



Produto & Produção, vol. 19, n.4, p.15-25. 2018

RECEBIDO EM 08/03/2017. ACEITO EM 02/11/2019.

Ana Carolina de Albuquerque Santos

Departamento de Engenharia Florestal-DEF, UFV, Brasil
anaflorestaufv@gmail.com

Lyvia Julienne Sousa Rêgo

Departamento de Engenharia Florestal-DEF, UFV, Brasil
lyviajulienne@hotmail.com

Felipe Marzano

Departamento de Engenharia Florestal-DEF, UFV, Brasil
felipe.marzano@ufv.br

Helio Garcia Leite

Departamento de Engenharia Florestal-DEF, UFV, Brasil
hglete@gmail.com.br

Amaury Paulo de Souza

Departamento de Engenharia Florestal-DEF, UFV, Brasil
amaury@ufv.br

Estimativa de variáveis antropométricas de trabalhadores florestais de colheita mecanizada

Artificial neural network for estimating anthropometric measurements of Brazilian forest operators

Resumo

Conhecer a antropometria é fundamental para o dimensionamento adequado do espaço e das ferramentas de trabalho. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi comparar as estimativas das medidas antropométricas de operadores florestais utilizando a regressão linear múltipla e as redes neuronais artificiais. A partir de medidas antropométricas fáceis de serem mensuradas, como a altura e o peso, estimaram-se a altura dos olhos, altura do punho, altura do joelho, altura do tórax, altura do ombro, altura do cotovelo, alcance inferior máximo, largura do quadril, alcance frontal máximo, largura do ombro, largura cotovelo-cotovelo, comprimento do antebraço, comprimento da mão, através dos métodos de regressão múltipla e de redes neuronais artificiais. De acordo com os resultados, duas variáveis não foram capazes de serem estimadas por ambos os métodos. A rede neural artificial estimou com mais exatidão a maioria das medidas antropométricas dos operadores florestais do que os modelos de regressão múltipla.

Palavras-chave: Variáveis Antropométricas, Regressões Múltiplas, Redes Neuronais Artificiais.

Abstract

Anthropometric knowing is fundamental for the proper sizing of the spaces and tools working. Thus, the objectives of this study was to compare the estimates of anthropometric measurements of forestry operators' using multiple linear regression and artificial neural networks. From anthropometric measurements easy to measured, like height and weight, was estimated the eye height, fist height, knee height, chest height, shoulder height, elbow height, maximum lower reach, hip breadth, maximum frontal reach, shoulder breadth, elbow to elbow breadth, forearm length, hand length, by the methods of multiple regression and artificial neural networks. According to the results, two variables were not capable of being estimated by both methods. Artificial neural network estimated with more accurately most anthropometric measurements of forest operators that the multiple regression models.

Keywords: Anthropometric Variables, Multiple Regressions, Artificial Neural Networks.

1. Introdução.

Os dados antropométricos são os principais parâmetros de projeção para o dimensionamento ótimo dos tratores agrícolas e florestais (SCHLOSSER et al., 2002; MINETTE et al., 1996). O emprego destes dados permite que os projetos ergonômicos considerem a variabilidade das dimensões corpóreas de uma população (IIDA, 2005). Isto permite que os operadores de diferentes tamanhos, tenham fácil acesso ao posto de operação, bem como sejam capazes de alcançar e acionar todos os comandos, com o mínimo esforço e de forma a manter uma postura corporal adequada.

Em razão da carência de informações antropométricas dos operadores florestais brasileiros (SCHLOSSER et al., 2002; LOPES et al., 2013), os dados utilizados para embasar os projetos de máquinas agrícolas e florestais comercializados no país, normalmente, são de cidadãos estrangeiros (LOPES et al., 2013). No entanto, as medidas corpóreas de operadores brasileiros demonstram diferenças significativas, em comparação com as dos operadores de outros países. Fernandes et al. (2009) verificou que operadores brasileiros de *feller-buncher* tem menor estatura do que operadores norte-americanos.

O Brasil possui uma população com características físicas muito variáveis, o que dificulta ainda mais um levantamento de informações antropométricas (GUIMARÃES; BIASOLLI, 2002; SCHLOSSER et al., 2002). Assim, uma máquina agrícola florestal, cujo posto de operação esteja dimensionado conforme os padrões definidos pelas normas internacionais pode proporcionar um ambiente de trabalho inadequado ao operador brasileiro (FERNANDES et al., 2009). Algumas características são facilmente mensuráveis, como estatura e peso, enquanto outras são obtidas de forma mais trabalhosa e, às vezes, de maior custo de obtenção. Portanto, é necessários estudos que permitam estimar características antropométricas em função de características facilmente mensuráveis nos indivíduos. Conforme Guedes (2011), a estatura e o peso corporal são as principais medidas antropométricas indicadoras do crescimento físico. Logo, características de determinação mais difíceis podem ser estimadas por meio de modelos (BHUIYAN; HOSSAIN, 2015).

A análise de regressão múltipla tem sido utilizada para modelar as relações funcionais entre as medidas antropométricas (KAYA et al., 2003), permitindo obter estimativas daquelas características de difícil mensuração, em função daquelas facilmente mensuráveis (BAUMGARTNER et al., 1991; BALL et al., 2004). Assim, com a mensuração de características simples como a estatura e o peso, é possível estimar as demais variáveis antropométricas, desonerando os custos de medição (GUIMARÃES; BIASOLLI, 2002; CACDAR, 2014). A análise de regressão tem sido empregada em diferentes abordagens envolvendo características antropométricas (HOSSAIN et al., 2013; SEKULIĆ et al., 2007; AGHA; ALNAHHAL, 2012; CACDAR, 2013; KAUR et al., 2015) e, embora os modelos não lineares também possam ser empregados em estudos envolvendo características antropométricas (SEKULIĆ et al., 2007), os lineares têm sido empregados na maioria dos casos.

O emprego da inteligência computacional, especialmente redes neuronais artificiais (RNA), tem sido cada vez mais frequente no setor florestal, incluindo diferentes aplicações no domínio da ergonomia (ZHANG et al., 2010; AGHA; ALNAHHAL, 2012; CASTRO et al., 2012; PALANIANDY et al., 2013; KAUR et al., 2015). As RNA geralmente têm excelente capacidade de generalização, classificação,

interpolação e extrapolação de dados (HAYKIN, 2001). Além de apresentarem tolerância a erros e ruídos, são capazes de aprender padrões de informações de forma a aumentar a precisão das estimativas, com menor quantidade de dados que o necessário para a estimação por regressão (BINOTI et al., 2013). Em diferentes estudos antropométricos, tem sido comum encontrar resultados melhores com redes neurais quando comparadas a análise de regressão (HOSSAIN et al., 2013).

Embora seja comum encontrar estudos com aplicação tanto de regressão como de redes neurais, em problemas que envolvem o uso de características antropométricas, raramente encontra-se pesquisas envolvendo operadores florestais. Por isso, foi idealizado este estudo, com o objetivo de comparar as estimativas das medidas antropométricas de operadores de máquinas florestais utilizando esses dois métodos: (1) a regressão múltipla e a (2) de redes neuronais artificiais.

2. Material e Métodos.

2.1. Descrição dos dados antropométricos.

Os dados consistiram na medição de 15 parâmetros antropométricos (Tabela 1), estabelecidos pela INT (1998) como fundamentais para o dimensionamento de edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbano, de 122 operadores de máquinas florestais. Sendo que destes, 88 correspondem a medidas dos homens e 34 são de mulheres. Os dados foram coletados em três empresas florestais situadas em diferentes locais nos estados de Minas Gerais e Bahia.

Com o sujeito na posição ereta e descalço coletou-se as medidas de onze variáveis antropométricas. Com o sujeito devidamente posicionado na cadeira antropométrica foram coletadas as medidas de quatro variáveis. As estatísticas descritivas da amostragem: média, valores dos percentis (5%, 95%), desvio padrão e coeficiente de variação (%) relativos às médias das medidas tomadas em pé e sentado são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Padrão antropométrico dos operadores florestais dos estados de Minas Gerais e Bahia

Variáveis	Média	Variância	Desvio Padrão	CV%	Mínimo	Máximo	P5%	P95%	r*	r**
Estatura ¹	169,64	70,96	8,42	4,97	148,00	191,60	155,00	180,99		
Peso ¹	77,85	308,79	17,57	22,57	42,80	138,00	52,72	103,85		
Altura dos olhos ¹	157,81	87,73	9,37	5,94	112,00	181,00	144,00	170,39	0,63	0,95
Altura do punho ¹	84,36	38,07	6,17	7,31	60,00	104,00	74,05	92,79	0,65	0,85
Altura do joelho ¹	50,41	19,23	4,39	8,70	40,00	74,00	44,00	56,19	0,48	0,68
Altura do tórax ¹	125,30	64,04	8,00	6,39	104,00	152,00	110,10	136,64	0,61	0,89
Altura do ombro ¹	141,32	75,23	8,67	6,14	115,00	180,20	128,53	153,20	0,65	0,96
Altura do cotovelo ¹	106,62	32,50	5,70	5,35	92,00	121,20	97,11	114,19	0,62	0,86
Alcance inferior	65,42	23,30	4,83	7,38	45,00	79,00	58,53	72,49	0,59	0,77
Largura do quadril ²	36,51	12,61	3,55	9,73	29,50	46,00	32,00	42,00	0,47	0,15
Alcance frontal	72,76	52,37	7,24	9,95	20,80	88,00	63,53	81,48	0,37	0,71
Largura do ombro ²	45,56	19,54	4,42	9,70	35,30	56,00	39,03	53,95	0,87	0,56
Largura cotovelo cotovelo ²	45,78	37,17	6,10	13,32	32,00	61,00	36,31	56,00	0,79	0,40
Comprimento	26,50	4,36	2,09	7,88	22,00	32,50	23,00	30,00	0,37	0,70
Comprimento mão ²	19,29	2,94	1,71	8,89	16,00	23,40	16,53	22,19	0,40	0,53

*Correlação linear com o Peso (kg); ** correlação linear com a estatura (cm); (1) medidas tomadas com o operador em pé (cm); (2) medidas tomadas com o operador sentado (cm)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados da amostra foram separados aleatoriamente em 70% para o ajustamento da regressão e treinamento das redes neuronais artificiais e 30% para a validação dessas duas alternativas.

2.2. Análise de Regressão.

Inicialmente foi ajustado um modelo linear múltiplo para cada variável das 13 variáveis antropométricas conforme a tabela 1, sendo: $Y_i = \beta_{0i} + \beta_{1i}w + \beta_{2i}h + \beta_{3i}gênero + \beta_{3i}região + \varepsilon$ (Equação 1), em que Y_i = variável antropométrica i a ser estimada; com i variando 1, ..., 13; w = peso; h = estatura. A variável gênero assumiu valor 1 para o sexo masculino e 0 para o feminino e a variável local assumiu os valores 1, 2 e 3. Os valores de $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ foram os coeficientes da regressão. A significância das estimativas dos parâmetros foi analisada pelo teste t , sendo eliminadas as variáveis que resultaram em $p\text{-valor} > 0,05$.

Todos os modelos de regressão foram ajustados considerando as variáveis categóricas e a estratificação foi analisada conforme a significância. A escolha da melhor abordagem para a estimação por regressão foi realizada com base nas correlações entre valores observados e estimados e nas análises de resíduos. Os resultados dessa melhor abordagem foram comparados com os resultados obtidos pelo emprego de um modelo de rede neuronal artificial.

2.3. Rede neuronal artificial.

A implementação da RNA foi feita com o modelo MLP – *Multilayer Perceptron* (RUMELHART et al., 1986), utilizando como variáveis de entrada contínuas o peso (w) e a estatura (h), e categóricas o local e o gênero. A natureza não-paramétrica do método possibilitou que para cada RNA treinada fossem utilizadas 13 variáveis antropométricas de saída definidas conforme a Tabela 1. Para o treinamento da RNA foram utilizadas a aprendizagem supervisionada do algoritmo *Resilient propagation* (RPROD+) e as funções sigmoidais nas camadas oculta e de saída. O número de neurônios na camada escondida (oculta) foi igual a 8 e o critério de parada foi o erro médio, de 0,0001 ou o número de 3000 ciclos. Foram treinadas cinco redes, utilizando o software Neuroforest 3.3 (www.neuroforest.ucoz.com). Os treinamentos foram realizados com 70% dos dados, sendo os outros 30% utilizados na validação. A melhor RNA foi selecionada com base nas estatísticas de validação, analisando as maiores correlações, entre o observado de cada variável antropométrica, e o estimado pelas redes para cada variável. A arquitetura simplificada das RNA treinadas é apresentada na Figura 1.

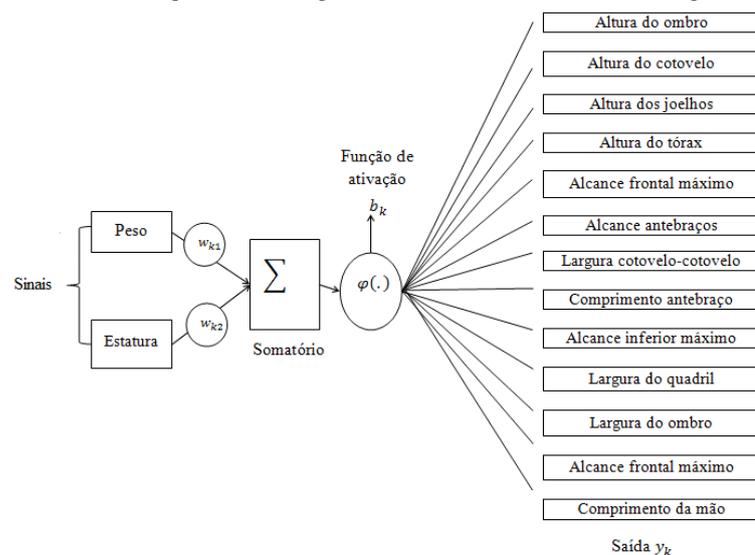


Figura 1 - Representação da arquitetura simplificada da rede neuronal artificial.
Fonte: Adaptado de Haykin (2001).

As equações e os resultados das 13 variáveis antropométricas de saídas da rede foram avaliados com base nas estatísticas de validação, analisando as discrepâncias entre os valores reais (Y_i) obtidos nas medições e os valores estimados (\hat{Y}_i), a raiz quadrada do erro quadrático médio ($RQEM\%$) e o erro, conforme (DRAPPER; SMITH, 1981):

Tabela 2 – Estatísticas de validação para as estimativas de 13 variáveis antropométricas de operadores florestais

Estatísticas	Equações
Correlação	$r_{\hat{y}y} = \frac{n^{-1}[\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_m)(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{(n^{-1} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_m)^2)(n^{-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2)}}$
Raiz quadrada do erro quadrático médio	$RQEM\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}}{\bar{y}}$
Resíduo	$E\% = \left(\frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i}\right) * 100$

Em que:

y_i e \hat{y}_i = valores observado e estimado da variável sob análise; y_m e y_m = valor médio estimado e observado; n = número de casos;

3. Resultados e Discussão.

Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes das regressões e as estatísticas de validação dos dois métodos de modelagem analisados. Todas as estimativas foram significativas pelo teste t ($p < 0,05$), com exceção do intercepto de alguns modelos. As correlações de validação na modelagem por regressão múltipla variaram entre 0,93 (altura dos olhos) e 0,35 (alcance inferior máximo) e a raiz quadrada do erro quadrático médio entre 1,74 % (altura dos olhos) e 8,86 % (largura do quadril). As correlações das saídas da RNA variaram entre 0,96 (altura dos olhos) e 0,53 (comprimento da mão) e $RQEM$ (%) variou entre 1,32 (altura dos olhos) e 7,76 (largura cotovelo-cotovelo).

Tabela 3 – Estimativas dos parâmetros das equações ajustadas para estimar as variáveis antropométricas de operadores florestais, por meio dos métodos de RNA e de regressão linear múltipla

Variáveis antropométricas	Estimativas - Regressão					Estatísticas			
	Intercepto	Gênero	Local	Estatura (m)	Peso	r_{yy}	<i>RQEM</i> (%)	r_{yy}	<i>RQEM</i> (%)
Altura dos olhos	-14,685			0,938		0,93	1,74	0,96	1,32
Altura do punho	-124,138	-22,791	-16,549	0,602		0,88	4,79	0,78	4,97
Altura do joelho	-117,486			0,368		0,66	7,71	0,62	5,82
Altura do tórax	-58,742		-11,747	0,787		0,71	4,70	0,77	4,13
Altura do ombro	-160,675	-19,972	-0,9164	0,946		0,74	4,81	0,96	1,49
Altura do cotovelo	89,248			0,576		0,81	3,14	0,81	2,76
Alcance inferior máximo	-65,145		-0,596	0,431		0,35	7,21	0,68	5,05
Largura do quadril	278,162	-29,343			0,138	0,49	8,86	0,70	6,30
Alcance frontal máximo	34,899	64,894	21,343	0,356		0,48	5,50	0,68	5,05
Largura do ombro	302,098		-0,691		0,214	0,80	5,80	0,85	4,95
Largura cotovelo-cotovelo	474,484			-0,161	0,328	0,81	7,57	0,81	7,76
Comprimento do antebraço	-52,636	11,994	0,877	0,171		0,63	4,69	0,78	4,02
Comprimento da mão	10,311	-23,485	-14,226	0,135		0,78	5,29	0,53	6,10

Fonte: Elaborado pelos autores.

A distribuição dos erros por classe de resíduo da maioria das estimativas das variáveis antropométricas, apresentaram uma maior concentração nas classes referentes aos menores valores, pelo método de RNA, comprovando que estas estimativas resultam em menores erros (Figura 2).

Os interceptos não significativos não foram retirados do modelo devido a inclusão das variáveis qualitativas nos modelos regressivos. Em alguns casos, as medidas antropométricas se diferiram quanto ao gênero e/ou local, tornando-se necessário a estratificação para o ajuste. As combinações entre as variáveis qualitativas interferem na significância dos coeficientes dos modelos de regressão, pois limitam a quantidade de dados em cada categoria. Além da quantidade de informação por estrato, a separação dos dados para ajuste e validação da regressão influenciou nos resultados da regressão. Por ser um método não paramétrico, não é possível analisar a significância dos parâmetros da rede neural. Assim, a contribuição de cada variável explicativa na RNA foi analisada pelo aumento das correlações.

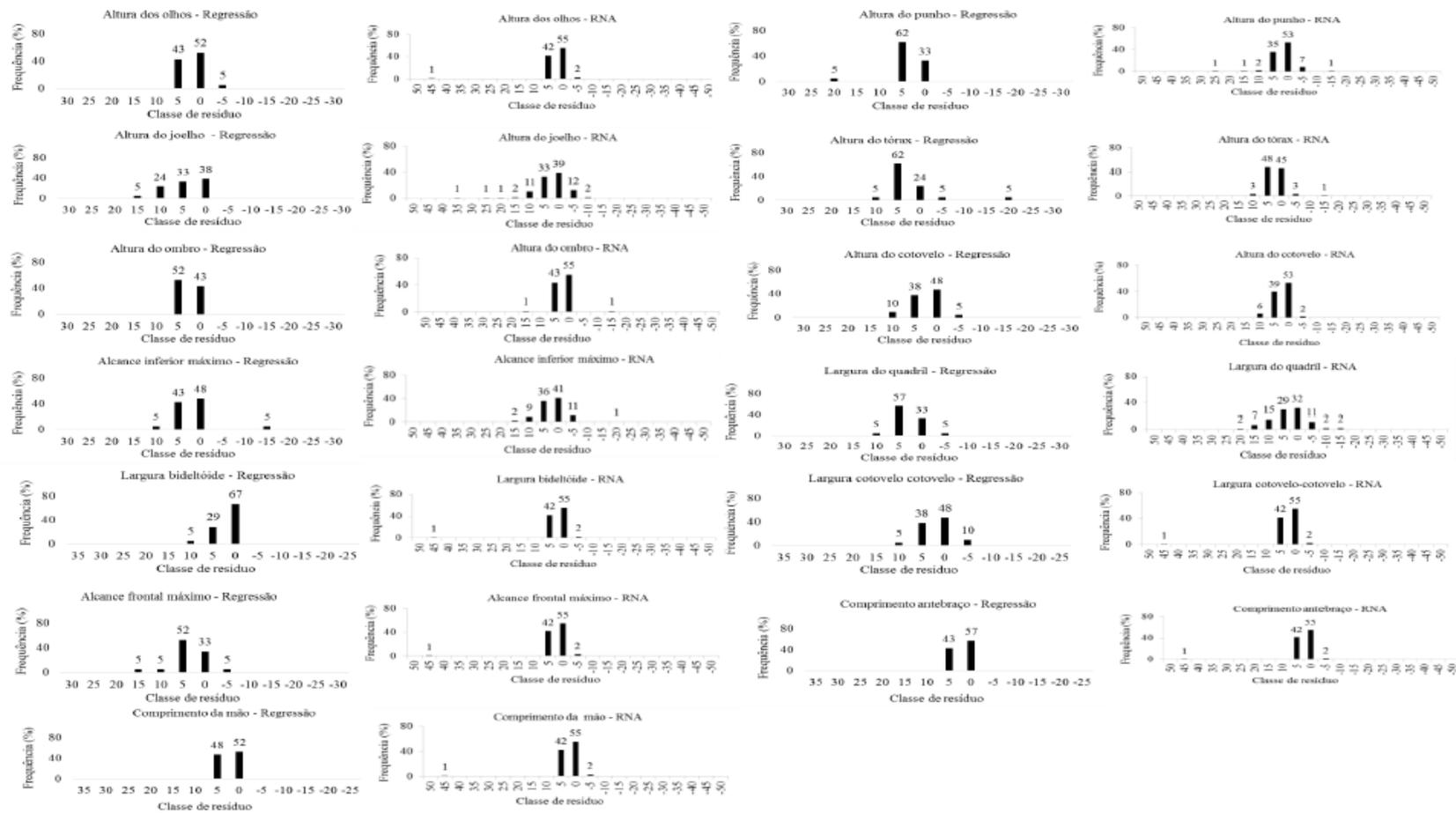


Figura 2 - Histograma de frequência dos resíduos por classe resíduo (%) para 13 variáveis antropométricas de operadores florestais, utilizando os métodos de regressão e RNA.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Nos modelos antropométricos, geralmente, há a necessidade de estratificar os dados com base no gênero, raça e local. Entretanto, dependendo da amostragem realizada, apesar de serem representativa, não há dados suficientes para o ajustamento de modelos regressivos para um determinado estrato. No método neuronal, a representatividade dos dados é mais importante que a quantidade destes (BINOTI et al., 2103). Assim a RNA possibilita obter boas estimativas com uma base de dados pequena, além de incluir na modelagem alguns estratos que não havia sido considerado antes.

Na estratificação por gênero, somente seis medidas antropométricas (altura do punho, altura do ombro, largura do quadril, alcance frontal máximo, comprimento do antebraço e da mão) foram possíveis de serem estimadas pela regressão. De forma que, dessas variáveis apenas o alcance frontal máximo e o comprimento do antebraço apresentaram correlação positiva, indicando que essas medidas são maiores para o gênero feminino. No local 3 não ocorreu amostragem de mulheres o que pode ter interferido na significância do gênero em alguns casos.

As melhores estimativas para as medidas antropométricas foram obtidas utilizando o método neuronal. Kaya et al., (2003); Agha; Alnahhal (2012) concluíram que o método de inteligência artificial também foi melhor em relação a análise de regressão para estimar medidas antropométricas de estudantes. A regressão foi superior somente para o comprimento da mão, largura cotovelo-cotovelo e largura do joelho (Tabela 3). Em alguns casos não foram obtidas boas estimativas com nenhum dos métodos apresentados, como para a altura do tórax, em razão da baixa variabilidade dos dados amostrados, e\ou erros e medição, e\ou baixa correlação com as variáveis explicativas altura e peso, neste último caso também ocorreu para o comprimento da mão.

A estatura explicou maior parte da variação das medidas antropométricas dos operadores florestais, com exceção da largura bideltóide e do quadril. Na modelagem por regressão o peso foi significativo somente para as variáveis relacionadas a largura (quadril, bideltóide e cotovelo-cotovelo), tendo essas baixas correlações com estatura. Ademais, houve uma correlação negativa entre largura cotovelo-cotovelo e estatura (Tabelas 1 e 3). Cavdar (2013) ao utilizar regressão múltipla para estimar parâmetros antropométricos do corpo de homens, de acordo com a altura e peso dos mesmos, entre os vinte e nove parâmetros mensurados, apenas dezessete foram capazes de serem estimados. O autor identificou que duas medidas antropométricas (comprimento do ombro-cotovelo e comprimento do ombro-ponta do dedo) não haviam relação com o peso, e outras (comprimento nádega-poplítea, amplitude ombro e largura do quadril) não possuíam relação com a estatura. O autor encontrou correlação negativa entre as medidas antropométricas, iguais a deste estudo. Hossain et al., (2013) também verificou correlação negativa entre índice cefálico (forma da cabeça) e a variável independente estatura em homens adultos.

O uso do modelo preditivo por empresas florestais, permite estimar a partir de simples informações como o peso e a altura outras variáveis antropométricas dos seus operadores florestais, de forma mais rápida. Com base no padrão antropométrico da localidade, as empresas podem adquirir equipamentos e máquinas com boas condições ergonômicas, adequados ao biótipo físico dos operadores, uma vez que tais medidas variam dependendo do local, raça, gênero e idade.

O posicionamento de equipamentos e máquinas de trabalho inapropriado ao operador florestal provoca perdas na produtividade, fadiga em razão da sobrecarga física, doenças ocupacionais (GUIMARÃES et al., 2015), desconforto, postura inadequada, aumentando o risco de acidente. Tal fato pode ser revertido ao considerar as características dos operadores, pois o trabalhador ao manter uma boa postura garante seu conforto, segurança e saúde (IIDA, 2005; BRITTO et al., 2014).

As estimativas antropométricas, também auxiliam na tomada de decisão dos gestores florestais em relação a adequação do perfil dos trabalhadores a atividade que poderá desenvolver na empresa, e na busca de outros meios preventivos de adaptação do posto de trabalho ao operador.

Pesquisas podem ser realizadas utilizando uma base de dados mais representativa em relação ao perfil dos operadores de máquinas e equipamentos florestais, incluindo todas as regiões do Brasil, gênero, raça e idade. Assim, permitiria maior abrangência do modelo obtido por RNA ou por regressão múltipla, diminuindo o erro das estimativas. Estudos com maior aprofundamento na mensuração de aspectos relacionados ao dimensionamento dos postos de trabalho ainda é incipiente nas empresas florestais brasileiras e carece de informações precisas. Nesse cenário, técnicas quantitativas que exigem um menor esforço amostral têm se mostrado vantajosas em diversas áreas como em inventário e mensuração florestal.

4. Conclusões.

As redes neurais artificiais permitiram estimar com um único modelo as 13 variáveis antropométricas, com estimativas mais precisas em relação a regressão, utilizando uma base de dados limitada.

A partir de medidas fáceis de serem obtidas no cadastro das empresas, como a estatura e o peso dos operadores florestais foi possível estimar as demais variáveis antropométricas necessárias para planejar de forma ótima o dimensionamento do ambiente de trabalho, máquinas e equipamentos. Isso permite reduzir o custo e o tempo de elaboração de projetos ergométricos.

Referências.

- AGHA, S. R.; ALNAHHAL, M. J. *Neural network and multiple linear regression to predict school children dimensions for ergonomic school furniture design*. **Applied ergonomics**, v. 43, n. 6, p.979-984, 2012.
- BINOTI, D. H. B.; DA SILVA BINOTI, M. L. M.; LEITE, H. G. Redução dos custos em inventário de povoamentos equiâneos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p.125-129, 2013.
- BINOTI, M. L. M. **Aplicação de redes neurais artificiais para estimação da altura de povoamentos equiâneos de eucalipto**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.
- BALL, S. D.; ALTENA, T. S.; SWAN, P. D. *Comparison of anthropometry to DXA: a new prediction equation for men*. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 58, n. 11, p.1525-1531, 2004.
- BAUMGARTNER, R. N.; HEYMSFIELD, S. B.; LICHTMAN, S.; WANG, J.; PIERSON, R. N. *Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations*. **The American journal of clinical nutrition**, v. 53, n. 6, p.1345-1353, 1991.
- BHUIYAN, T. H.; HOSSAIN, M. S. J. *University hall furniture design based on anthropometry: an artificial neural network approach*. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, v. 20, n. 4, p.469-482, 2015.
- BRITTO, P. C.; LOPES, E. S.; LAAT, E. F.; FIEDLER, N. C. Avaliação biomecânica de trabalhadores de diferentes estaturas nas atividades de Plantio e Adubação Florestal. **Sci. For.**, v. 42, n. 102, p. 191-196, 2014.
- CASTRO R. F. V.; COELHO P. H. G.; RODRIGUES J. A. P.; NETO L. B. *Classification of Anthropometric Data using Neural Networks*. In: *Proceedings of the 14th International Conference on Enterprise Information Systems*, 14, Wroclaw, 2012. Anais... Poland: ICEIS, 2012, v. 3, p.116-119.
- CAVDAR, K. *Determination of the some anthropometric data of Turkish men population*. **Gazi University Journal of Science**, v. 27, n. 2, p.801-807, 2014.
- DRAPPER, N. R., SMITH, H. **Applied Regression Analysis**. New York: Wiley, 1981. 709p.
- FERNANDES, H. C., DE BRITO, A. B., SANTOS, N. T., MINETTE, L. J., RINALDI, P. C. N. Análise antropométrica de um grupo de operadores brasileiros de “feller-buncher”. **Sci. For.**, v. 37, n. 81, p.017-025, 2009.
- GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Trad. João Pedro Stein. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 338p.
- GUEDES, D. P. Crescimento e desenvolvimento aplicado à Educação Física e ao Esporte. **Rev. Bras. Educ. Fís. Esporte**, v. 25, n. 135, p.127-40, 2011.
- GUIMARÃES, L. B. M.; BIASOLLI, P. **Levantamento antropométrico: o Brasil ainda precisa ter o seu?** In: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia:

Produtos, Programas, Informação, Ambiente Construído Ergodesign, 2, Rio de Janeiro, 2002. Anais... Rio de Janeiro: II Ergodesign, 2002, 6 p.

GUIMARÃES, P. P.; FIEDLER, N. C.; CARMO, F. C. A.; ALVES, R. T.; MORAES, F. Aplicações de variáveis antropométricas em postos de trabalho em marcenarias no sul do Espírito Santo. **Floresta**, v. 46, n. 1, p. 11 - 20, 2016.

HAYKIN, S. **Redes neurais: princípios e práticas**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001. 900 p.

HOSSAIN, M. G.; SAW, A.; ALAM, R.; OHTSUKI, F.; KAMARUL, T. Multiple regression analysis of anthropometric measurements influencing the cephalic index of male Japanese university students. **Singapore Med J**, v.54, n.9, p.516-520, 2013.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 465p.

INT - Instituto Nacional de Tecnologia. **Pesquisa antropométrica e biomecânica dos operários da indústria de transformação – RJ** (Medidas para postos de trabalho). Rio de Janeiro: INT, 1988. v. 1 128 p.

KAYA, D. M., HASILOGLU, S. A., BAYRAMOGLU, M., YESILYURT, H., OZOK, A. F. *A new approach to estimate anthropometric measurements by adaptive neuro-fuzzy inference system*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.32, n.2, p.105-114, 2003.

KAUR, G.; ARORA, A. S.; JAIN, V. K. *Using hybrid models to predict blood pressure reactivity to unsupported back based on anthropometric characteristics*. **Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering**, v. 16, n. 6, p.474-485, 2015.

LOPES, E. S.; BRITO, P. C.; LAAT, E. F.; VIEIRA, T. P. Análise antropométrica de trabalhadores em atividades de implantação florestal. **Floresta**, v. 43, n. 4, p.525-534, 2013.

MINETTE, J. L. **Análise de fatores operacionais e ergonômicos na operação de corte florestal com motosserra**. 1996, 211p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

PALANIANDY, T.; YAHYA, M. S.; ZAINUN, N. Y. *Development of anthropometric model using artificial neural networks (ANN) approach*. **International Journal Construction Technology and Management**, v.1, n.1, p.1-5, 2013.

RUMELHART, D. E., HINTON G. E.; WILLIAMS, R. J. *Learning representation by back-Propagating errors*. **Nature**, v.323, p.533-536, 1986.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L. Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. **Ciência Rural**, v. 32, n. 6, p.983-988, 2002.

ZHANG, B.; HORVÁTH, I.; MOLENBROEK, J. F. M.; SNIJDERS, C. *Using artificial neural networks for human body posture prediction*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 40, n. 4, p.414-424, 2010.