de ajustes em suas dimensões, de forma a melhor adequação às medidas antropométricas de todos os futuros usuários, trazendo, conseqüentemente, maior conforto, segurança e menores riscos de danos à saúde dos trabalhadores.

## CONCLUSÕES

Houve maior força de compressão no disco da coluna lombar dos trabalhadores do plantio de maior estatura, causadas pelas posturas inadequadas e a falta de regulagens do equipamento.

O quadril foi a articulação mais afetada nas atividades estudadas, sendo mais evidente nos trabalhadores de maior estatura, ocasionado pela maior inclinação da coluna lombar e maior incidência de pesos dos equipamentos.

O desenvolvimento de equipamentos com regulagens para ajustar-se às medidas antropométricas dos trabalhadores são necessárias e poderão contribuir para a melhoria das condições conforto, segurança e saúde.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro, e à empresa florestal, pela cessão da área para a realização do estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUTO, H. A. *Ergonomia Aplicada ao Trabalho: O manual técnico da máquina humana*. Belo Horizonte: Ergo, 1995. 383 p.

CNS - CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Resolução nº 466**, de 12 de dezembro de 2012. Disponível em: . Acesso em: 20/07/2013.

FIEDLER, N.C. *Análise de posturas e esforços despendidos em operação de colheita florestal no litoral norte do estado da Bahia*. 1998. 103 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.

GANDASECA, S.; YOSHIMURA, T.; YAMAMOTO, T.; MULYONO, S. A biomechanical analysis of industrial forest plantation workers in East Kalimantan. *Journal Forest Research*, Tokyo, v. 3, n.2, p. 75-78. 1998.

IIDA, I. *Ergonomia: projeto e produção*. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 630 p.

KAYIS, B.; ÖZOK, A. F. The anthropometry of Turkish army men. *Applied Ergonomics: human factors in technology and society*, v. 22, n. 1, p. 49-54, 2001.

KISNER, C.; COLBY, L. A. **Exercícios terapêuticos: fundamentos e técnicas**. 5.ed. São Paulo: Editora Manole Ltda., 2009. 972 p.

LIMA, J. S. S.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; OLIVEIRA, R. B. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores “feller-buncher” e “skidder” utilizados na colheita de madeira. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 291-298. 2005.

LOPES, E. S.; OLIVEIRA, F. M.; MALINOVSKI, J. R.; SILVA, R. H. Avaliação biomecânica de trabalhadores nas atividades de poda manual e semimecanizada de *Pinus taeda*. *Floresta*, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 9-18. 2013.

SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. Análise ergonômica do trabalho de coveamento semimecanizado para o plantio de eucalipto. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 76, p. 77-83, dez. 2007.

SILVA, W. G. *Análise ergonômica do posto de trabalho do armador de ferro da construção civil*. 2001. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

TOUPIN, D.; LEBEL, L.; DUBEAU, D.; IMBEAU, D.; BOUTHILLIER, L. Measuring the productivity and physical workload of brushcutters within the context of a production-based pay system. *Forest Policy and Economics*, Amsterdam, v. 9, n. 8, p. 1046-1055, 2007.

TUNAY, M.; MELEMEZ, K. An analysis of biomechanical and anthropometric parameters on classroom furniture design. *African Journal of Biotechnology*, v. 7, n. 8, p. 1081-1086, 2008.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. 3D Static strength prediction program: version 6.0.5 – User’s Manual. Michigan: Centro de Ergonomia, 2011. 108 p.

VOSNIAK, J.; LOPES, E. S.; INOUE, M. T.; BATISTA, A. Avaliação da postura de trabalhadores nas atividades de plantio e adubação em florestas plantadas. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n. 5, p. 584-592, 2011.

Recebido em 25/07/2013

Aceito para publicação em 10/03/2014