

**PERFIL ANTROPOMÉTRICO DE OPERADORES E
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE COLHEDORAS DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

CARLA BENTO DA SILVA

2007

CARLA BENTO DA SILVA

**PERFIL ANTROPOMÉTRICO DE OPERADORES E
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE COLHEDORAS DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientador:
Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos Andrade

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2007**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Silva, Carla Bento da.

Perfil antropométrico de operadores e avaliação ergonômica de colhedoras de cana-de-açúcar / Carla Bento da Silva. -- Lavras : UFLA, 2007.

81 p.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2007.

Orientador: Luiz Antônio de Bastos Andrade.

Bibliografia.

1. Ergonomia. 2. Colheita mecânica. 3. Saccharum spp. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 620.82

CARLA BENTO DA SILVA

**PERFIL ANTROPOMÉTRICO DE OPERADORES E
AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE COLHEADORAS DE
CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, para a obtenção do título de “Doutor”.

Aprovada em 1º de outubro de 2007

| | |
|---|------|
| Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato | UFLA |
| Prof. Dr. Jackson Antônio Barbosa | UFLA |
| Prof. Dr. Élberis Pereira Botrel | UFLA |
| Pesq. Dr. Marcos Guimarães de Andrade Landell | IAC |

Prof. Dr. Luiz Antônio de Bastos
UFLA Orientador

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Dedico

Aos meus pais, Carlito e Aricleusa
A Consuelo; ao meu “filho”,
Bruno e ao meu amor, Fábio
Marconato.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| RESUMO..... | i |
| ABSTRACT..... | ii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1 Cultura da cana-de-açúcar no Brasil..... | 5 |
| 2.2 Histórico da cana-de-açúcar no Brasil..... | 6 |
| 2.3 Sistemas de colheita de colmos..... | 8 |
| 2.3.1 Sistema manual..... | 8 |
| 2.3.2. Sistema semimecanizado..... | 9 |
| 2.3.3 Sistema mecanizado..... | 9 |
| 2.4 Determinação do rendimento operacional e perdas do sistema de colheita de cana-de-açúcar..... | 13 |
| 2.5 Ergonomia..... | 14 |
| 2.5.1 A “máquina” humana..... | 15 |
| 2.5.2 A biomecânica e seus princípios..... | 16 |
| 2.5.3 Situações biomecânicas incorretas e suas conseqüências..... | 17 |
| 2.5.4 A informação e operação..... | 18 |
| 2.5.4.1 Informações visuais..... | 18 |
| 2.5.4.2 Uso de outros sentidos..... | 18 |
| 2.5.4.3 Controles..... | 19 |
| 2.5.5 Espaço de trabalho..... | 19 |
| 2.5.6 Doenças causadas por maus hábitos ergonômicos..... | 19 |
| 2.5.7 A norma regulamentadora..... | 20 |
| 2.6 Caracterização da antropometria dos trabalhadores..... | 21 |
| 2.7 Avaliação ergonômica de máquinas de | |

| | |
|--|----|
| colheita de cana-de-açúcar..... | 21 |
| 2.7.1 Acesso à cabine..... | 21 |
| 2.7.2 Cabine (posto de trabalho)..... | 22 |
| 2.7.3 Visibilidade..... | 23 |
| 2.7.4 Iluminação..... | 23 |
| 2.7.5 Conforto (assento do operador e clima da cabine)..... | 25 |
| 2.7.6 Controle e operação da máquina (painel e mostradores)..... | 27 |
| 2.7.7 Ruído..... | 29 |
| 2.7.8 Gases e poeiras..... | 32 |
| 2.7.9 Manual do operador..... | 33 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 34 |
| 3.1 Área de estudo..... | 34 |
| 3.2 Caracterização do sistema de colheita e das colhedoras..... | 34 |
| 3.3 Determinação da produtividade do sistema de colheita..... | 35 |
| 3.4 Caracterização do perfil dos trabalhadores..... | 36 |
| 3.5 Avaliação ergonômica de máquinas colhedoras de cana-de-açúcar...37 | |
| 3.6 Transformação do sistema de Skogforsk para graus numéricos..... | 39 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 40 |
| 4.1 Sistema de colheita de cana-de-açúcar..... | 40 |
| 4.2 Caracterização do perfil dos trabalhadores: massa corporal, estatura dos operadores e cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC)..... | 40 |
| 4.3 Avaliação ergonômica de colhedoras de cana-de-açúcar..... | 44 |
| 4.3.1 Avaliação ergonômica da colhedora “I”..... | 45 |
| 4.3.1.1 Acesso ao posto de trabalho..... | 45 |
| 4.3.1.2 Cabine..... | 45 |
| 4.3.1.3 Visibilidade..... | 46 |
| 4.3.1.4 Iluminação..... | 46 |

| | |
|--|----|
| 4.3.1.5 Assento do operador..... | 47 |
| 4.3.1.6 Comandos e instrumentos (controles e operação da máquina)..... | 48 |
| 4.3.1.7 Ruído..... | 50 |
| 4.3.1.8 Controle de clima na cabine..... | 51 |
| 4.3.1.9 Exaustão de gases e poeiras..... | 51 |
| 4.3.1.10 Manual do operador..... | 52 |
| 4.3.2 Avaliação ergonômica da colhedora “II”..... | 53 |
| 4.3.2.1 Acesso ao posto de trabalho..... | 53 |
| 4.3.2.2 Cabine..... | 54 |
| 4.3.2.3 Visibilidade..... | 54 |
| 4.3.2.4 Iluminação..... | 54 |
| 4.3.2.5 Assento do operador..... | 55 |
| 4.3.2.6 Comandos e instrumentos (controles e operação da máquina)..... | 55 |
| 4.3.2.7 Ruído..... | 58 |
| 4.3.2.8 Controle de clima na cabine..... | 59 |
| 4.3.2.9 Exaustão de gases e poeiras..... | 59 |
| 4.3.2.10 Manual do operador..... | 60 |
| 4.3.3 Avaliação ergonômica da colhedora “III”..... | 60 |
| 4.3.3.1 Acesso ao posto de trabalho..... | 60 |
| 4.3.3.2 Cabine..... | 61 |
| 4.3.3.3 Visibilidade..... | 61 |
| 4.3.3.4 Iluminação..... | 61 |
| 4.3.3.5 Assento do operador..... | 62 |
| 4.3.3.6 Comandos e instrumentos (controles e operação da máquina)..... | 62 |
| 4.3.3.7 Ruído..... | 65 |
| 4.3.3.8 Controle de clima na cabine..... | 66 |
| 4.3.3.9 Exaustão de gases e poeiras..... | 66 |
| 4.3.3.10 Manual do operador..... | 67 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Transformação do sistema de Skogforsk para graus numéricos..... | 67 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 72 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |

RESUMO

SILVA, Carla Bento da. **Perfil antropométrico de operadores e avaliação ergonômica de colhedoras de cana-de-açúcar**. 2007. 74p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG*

A colheita mecanizada da cana-de-açúcar tem se intensificado nos últimos anos, em face dos aumentos de custos da colheita manual e da necessidade da diminuição das queimadas. Este trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação ergonômica de três colhedoras de cana-de-açúcar, enfocando também o perfil dos operadores. Os dados foram coletados em uma usina de cana-de-açúcar localizada no município de Barra Bonita, estado de São Paulo, em janeiro de 2007. O perfil dos trabalhadores foi avaliado por meio de medidas antropométricas de peso e estatura de 70 indivíduos, que serviram para a determinação do IMC. A avaliação ergonômica das colhedoras foi realizada segundo as diretrizes contidas no manual de classificação ergonômica “Ergonomic guidelines for forest machines” (Skogforsk, 1999), que classifica as máquinas em cinco classes distintas (A, B, C, D e 0). Essa classificação foi transformada em critério numérico para permitir uma melhor avaliação. Em relação ao perfil dos trabalhadores, verificou-se que 40 operadores (57,1%) mostravam-se com sobrepeso e 15 operadores (21,5%) apresentavam-se obesos. Na avaliação ergonômica, a colhedora I apresentou as melhores condições de trabalho, sendo classificada como B, enquanto a II e a III foram enquadradas na classe C, ou seja, com condições inferiores. A avaliação pelo critério numérico também indicou melhor desempenho da colhedora “I”, entretanto, a análise estatística evidenciou diferença não-significativa entre as colhedoras “I” e “III” e entre as colhedoras “II” e “III”. A avaliação ergonômica das três máquinas estudadas evidenciou a necessidade de se promover um ajustamento das condições do espaço de trabalho ao operador brasileiro, uma vez que a maioria das máquinas utilizadas para a colheita de cana-de-açúcar é de fabricação estrangeira, portanto, direcionadas a operadores de compleição física diferente dos brasileiros. Assim, os comandos das máquinas exigem mais esforço dos operadores nacionais, o que pode resultar em menor rendimento nas operações de colheita.

Palavras-chave: ergonomia, colheita mecânica, *Saccharum* spp.

Comitê Orientador: Luiz Antônio de Bastos Andrade – UFLA (Orientador) e Carlos Eduardo da Silva Volpato – UFLA

ABSTRACT

SILVA, Carla Bento da. **Antropometric profile of workers and ergonomic evaluation of sugar-cane harvesters.** 2007. 74p. Thesis (Doctorate Program in Crop Science) – Federal University of Lavras, Lavras, MG*

The mechanical harvesting of sugar cane has intensified in last few years, due to manual harvesting costs increase and the necessity of burning decrease. This work had as general objective to conduct an ergonomic evaluation of machines used to harvest sugarcane and the profile of the workers in this activity. The research was carried out at a plant of sugar production in Barra Bonita, state of Sao Paulo, in January 2007. The workers' profile was evaluated through antropometric measures of weight and height of 70 individuals to determine the BMI (Body Mass Index). The ergonomic evaluation was accomplished according to the recommendations of the ergonomic classification manual "Ergonomic guidelines for forest machines" (Skogforsk, 1999), which classifies the machines into five distinct classes (A, B, C, D and 0). This classification was further converted to numeric values so as to permit a better evaluation. Concerning the workers' profile, it was seen that 2 (2.8%) presented underweight, 13 (18.6%) had normal BMI, 40 (57.1%) were overweight and 15 (21.5%) evidenced obesity. In the ergonomic evaluation, the machine I demonstrated the best conditions for working, being classified as B. The others (II and III) presented less working conditions, being both classified as C. The classification by the numeric criterion also indicated a better performance of the machine "I". However the statistical analysis indicated non-significant difference between machines "I" and "III" and "II" and "III". The general conclusion of this study was that there is a need to adjust the conditions of the working space of these machines to the Brazilian workers. This is due to the fact that these are imported machines and designed to fit workers of better physical profiles than those here considered. Therefore, the control of the machines requires greater efforts, resulting in less yield in the harvesting operations.

Key-words: Ergonomics, mechanical harvesting, *Saccharum* spp.

Guidance Committee: Luiz Antônio de Bastos Andrade – UFLA (Major Professor) e Carlos Eduardo da Silva Volpato – UFLA

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com produção de 437 milhões de toneladas na safra 2006/07 e previsão de 589 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para a safra 2009/10. A cultura da cana-de-açúcar apresentou área colhida de 5,8 milhões de hectares em 2006, produção de açúcar de 30 milhões de toneladas e 17,9 bilhões litros de álcool. O estado de São Paulo se destaca como maior produtor nacional, com mais de 50% da produção (Agrianual, 2007).

A cana-de-açúcar, pelo seu múltiplo uso (*in natura*, forragem, álcool, açúcar, melado, entre outros), tem grande importância não só no aspecto agrícola, mas também na economia do Brasil. E essa importância deve ser aumentada em função da perspectiva aberta pela crise energética para o aproveitamento do bagaço da cana-de-açúcar para geração de energia.

Segundo o Brasil (2007), o Brasil tem 363 unidades produtoras entre destilarias de álcool e usinas açucareiras cadastradas. As exportações, no ano passado, alcançaram volumes embarcados em torno de 15 milhões de toneladas, entre açúcar e melaço de cana. A atividade sucroalcooleira absorve 3% do total de pessoas empregadas nas atividades agrícolas em todo o Brasil, somando 800 mil cortadores de cana, 200 mil operários nas agroindústrias e mais 700 mil empregos indiretos.

Na ocupação de grandes áreas e perspectivas de grande expansão do cultivo da cana-de-açúcar, a colheita mecanizada é de extrema importância, devido à crescente dificuldade e ao encarecimento de mão-de-obra para corte manual, pelo interesse na obtenção de aumentos das operações de colheita, com diminuição de custos e, principalmente, para serem cumpridas as leis ambientais em vigor, com a diminuição da queimada do canavial para a colheita até a sua extinção.

A colheita mecanizada de cana-de-açúcar é uma realidade na indústria canavieira brasileira, tendo importância relevante nos estudos e pesquisas sobre a interação máquina-planta-solo no processo produtivo da cana-de-açúcar. Apesar desses números envolvendo a atividade sucroalcooleira, a colheita mecânica pode ainda ser considerada pequena e a prática da queima pré-colheita ainda constitui uma atividade rotineira.

A agricultura moderna exige qualidade e produtividade em suas operações, em que a competitividade tem levado as empresas a reduzir custos, aumentar a produção e, principalmente, colocar no mercado consumidor produtos de qualidade superior. Nas agroempresas, a globalização tem influenciado todas as etapas que constituem o ciclo operacional de uma cultura agrícola. Nesse contexto, a cultura da cana-de-açúcar destaca-se de forma significativa, pois, além de envolver um contingente grande de mão-de-obra, é necessária a queima do canavial para viabilizar o corte manual.

Entretanto, problemas relacionados à sazonalidade da mão-de-obra, sindicalização dos trabalhadores rurais e, principalmente, pressões de organizações ambientalistas e da saúde sobre a queima e seus efeitos sobre o ecossistema local e na saúde das populações circunvizinhas, têm acelerado o processo de mecanização da colheita da cana-de-açúcar, uma vez que o corte manual da cana crua tem demonstrado ser inviável, técnica e economicamente.

Praticamente para todas as culturas agrícolas, a tendência atual é mecanizar a colheita, principalmente aquelas que demandam mais mão-de-obra para realizá-la, como é o caso da cana-de-açúcar. O processo de mecanização da colheita aumenta o rendimento da operação, diminuindo custos e, por conseguinte, melhora a competitividade do açúcar e do álcool. Entretanto, a mecanização tem como entrave principal o preço da colhedora de cana, em torno de US\$ 500.000,00, o que inviabiliza o uso dessa tecnologia pelos médios e pequenos proprietários.

Segundo a Revista Rural (2005), existe um movimento, no setor sucroalcooleiro, para tornar a colheita da cana-de-açúcar totalmente mecanizada uma realidade nos próximos anos. Na região Sudeste, onde se concentra mais de 70% da produção de cana-de-açúcar do país, cerca de 40% da colheita já é feita de forma mecânica. Em outros estados, como Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, esses índices são maiores pelo fato de as lavouras serem mais recentes. O setor sucroalcooleiro ainda depende de um amadurecimento na formação de mão-de-obra capacitada, que possibilite atender a uma crescente demanda. A incorporação de novos conceitos de agricultura de precisão, com monitoramento via GPS, vai acelerar esse processo.

O processo de mecanização exige que o operário esteja plenamente adaptado ao posto de trabalho para poder exercer sua função, sendo a ergonomia a ciência que estuda o melhor meio de adaptar o trabalho, seus instrumentos, equipamentos, máquinas e dispositivos ao trabalhador, pela análise do ciclo de trabalho do operador. Esse estudo proporciona um ambiente de trabalho seguro e confortável. No entanto, o aumento do uso de tratores veio acompanhado de uma nova fonte de acidentes de trabalho causados por atitudes inseguras dos condutores. O uso do trator agrícola exige o controle de diversos itens relacionados ao trabalho; o esforço físico e mental leva à fadiga, diminuindo a capacidade de concentração do operador, aumentando a ocorrência de acidentes. A intensidade do esforço físico e mental depende, em grande parte, das características ergonômicas dos tratores agrícolas.

A ergonomia tem contribuído significativamente para a melhoria das condições de trabalho humano. Entretanto, na maioria dos países em desenvolvimento, trata-se de um conceito relativamente novo e essa contribuição ainda é pequena, em função do baixo número de estudos e da restrita divulgação dos seus benefícios (Minetti, 1996).

Máquinas adequadas são os melhores recursos do trabalhador agrícola e essenciais para um trabalho confortável, mantendo a saúde e o bem-estar, proporcionando aumento de rendimento, diminuição dos riscos de acidentes e melhoria da qualidade do trabalho. As máquinas e ferramentas são, muitas vezes, fabricadas, sem levar em consideração detalhes, como anatomia do operador, posição normal de uso, distribuição ideal de peso e características específicas. Muitas máquinas importadas são adaptadas às condições ergonômicas de operadores de sua região de origem sem ao menos serem cogitadas diferenças antropométricas, de relevo, clima e vegetação, presentes nas condições brasileiras de trabalho (Fiedler, 1995).

O objetivo deste trabalho foi realizar uma avaliação ergonômica de colhedoras de cana-de-açúcar, determinar a produtividade do sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar e caracterizar o perfil antropométrico dos operadores, enfocando, principalmente, condições mais seguras e confortáveis para seus operadores, facilitando a tomada de decisão na escolha de sistemas, máquinas e equipamentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura da cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma planta pertencente à família Poaceae, sendo uma das espécies agrícolas mais cultivadas no mundo. Segundo Alfonsi et al. (1987), essa planta necessita de condições de temperatura e umidade adequadas que permitam um desenvolvimento suficiente durante a fase vegetativa, seguidas de um período com restrição hídrica e/ou térmica para forçar o repouso vegetativo e o enriquecimento em sacarose na época do corte. Dessa forma, a planta encontra suas melhores condições quando ocorre um período quente e úmido, com alta radiação solar durante a fase de crescimento, seguido de um período seco, ensolarado e ou mais frio durante as fases de maturação e colheita.

O Brasil, devido às suas dimensões continentais, proporciona à cultura canieira as mais variadas condições climáticas. Possivelmente, é o único país do mundo com duas épocas de colheita anuais: uma na região Norte-Nordeste (setembro-abril) e outra na região Centro-Sul (maio-dezembro). Normalmente, a cana-de-açúcar é plantada em sulcos, a uma profundidade que varia de 20 a 30 cm, com espaçamento entre sulcos variando de 1,3 a 1,5 m (Volpato, 2001).

Segundo Coleti (1987), a melhor época para o plantio da cana, na região Centro-Sul do Brasil, é entre janeiro e março, para a obtenção do primeiro corte em, aproximadamente, 18 meses, sendo denominada *cana de ano e meio*. A duração de um canavial pode variar de seis (cinco cortes) a nove anos (oito cortes) ou mais, dependendo do tipo de solo e das condições de manejo adotadas.

A produtividade média dos canaviais brasileiros é de, aproximadamente, 74 t.ha⁻¹, sendo maior para o primeiro corte da cana, diminuindo para os sucessivos cortes da cana soca (Agrianual, 2007).

O setor sucroalcooleiro faz do Brasil o maior produtor mundial de açúcar e o único país do mundo a implantar, em larga escala, um combustível alternativo ao combustível “fóssil”. O álcool é reconhecido mundialmente pelas suas vantagens ambientais, sociais e econômicas, e alguns países do primeiro mundo já estão interessados na tecnologia brasileira (Campanhão, 2003).

2.2 Histórico da cana-de-açúcar no Brasil

Na década de 1950, chegou ao Brasil a primeira cortadora mecânica da marca Thompson, proveniente dos Estados Unidos da América. A partir daí, a empresa Santal Equipamentos S/A iniciou projetos de desenvolvimento de máquinas para colheita (Ripoli & Segalla, 1981).

Nessa mesma década de 1950, surgiram as primeiras carregadoras de cana que passaram a substituir o carregamento manual. A Motocana, de Piracicaba, e a Santal de Ribeirão Preto foram as pioneiras na nacionalização dessas máquinas; além da Marchini, também de Ribeirão Preto e a Cermag, de Serrana.

No Brasil, na década de 1960, o setor sucroalcooleiro sofreu as dificuldades de escassez de mão-de-obra, levando à promoção de fortes mudanças no sistema de colheita: a introdução de maquinário de colheita e carregamento de cana-de-açúcar.

O Programa Nacional do Álcool, ou Proálcool, iniciado na década de 1970, foi o grande propulsor da cultura da cana-de-açúcar no Brasil, abrindo novas fronteiras agrícolas para sua expansão e, conseqüentemente, gerando novas tecnologias voltadas para a implantação da mecanização da cultura no país.

Segundo Ripoli & Vila Nova (1992), em São Paulo, a mecanização do corte da cana-de-açúcar tem como marco histórico o ano de 1973, quando se

iniciaram as operações em escala comercial, com a utilização de equipamentos de fabricação nacional e tecnologia importada.

No âmbito internacional, a primeira cortadora autopropelida para cana-de-açúcar foi fabricada em 1906, no Hawaii. Após três décadas foram desenvolvidos programas de corte por meio de máquinas empurradoras e carregadoras de garras, denominadas de *push-rake*. O uso desses equipamentos ocasionou danos excessivos aos talhões, pela grande quantidade de matéria estranha carregada.

Na Tabela 1 está resumido, cronologicamente, o histórico das colhedoras e máquinas utilizadas na cultura da cana-de-açúcar no Brasil.

TABELA 01 – Resumo cronológico de colhedoras e cortadoras fabricadas e ou introduzidas no Brasil.

| Anos | Tipos de máquinas |
|-----------|---|
| 1958 a 61 | Cortadora-carregadora, s/ desponte de colmos, montada sobre trator de esteiras (Santal) |
| 1961 a 66 | Cortadora-amontoadora, s/ desponte de colmos, montada sobre trator de pneus (Santal CTD) |
| 1962 a 67 | Cortadora-amontoadora, c/ desponte, montada sobre trator de pneus, Artioli EG101. |
| 1966 a 71 | Cortadora-enleiradora, c/ desponte de colmos, montada sobre trator de pneus (Santal CTE) |
| 1969 | Cortadora-amontoadora, de maior capacidade operacional, c/ desponte de colmos (Artioli EG102) |
| 1972 | Colhedora autopropelida, com 25% de nacionalização (Santal DON) |
| 1973 | Importadas colhedoras autopropelidas da Toft R 300 (Austrália), Massey Ferguson 201 (Austrália) e Class Libertadora (Alemanha) |
| 1975 | Cortadora amontoadora c/ desponte de colmos e levantamento de colmos acamados, montada sobre trator de pneus (Artioli EG103) |
| 1977 | Início da fabricação de cortadora-amontoadora, c/ desponte de colmos, posicionando os colmos longitudinalmente ao sulco do plantio (TOFT I-200) |

| | |
|------|---|
| 1978 | Fabricação de colhedora autopropelida totalmente nacional (Santal 115) |
| 1979 | Fabricação de colhedora autopropelida, Grupo Dedini e Toft (Dedini-Toft 600) |
| 1980 | Cortadora-amontoadora autopropelida, c/ desponte, c/ mecanismos de levantamento de colmos acamados e maior capacidade operacional AGROVALE |
| 1985 | CASE HI adquire DEDINI-TOFT |
| 1994 | John Deere lança colhedora CH 2500 |
| 2004 | SANTAL Tandem |

2.3 Sistemas de colheita de colmos

O volume de matéria-prima produzida no campo chega até a mesa de recepção da usina por três “operações de colheita” (subsistemas): o corte e o carregamento, o transporte e a recepção. Os três subsistemas apresentam interfaces de aspectos de fluidez, formando uma cadeia de vinculação entre o campo e a indústria, estabelecendo-se um fluxo de matéria-prima. A otimização desse fluxo visa à qualificação da matéria-prima (manutenção do teor de açúcar nos níveis de campo e redução do grau de deterioração durante o fluxo), limpeza da matéria-prima em termos de diminuição de matéria estranha e custo de transferência de matéria-prima do campo para indústria.

Corte é a fase efetiva da retirada da cana-de-açúcar do solo e carregamento é a fase em que a cana-de-açúcar é colocada no meio de transporte.

No Brasil, o transporte é caracterizado pelo uso de caminhões de carga. O tipo de transporte adequado para cada situação ou empresa ainda é motivo para estudos, no que diz respeito a custos. Esse custo envolvido depende também da distância entre o local de carregamento e de descarregamento. O descarregamento é a retirada da cana-de-açúcar do meio de transporte utilizado para o pátio da usina.

2.3.1 Sistema manual

Neste caso, os subsistemas de corte e de carregamento se processam manualmente, podendo haver um subsistema de transporte intermediário, por tração animal ou transbordo com dispositivos específicos. Ainda é amplamente utilizado em regiões declivosas do nordeste brasileiro (Ripoli & Ripoli, 2004).

2.3.2. Sistema semimecanizado

Envolve o subsistema de corte manual e o subsistema de carregamento, nas unidades de transporte, por carregadoras mecânicas. É o mais amplamente utilizado em todas as regiões canavieiras do Brasil, onde o relevo não ultrapasse de 20% a 25% de declividade (Ripoli & Ripoli, 2004).

2.3.3 Sistema mecanizado

Utiliza um subsistema mecanizado com cortadoras de diversos tipos ou por colhedoras de cana inteira, com subsistema de carregamento mecânico ou, então, de um subsistema por colhedoras de cana picada (colhedoras que cortam, picam, limpam parcialmente a matéria-prima e carregam-na em unidades de transporte). Admite-se a utilização desse sistema em relevos de até 15% a 17% de declividade (Ripoli & Ripoli, 2004).

A utilização de cortadoras-amontoadoras, que descarregam os montes transversalmente sobre as fileiras de plantio, configurando um eito diagonal em relação a essas fileiras, dificulta o carregamento mecânico, além de obrigar a carregadora a passar sobre soqueiras, causando danos às mesmas (RIPOLI, 2004).

Ripoli & Ripoli (2004) mencionam que existem dois tipos básicos de máquinas para o corte de cana-de-açúcar, que são:

. máquinas colhedoras de cana picada, denominadas de combinadas, que realizam o corte basal, promovem a eliminação parcial da matéria estranha

vegetal e mineral por gravidade, por meio de ventiladores e ou exaustores e fracionam os colmos em rebolos de 15 a 40 cm de comprimento, descarregando-os sobre uma unidade de transporte ou transbordo;

. máquinas colhedoras de cana inteira, que efetuam os cortes basais e dos ponteiros dos colmos e eliminam parcialmente a matéria estranha vegetal, armazenam os colmos em um depósito basculante e, deslocando-se para fora do talhão, depositam o material colhido no carreador para posterior carregamento.

Para partidários das primeiras máquinas, elas são mais eficientes no trabalho, fornecendo matéria-prima de melhor qualidade; outros alegam que, com a adoção das combinadas, há necessidade de investimentos elevados, com drásticas mudanças no sistema de transporte e na recepção na usina, além de levar a uma redução da produtividade agrícola em cortes subseqüentes (Ripoli & Ripoli, 2004).

A fim de evidenciar tais aspectos, Ripoli & Ripoli (2004), citando Paranhos (1974) e Ripoli & Ripoli (1974), relacionam as principais vantagens e desvantagens dos dois tipos de máquinas, para o corte de cana-de-açúcar, conforme se segue.

São vantagens das cortadoras (colmos inteiros): podem ser facilmente introduzidas com qualquer sistema de transporte; corte e carregamento são operações independentes; colmos inteiros não se deterioram tão rapidamente quanto os colmos picados, podendo ser estocados por períodos mais longos e não são necessários recipientes especiais para a estocagem dos colmos inteiros.

Constituem desvantagens das cortadoras (colmos inteiros): necessidade de carregadoras; qualquer interrupção nos subsistemas de transporte, de carregamento ou de recepção na usina pode resultar em cana cortada ficando no campo por períodos mais longos, com seus inconvenientes; cargas de menor densidade no veículo de transporte, o qual, carregado, ficará com um centro de gravidade mais alto e mais instável (tornando-as impróprias para operar em

relevos com declividades acima de 15%); o uso de correntes e cabos é custoso e consome tempo; o sistema de transporte não é eficientemente utilizado devido à larga variação encontrada na densidade das cargas; as perdas de cana-de-açúcar que caem durante o trajeto campo-usina são consideráveis; a qualidade da matéria-prima que chega à usina é prejudicada pela necessidade do uso de carregadoras que arrastam, com a cana, matéria estranha mineral e vegetal; máquinas cortadoras, de constituição mais simples, ou seja, que apenas cortam, sem efetuar a amontoa, deixam os colmos cortados ao longo e longitudinalmente às fileiras de plantio, o que dificulta a operação de carregamento e do desponte, se houver.

Destacam-se como vantagens das colhedoras (cana picada): são máquinas autopropelidas, montadas ou acopladas em tratores que eliminam o uso de carregadoras, depositando a cana picada diretamente no sistema de transporte; cortam todo o tipo de cana (ereta ou extremamente acamada); obtém-se maior massa específica das cargas no transporte (em média, 500 kg.m^{-3}) permitindo um controle mais realístico do transporte; dificilmente caem colmos nas estradas durante o trajeto campo-usina; maiores ganhos são obtidos por moer cana fresca, sem estocagem; resulta em um mais eficiente e bem programado sistema de transporte, uma vez que a cana picada é entregue antes que possa ocorrer deterioração; interrupções da usina ou do sistema de transporte não resultam em cana cortada e deixada no campo, sujeita à deterioração.

Por outro lado, são desvantagens das colhedoras (cana picada): as operações de corte e transporte estão estreitamente ligadas; implica em mudança onerosa no sistema de transporte, pois, sendo cana picada, necessita de transporte especial (carrocerias fechadas); receptáculos especiais seriam necessários para uma possível estocagem na usina, o que não é recomendado; uma equipe mais eficiente e a aperfeiçoada sincronização do transporte seriam necessárias para garantir utilização racional das colhedoras; se o órgão picador

não é eficiente, ou está inadequado, o incorreto cisalhamento dos colmos resultará em rebolos imperfeitos; em canas deitadas, ponteiros são freqüentemente incluídos na matéria-prima enviada à usina; dependendo da distância da lavoura à usina, haverá necessidade de “estações de transbordo”.

Para Ripoli & Ripoli (2004), é evidente que, nessa comparação didática, dependendo das condições técnicas e econômicas de cada usina, o que pode ser vantagem para uma poderá ser desvantagem para outra. Por isso, enfatiza-se que o estudo deve ser feito individualmente, envolvendo todos os aspectos apresentados, para que se possa chegar a uma conclusão mais objetiva e racional.

Na região Centro-Sul do Brasil, 70% da área cultivada com cana-de-açúcar é passível de ser colhida mecanicamente. Já nas regiões Norte e Nordeste, apenas 30% da área permite esse tipo de colheita (Nunes Júnior, 2002). Atualmente, 30% do total da colheita é mecanizada nos principais estados produtores da região Centro-Sul do Brasil (JornalCana, 2003).

Para Volpato (2001), o sistema de colheita mecanizada no Brasil ainda não atingiu níveis importantes, em termos de área colhida, quando comparado a outros países, como os Estados Unidos, África do Sul e Austrália. São Paulo é o estado com maior potencial de mecanização da colheita de cana-de-açúcar, visto pertencer à região onde se encontram as maiores e o maior número de indústrias do setor sucroalcooleiro, além do relevo de plano a levemente ondulado da maioria dos locais de produção, o que permite o emprego eficiente de colhedoras mecânicas.

Ainda segundo o mesmo autor, muito se tem pesquisado sobre a colheita mecânica da cana-de-açúcar no Brasil. Entretanto, o maior dilema está relacionado ao fato de se saber qual a melhor forma de colher a cana, se de forma inteira ou picada.

Para Silveira (1991), a decisão sobre a utilização de cana inteira ou picada depende do sistema total de colheita adotado pela empresa. O importante

é fechar o ciclo de colheita adotado no menor tempo possível, evitando a perda do teor de sacarose, o qual se acentua após a queima.

De acordo com especialistas, as vantagens da mecanização da colheita são muitas, como preservação ambiental e garantia de um solo mais fértil, menor tempo entre o corte da cana crua e a moagem e melhor qualidade do açúcar, além de um menor custo de corte, carregamento e transporte. Outro resultado direto, que também vem sendo discutido, é o aproveitamento das pontas e palhas, antes queimadas, para a produção de energia elétrica.

Em contrapartida, as desvantagens são: fechamento de milhares de postos de trabalho nas lavouras de cana-de-açúcar, perdas de matéria-prima decorrentes da colheita mecânica e aumento de pragas nos canaviais, como as cigarrinhas .

2.4 Determinação do rendimento operacional e perdas do sistema de colheita de cana-de-açúcar

Um dos fatores mais importantes no estudo do trabalho agrário é a produção. No caso das operações de colheita de cana-de-açúcar, a produção, geralmente, é expressa em toneladas por unidade de tempo (hora, dia ou mês).

Segundo Machado (1994), produção é o que se cria em um determinado tempo, empregando-se os meios necessários para tal. Produtividade é produção relativa, podendo ser estimada relacionando-se a produção real com a produção-padrão ou esperada.

Segundo Toledo Júnior & Kuratomi (1996), a produtividade de uma empresa pode oscilar assim: até 50% em empresas desorganizadas e sem contrato de produtividade; até 80% em empresas organizadas e com controle de produtividade; até 100% em empresas organizadas e com controle de produtividade e incentivos salariais; acima de 100%, praticamente impossível de

ser encontrada quando depende de máquinas, enquanto nos casos de operações manuais é possível.

Segundo a Revista Rural (2005), a colheita manual favorece a diminuição das perdas decorrentes do corte desigual das colhedoras. Estudos mostram que, na colheita feita com a foice, as perdas raramente ultrapassam a 5%. Já com as máquinas, esse percentual pula para 15%, o que reflete diretamente na produtividade. No Brasil, ainda é muito comum encontrar regiões onde se planta cana-de-açúcar próximo de topografias acidentadas. As curvas de nível e áreas com declives acentuados são um problema para as colhedoras, pois a grande parte dos equipamentos é ajustada para um corte numa altura de 30 cm acima da base do solo. As usinas, na tentativa de diminuir suas perdas, estão realizando um corte rente ao solo, muitas vezes fazendo os facões arrancarem tudo que estiver na frente, inclusive pedra e outros detritos.

2.5 Ergonomia

A ergonomia desenvolveu-se durante a II Guerra Mundial, quando, pela primeira vez, houve uma conjugação sistemática de esforços entre a tecnologia e as ciências humanas. Fisiologistas, psicólogos, antropólogos, médicos e engenheiros trabalharam juntos para resolver os problemas causados pela operação de equipamentos militares complexos. Os resultados desse esforço interdisciplinar foram então aproveitados pela indústria no pós-guerra (DUL & WEERDMEESTER, 1995).

No final da década de 1970, a palavra ergonomia não constava dos dicionários. Atualmente, o termo já está integrado ao nosso vocabulário e o número de pessoas que conhecem o seu significado aumentou um pouco. Mas, a sua aplicação prática permanece restrita a pequenos e seletos círculos, para infelicidade de milhões de trabalhadores. Para Iida (1990), a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. O trabalho abrange as máquinas, os

equipamentos e também toda a situação em que ocorre o relacionamento entre o homem e seu trabalho. É muito mais difícil adaptar o homem ao trabalho, significando que a ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho, ajustando-o às capacidades e limitações humanas.

Segundo Dul & Weerdmeester (1995), o termo ergonomia é derivado das palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (regras). A ergonomia estuda vários aspectos, como postura e movimentos corporais (sentado, em pé, empurrando, puxando e levantando pesos), fatores ambientais (ruídos, vibrações, iluminação, clima, agentes químicos), informação (visão, audição), controles e mostradores. A conjugação adequada desses fatores permite projetar ambientes seguros, saudáveis, confortáveis e eficientes, tanto no trabalho quanto na vida cotidiana.

Equipamentos adequados são os melhores recursos do trabalhador e essenciais para um trabalho confortável, mantendo a saúde e o bem-estar e levando a aumento de produtividade, à diminuição dos riscos de acidentes e à melhor qualidade do trabalho. A fabricação de ferramentas e máquinas, geralmente, não levam em consideração fatores como detalhes anatômicos do operador, posição normal de uso, distribuição ideal de peso e características específicas (FIEDLER, 1995).

2.5.1 A “máquina” humana

As forças do organismo são exercidas por contrações musculares. Os músculos são comandados pelo sistema nervoso central, que é constituído pelo cérebro e pela medula espinhal. Os músculos são responsáveis por todos os movimentos do corpo, transformando energia química armazenada no corpo em contrações, portanto, movimentos. Os músculos, juntas e ossos formam diversas alavancas no corpo, à semelhança das alavancas mecânicas (IIDA, 1990).

Segundo Couto (1995), contam-se nos membros superiores dezenas de ossos, centenas de músculos, três nervos principais e suas ramificações e articulações. Eles capacitam o homem a fazer movimentos variados: abertura e fechamento da mão; abertura e fechamento lateral dos dedos; flexão, extensão e oposição do polegar; prensão de objetos; pinçamento de objetos; flexão, extensão, desvio radial e desvio ulnar do punho (carpo); pronação e supinação; flexão e extensão do antebraço; flexão e extensão do braço; adução e abdução do braço; flexão e rotação do ombro.

Apesar de toda a complexidade, os membros superiores do ser humano são muito vulneráveis às lesões. Mesmo sendo frágeis, eles têm mecanismos naturais de recuperação que ajudam a prevenir lesões, tais como: pausa - durante a pausa, se estiver havendo um esforço muscular estático, com produção de ácido láctico, haverá o fluxo normal de sangue que “lava” o ácido láctico, prevenindo lesões; se estiver havendo alta repetitividade de um mesmo movimento, haverá tempo suficiente para os tendões voltarem à sua estrutura natural; durante a pausa ocorre a lubrificação dos tendões pelo líquido sinovial, evitando o atrito entre tendão e sua bainha sinovial; efeitos hormonais - durante o sono ocorre a liberação do hormônio somatotrófico (STH, hormônio do crescimento), que vai até todas as estruturas lesadas e promove o crescimento dos tecidos saudáveis, fazendo uma reparação das estruturas lesadas.

O corpo assume três posturas básicas: deitada, sentada ou em pé. A posição deitada é a postura mais recomendada para repouso e recuperação da fadiga. A posição sentada exige atividade muscular do dorso e do ventre para manter essa posição. A postura ligeiramente inclinada para frente é mais natural e menos fatigante que aquela ereta. A posição de pé é altamente fatigante porque exige muito trabalho estático da musculatura envolvida para manter essa posição. Entretanto, pessoas que executam trabalhos dinâmicos em pé,

geralmente, apresentam menos fadiga que aquelas que permanecem estáticas ou com pouca movimentação (IIDA, 1990).

2.5.2 A biomecânica e seus princípios

Para Dul & Weerdmeester (1995), no estudo da biomecânica, as leis físicas da mecânica são aplicadas ao corpo humano. Podem-se estimar as tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante uma postura ou movimento. Seus princípios mais importantes são: as articulações devem ocupar uma posição neutra, ou seja, devem estar tensionadas ao mínimo; conservar pesos próximos ao corpo, pois, quanto mais o peso estiver afastado do corpo, mais os braços serão tensionados e o corpo penderá para frente; toda a carga sobre a coluna vertebral deve ser colocada na direção do seu eixo (vertical), para se evitar componentes de forças perpendiculares ao mesmo; evitar curvar-se para a frente, pois, quando isso acontece, há contração dos músculos e dos ligamentos das costas para manter essa posição, sendo a tensão maior na parte inferior do tronco, onde surgem dores; evitar inclinar a cabeça pois, para manter essa postura, os músculos do pescoço são tensionados; evitar torções no tronco, pois estas causam tensões indesejáveis nas vértebras; evitar movimentos bruscos que produzem picos de tensão; alternar posturas e movimentos, pois estes são muito fatigantes, podendo, a longo prazo, produzir lesões nos músculos e articulações; restringir a duração do esforço muscular contínuo; realizar pausas curtas e frequentes; usar cadeiras especiais para tarefas específicas; usar apoio para os pés; evitar manipulações fora do alcance, pois estas exigem movimentos do tronco; inclinar a superfície para leitura a 45 graus e ou outras angulações para casos específicos.

2.5.3 Situações biomecânicas incorretas e suas conseqüências

Para Couto (1995), são inadequadas às características da máquina humana:

- . todas as situações em que o trabalhador tenha que fazer grande força física, tendo como resultado distensões músculo-ligamentares, compressão de estruturas nervosas e desinserção da extremidade de fixação do tendão no osso;

- . todas as situações de esforço estático, resultando em fadiga muscular, sendo elas: trabalhar com corpo fora do eixo vertical natural; sustentar cargas pesadas com membros superiores; trabalhar rotineiramente equilibrando o corpo sobre um dos pés, enquanto o outro aperta um pedal; trabalhar com braços abduzidos de forma sustentada; realizar esforços com cargas pesadas; manter esforços estáticos de pequena intensidade durante um grande período de tempo; trabalhar sentado sem usar o apoio para o dorso; trabalhar sem apoio para antebraços; trabalhar de pé, parado;

- . todas as situações em que, ao fazer um esforço físico, a distância da potência ao ponto de apoio esteja muito pequena e a distância da resistência ao ponto de apoio esteja muito longa;

- . todas as situações de desagregação do esforço muscular, quando o indivíduo tem de fazer um esforço lento, sob controle, de sentido contrário ao que seria a ação motora natural como, por exemplo, colocar uma caixa pesada no chão, de forma lenta.

2.5.4 A informação e a operação

Para Dul & Weerdmeester (1995), o homem recebe informações da máquina e atua sobre ela, acionando algum dispositivo de controle. Seguindo algumas recomendações, essa troca é mais eficiente e sensata.

2.5.4.1 Informações visuais

O olho humano é capaz de perceber simultaneamente uma grande quantidade de informações. É recomendável que se evitem textos com apenas letras maiúsculas, que se usem letras simples, que as letras sejam de tamanho adequado, que selecione um mostrador adequado e outras técnicas.

2.5.4.2 Uso de outros sentidos

A apresentação simultânea de grande quantidade de informações permite que se chegue ao organismo pelos canais sensoriais. Quando sinais simultâneos usam diferentes canais, não existem maiores problemas.

O som é adequado para transmitir sinais de alerta porque o mesmo se propaga em todas as direções. A frequência e a intensidade do som devem ser selecionadas para fazerem melhor efeito.

O olfato, o paladar e a temperatura só devem ser usados na transmissão de sinais de alerta.

2.5.4.3 Controles

Os controles podem assumir diversas formas, como teclados, alavancas, botões, volantes, manivelas, etc. Deve ser restringido o número de teclas de função, ser limitado o uso de cores e ter um cursor adequado à tarefa.

2.5.5 Espaço de trabalho

Segundo IIDA (1990), o espaço de trabalho é um local imaginário, necessário para o organismo realizar os movimentos requeridos pela atividade executada. Os seguintes fatores devem ser considerados no dimensionamento do espaço de trabalho: postura, tipo de atividade manual e vestuário.

Segundo o mesmo autor, as áreas de alcances sobre a mesa devem ser ótimas (arco com raio de 35 a 45 cm) e máximas (arcos de 55 a 65 cm de raio).

A altura da mesa para trabalho sentado vai depender da altura do cotovelo e o tipo de trabalho a ser executado. O assento entra em contato com o corpo por meio de sua estrutura óssea.

2.5.6 Doenças causadas por maus hábitos ergonômicos

Segundo Couto (1995), as doenças mais comuns são: tendinite do supra-espinal (músculo que liga a cabeça do úmero aos membros superiores), causada por sobrecarga dinâmica; bursite e síndrome do desfiladeiro, por sobrecarga estática; compressão do nervo ulnar no cotovelo; lombalgia por fadiga da musculatura paravertebral; lombalgia por distensão músculo-ligamentar; lombalgia por torção da coluna ou por ritmo lombopélvico inadequado e hérnia de disco intervertebral.

Além dessas, pode-se citar a mais conhecida, a LER, lesão por esforço repetitivo, também chamada de doença osteomuscular relacionada ao trabalho ou DORT.

As lesões por esforços repetitivos estão sendo relatadas cada vez mais nas estatísticas de doenças ocupacionais. Os digitadores e os caixas de banco são os mais atingidos. Os primeiros sintomas estão relacionados a uma sensação de peso e desconforto do membro afetado. A dor pode ser comum durante o trabalho, mas não impede a produtividade. Após certo estágio, a dor persiste durante o tempo de trabalho, afetando o rendimento. Depois desse estágio, chega-se a um limite em que o repouso não serve para aliviar a dor, marcado também por perda de força muscular e queda sensível da produtividade, inchaço, transpiração e alteração da sensibilidade. Num último estágio, a pessoa fica inválida, sem força e controle dos movimentos (PMAC, 1994).

2.5.7 A norma regulamentadora

Segundo a PMAC (1994), a norma que trata de ergonomia no Brasil é a NR-17, do Ministério do Trabalho, publicada em 1978 e modernizada em 1990. Essa norma tem o objetivo de estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Além dessa, existe ainda a NR-31, do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata da "Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura". Esta norma determina que todo empregador rural ou equiparado deverá receber treinamento em segurança e saúde no trabalho, cujo conteúdo deve abordar: condições de trabalho com análise dos riscos originados do processo produtivo no campo, bem como medidas de controle; caracterização e estudo de acidentes ou doenças do trabalho, metodologia de investigação e análise; noções de primeiros socorros; noções de prevenção de DST, AIDS e dependências químicas; noções sobre legislação trabalhista e previdenciária relativa à Segurança e Saúde no Trabalho; noções sobre prevenção e combate a incêndios; princípios gerais de higiene no trabalho; relações humanas no trabalho; proteção de máquinas equipamentos e noções de ergonomia.

Rege também esta norma que o empregador rural ou equiparado deve adotar princípios ergonômicos que visem à adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar melhorias nas condições de conforto e segurança no trabalho.

2.6 Caracterização da antropometria dos trabalhadores

A antropometria pode ser descrita como a parte da ergonomia que estuda as medidas das várias características do ser humano. Ou seja, são medidas lineares, pesos, diâmetros e circunferências, bem como os aspectos do movimento do corpo humano, considerando amplitude e frequência (Ensing, 1979).

Segundo Barros (1996), a antropometria pode ser dividida em dois tipos: antropometria estática, ou seja, medição das dimensões do corpo parado, muito utilizada em projetos de assentos, portas, mesas, cadeiras, equipamentos pessoais, dentre outros e antropometria dinâmica, ou seja, medição da pessoa executando uma tarefa (ângulo, ritmo, velocidade, força, espaço, dentre outros).

2.7 Avaliação ergonômica de máquinas de colheita de cana-de-açúcar

Não há um conjunto de normas brasileiras que tratem especificamente da avaliação ergonômica de máquinas agrícolas. Por esse motivo, normalmente, cada item é avaliado em separado. No caso de máquinas florestais, existem as normas suecas, contidas no manual mais conhecido como o “Ergonomics Guidelines for Forest Machines”, de Skogforsk (1999).

Arbetsmiljainstitutet et al. (1990) prevêm a avaliação ergonômica dos seguintes itens: acesso à cabine, cabine, visibilidade, iluminação, assento do operador, controles e operação da máquina, ruído, controle de clima na cabine, gases e poeiras e manual do operador.

2.7.1 Acesso à cabine

Para Robin (1987), o posicionamento e as características das vias de acesso ao posto de operação da máquina podem, muitas vezes, ser causa de acidentes. As dimensões dos degraus, a distância entre eles e a altura do

primeiro degrau ao solo e do último à plataforma da máquina devem ser projetadas de acordo com as variáveis antropométricas dos operadores.

Os degraus devem ser desenhados e posicionados de forma a não serem atingidos e danificados durante a operação da máquina. O ideal é que os degraus de acesso à máquina retraiam automaticamente para uma posição segura durante a movimentação (Arbetsmiljoinstituted et al., 1990).

2.7.2 Cabine (posto de trabalho)

Posto ou estação de trabalho é o espaço formado pelo conjunto de dispositivos e informações e de controles, mais o espaço gerado pelo deslocamento do operador ou de seus membros na execução de uma tarefa (Menezes, 1976).

Segundo Iida (1995), o enfoque ergonômico do posto de trabalho é baseado na análise biomecânica da postura, enquanto o enfoque tradicional é baseado nos princípios de economia de movimentos. Embora este último seja criticado por ser pouco científico, ele é importante por ser aperfeiçoado com os conhecimentos atuais da ergonomia. O enfoque ergonômico tende a desenvolver postos de trabalho que reduzam as exigências biomecânicas, procurando colocar o operador em uma boa postura de trabalho, com os objetos dentro do alcance dos movimentos corporais, nos quais haja facilidade de percepção de informações. Em suma, trata-se de um posto no qual o trabalhador possa realizar o trabalho com conforto, eficiência e segurança.

Segundo Arbetsmiljoinstituted et al. (1990), o correto dimensionamento do posto de trabalho deve permitir que, dentro da cabine, haja espaço suficiente, de modo que qualquer operador, independentemente de sua compleição física e seu peso, possa adotar posições de trabalho confortáveis e dispor de lugar para pertences pessoais. Cabines muito largas também causam problemas e podem prejudicar a perfeita visão de tudo que é necessário para que o operador realize o

seu trabalho. Para evitar a fadiga, o operador deve ser capaz de se sentar com conforto, adotando uma postura correta, principalmente com relação ao uso de músculos e juntas. Devem ser evitadas torções, abaixamentos e outros movimentos desconfortáveis.

O dimensionamento correto do posto de trabalho é uma etapa fundamental para o bom desempenho da pessoa que ocupará esse posto. Essa pessoa vai passar várias horas ao dia, durante vários anos, nesse local. Qualquer erro cometido nesse dimensionamento pode submeter o operador a sofrimento por longos anos. Em casos de cabines de comando, torna-se praticamente impossível introduzir correções (IIDA, 1995).

Alguns objetos apresentam problemas de adaptação ao organismo, do ponto de vista dimensional. Isso, segundo Sell (1989), pode provocar aumento de erros, acidentes, fadiga e desconforto. Para o autor, máquinas e ferramentas fabricadas em outros países nem sempre são adaptadas ao trabalhador brasileiro. Mesmo as projetadas localmente, muitas vezes, são baseadas em medidas de outros países, porque ainda há insuficiência de pesquisas locais.

2.7.3 Visibilidade

Para Grandjean (1982), a visibilidade do operador não pode sofrer interferência por vidros embaçados, obstruções por telas estreitas, braços e mangueiras hidráulicos e acionador do limpador de pára-brisas, dentre outros. O campo de visibilidade necessário à operação deve estar relacionado com a função da máquina, variando de acordo com o ciclo de trabalho.

2.7.4 Iluminação

Para Iida (1990), o correto planejamento da iluminação e das cores contribui para aumentar a satisfação no trabalho, melhorar a produtividade e reduzir a fadiga e os acidentes. Os fatores que influenciam na discriminação

visual são: quantidade de luz, tempo de exposição, contraste entre figura e fundo, ofuscamento e fadiga visual.

Ainda segundo o mesmo autor, para melhorar a iluminação podem ser seguidas as seguintes recomendações: melhorar a legibilidade da informação, combinar a iluminação local com a ambiental, quebrar as incidências diretas de luz, evitar reflexos e sombras e usar luz difusa.

Segundo Palmer (1976), existem dois fatores importantes na iluminação, a saber: luz suficiente no posto de trabalho e eliminação completa de qualquer brilho que provoque ofuscamento. Esse autor ressalta que, na maioria das vezes, a claridade em uma atividade é insuficiente.

A dosagem correta é um fator que ajuda a reduzir acidentes de trabalho, a reter o pessoal treinado na empresa e a diminuir o número de erros operacionais (Mc'Cullough, 1987).

O fator mais relevante a ser considerado no estudo dos aspectos humanos da iluminação é a determinação da relação entre o nível ideal de iluminação e o tipo de trabalho. Isto é, trata-se da quantidade de luz da qual se deve dispor para a realização da tarefa, obtendo-se o máximo rendimento e conforto do operador. Geralmente, recomenda-se um nível de iluminação de 200 a 300 lux. Devem ser levados em conta também o contraste entre o local focalizado, suas imediações e a presença de brilho no campo visual. No controle da iluminação, deve ser levada em consideração a necessidade de evitar a distração visual, a fadiga e o desconforto da visão (Iida & Wierzbicki, 1978).

As repercussões comprovadas em ambientes com iluminação deficiente caracterizam o quadro de fadiga visual. Quando um objeto não estiver sendo adequadamente visualizado, isso pode ser devido a um tamanho pequeno para aquela distância, a uma iluminação deficiente, a um contraste inadequado de seus limites, a uma diferença importante de brilho no campo visual ou a um tempo insuficiente para sua focalização adequada (Couto, 1987).

2.7.5 Conforto (assento do operador e clima da cabine)

Segundo Murrell (1979), o espaço funcional a ser ocupado pelo operador deve ser definido em relação à anatomia, ao tamanho e à forma do homem. Um dos requisitos mais importantes a serem satisfeitos consiste em assegurar que o operador fique em posição confortável e sempre à vontade, sem ter que se agachar ou se inclinar para frente, sem sentar na beirada do assento e sem ser obrigado a manobrar simultaneamente dois comandos colocados diante dele, em posições extremas. As forças requeridas para mover alavancas, fazer girar volantes ou premir pedais são elementos da maior relevância na concepção da máquina.

Quando uma operação puder ser executada por uma pessoa sentada, deverá existir um assento cujo projeto, construção e dimensões sejam adequados a ela e à tarefa. Deve haver uma inclinação, entre assento e encosto, superior a 90 graus, para forçar o tronco contra o encosto, de modo a fazer uso total do assento (Iida, 1995).

Para Grandjean (1982), o objetivo principal do assento é, além de aliviar o peso dos pés, apoiar o trabalhador, de modo que ele possa manter uma postura estável durante seu trabalho e, assim, relaxar os músculos não exigidos pela tarefa.

Para Barnes (1977), as posturas incorretas mais freqüentes são aquelas em que o indivíduo afunda no assento ou quando se inclina para um lado. São posições fatigantes e prejudiciais à saúde. Quando o trabalhador está sentado, o assento deve facilitar e não obrigá-lo a manter uma boa postura.

Mc'Cullough (1987) observou que o assento deve ser projetado para eliminar o desconforto causado por pressões desnecessárias na parte inferior das coxas e pela restrição do fluxo de sangue nas nádegas, em virtude de mal distribuição do peso do indivíduo. Sentar-se durante longo período de tempo numa mesma posição causa sensações desagradáveis. O projeto do assento deve

permitir que o operador assumira diversas posições durante o período de trabalho, sem perda do apoio necessário. Quando se negligenciam alguns desses princípios, há a tendência de predominar desconforto, o que pode vir a causar ineficiência e insatisfação no trabalho.

No material de revestimento deve ser usado algum tipo de mola ou espuma, visando distribuir a carga do corpo no assento e, assim, reduzir a pressão em pontos isolados. Mas, se o revestimento for muito macio, haverá perigo de que o corpo não tenha mais o apoio necessário e do trabalho da estabilização cair mais uma vez sobre os músculos (Iida, 1990).

Para Barnes (1977), o assento raso permite ao corpo inclinar-se na altura dos quadris quando se movimenta para frente, enquanto um assento profundo tende a impedir que isso ocorra, forçando o corpo a inclinar-se a partir da cintura, curvando a coluna e prejudicando a postura. O assento profundo tende também a impedir a circulação do sangue na parte inferior da coxa, próximo aos joelhos. Deve existir um apoio para as costas, que tenha condições de suportar a parte inferior da coluna. O assento não deve possuir encostos ou barras situadas a alturas inferiores a 15 cm desse assento.

O assento deve ter ajuste em altura, distância e comprimento. A inclinação assento/encosto deve ser ajustável de 90 a 110 graus. O apoio para os braços deve ser ajustável em altura. Tais variáveis do assento e de apoio para os braços devem ser dimensionadas de acordo com os padrões antropométricos dos trabalhadores da região (Arbetsmiljoinstituted et al., 1990).

Edholm (1968) verificou que as condições climáticas têm grande efeito sobre o rendimento do trabalho do operador. As condições necessárias à existência de conforto correspondem a um estado térmico neutro, em que a grande maioria dos trabalhadores não tem razão de se queixar do ambiente. Tal condição existe quando não há calor ou frio em excesso, a umidade não é muito

alta nem há demasiada secura do ar, não ocorrem correntes de vento fortes e nem a atmosfera é abafada.

Uma ventilação apropriada é fundamental. Ainda que o calor irradiado não possa ser totalmente eliminado, o abaixamento da temperatura do ar e seu aumento dentro de razoáveis limites de movimento aumentarão a perda de calor e, portanto, o conforto. O movimento do ar não deve ser excessivo, sendo aconselhável um valor entre 30 a 50 m.min⁻¹ (1,8 km.h⁻¹). Quando o clima é desfavorável, ocorrem indisposição e fadiga, diminuindo a eficiência e aumentando os acidentes.

Segundo Grandjean (1982), quando o trabalhador é obrigado a suportar temperaturas elevadas, o rendimento do trabalho cai. Os riscos compreendem não só a diminuição do rendimento, mas também a prostração, em virtude do calor ou da insolação.

A zona de conforto térmico, segundo Iida (1990), é delimitada por temperaturas entre 20°C e 24°C, com umidade relativa entre 40% e 60% e velocidade do ar moderada, da ordem de 0,2 m.s⁻¹. O diferencial de temperatura no mesmo ambiente não deve ser superior a 4°C. O conforto térmico depende do indivíduo, cada pessoa tendo preferências climáticas próprias. Sempre que possível, deve existir um termostato para ajuste do clima. A temperatura deve também ser ajustável ao esforço físico. Devem ser evitadas umidade ou secura exageradas, bem como superfícies muito quentes ou frias e correntes de ar. Deve ser limitada também a exposição ao frio ou ao calor intensos.

2.7.6 Controle e operação da máquina (painel e mostradores)

Para Iida (1995), devem ser sempre usadas letras simples, despojadas de enfeites, pois algumas letras são parecidas com outras e isso pode criar confusão, principalmente quando elas são apresentadas em mostradores. Essas confusões são causadas pelo formato semelhante entre certas letras e números. A

confusão pode ser maior quando aparecem letras e números misturados, sem relações entre si, como no caso de códigos alfanuméricos.

Segundo o mesmo autor, as letras devem ter tamanho adequado, dependendo da distância de leitura (o tamanho das letras maiúsculas deve ser, pelo menos, 1/200 da distância de leitura). Um bom contraste ajuda na legibilidade; o contraste tem influência maior que a iluminação na legibilidade.

O autor ainda comenta que o progresso técnico facilitou a tarefa de coletar e armazenar informações que podem ser úteis para selecionar os dados necessários e interpretá-los corretamente. Deve-se selecionar um mostrador adequado dentre os muitos tipos de mostradores analógicos ou digitais, estando a escolha relacionada com o seu objetivo. Os mostradores de ponteiro são melhores para indicação de uma situação global e percepção de mudanças rápidas; os mostradores digitais são mais precisos na indicação de um valor exato e os instrumentos de registro (sismógrafo) são melhores para apresentar fenômenos lentos ou de longa duração.

Informações simples são melhores: a simplicidade na apresentação das informações melhora a clareza e reduz risco de erros. Certa redundância também ajuda nessa clareza. As informações sem redundância aumentam as probabilidades no entendimento, porque reduzem as chances de correção. Recomenda-se selecionar um arranjo lógico para os números, considerando-se aquele que seria mais lógico para o usuário e o que provoque menor confusão. O número de teclas de função deve ser restrito: as teclas de função podem ser usadas para que um comando não necessite de digitação letra por letra e essa função deve ser claramente entendida em qualquer circunstância.

Segundo Iida (1995), em grandes painéis, os botões podem e devem ser arranjados em grupos, diferenciados pelas funções ou ter formas, tamanhos e cores diferentes para facilitar a identificação dos mesmos. No caso de controles associados a movimentos de mostradores, *displays* ou luzes de um painel, o

relacionamento entre eles é regido pelos seguintes princípios: os movimentos rotacionais no sentido horário estão associados a movimentos de mostradores “para cima” e “para a direita”; nos movimentos de controles e mostradores situados em planos perpendiculares entre si, o mostrador segue o movimento da ponta de um “parafuso” executado pelo controle, ou seja, a rotação do controle à direita tende a afastar o mostrador e vice-versa; os controles e mostradores executam movimentos no mesmo sentido, no ponto mais próximo entre os dois.

A localização dos controles e comandos deve ser projetada de forma que os braços os alcancem dentro de seu raio normal de ação, sem que o operador precise curvar o dorso ou deslocar o corpo. Evitam-se, assim, maior fadiga e maior tempo na execução das tarefas. Com relação aos comandos movimentados pelas pernas, podem ser de maior exigência de força, desde que seja observada a posição ideal que permita a exata movimentação (Verdussen, 1978).

Deverá ser levada em conta, segundo Grandjean (1982), a perfeita adaptação do controle à parte do corpo que irá acioná-lo, permitindo uma posição normal e um contato firme e cômodo. A forma deve permitir imediata identificação visual ou por tato. Os controles devem ser compatíveis: no botão de giro, a movimentação no sentido horário serve para ligar, aumentar ou abrir. Num controle próprio para situações de emergência, a posição do painel deve ser destacada, inconfundivelmente assinalada e, em muitos casos, protegida contra acionamento involuntário.

2.7.7 Ruído

Segundo Iida (1995), existem diversas conceituações de ruído. A mais usual é a que considera o ruído um “som indesejável”. Este é um conceito subjetivo, pois um som pode ser indesejável para uns e não sê-lo para outros ou para a mesma pessoa, em ocasiões diferentes.

Para o mesmo autor, fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, medida em escala logarítmica, em uma unidade chamada decibel [dB(A)]. O ouvido humano é capaz de perceber grande faixa de intensidades sonoras, desde aquelas próximas de zero até potências 10^{13} superiores, equivalentes a 130 dB(A), correspondente ao de um avião a jato, e que é praticamente o máximo que o ouvido humano pode suportar. Acima disso, situa-se o limiar da percepção dolorosa, que pode produzir danos ao aparelho auditivo.

Seguem-se algumas recomendações que, para Iida (1995), referem-se à prevenção da surdez: manter o ruído sempre acima de 30 dB(A) e abaixo de 80 dB(A); limitar as perturbações; manter o ruído sempre, pois nossos ouvidos acabam se acostumando a um ruído de fundo e, se esse ruído de fundo for muito baixo, qualquer barulho de baixa intensidade acaba distraindo a atenção; usar máquinas silenciosas; fazer manutenção regular das máquinas; usar barreiras acústicas e usar protetores auriculares sempre que o ruído causar desconforto.

Edholm (1968) verificou que o ruído constitui um problema por ser aborrecedor, podendo perturbar o trabalho ou interferir nele e causar a surdez do operador. Essa surdez pode ser o resultado de uma prolongada exposição diária a níveis superiores aos que são considerados toleráveis.

O risco de problemas auditivos causados pelo ruído é determinado pelo nível de som, pela frequência e pelo tempo de exposição (Pmac, 1994). Pela legislação brasileira de atividades e operações insalubres (Segurança e Medicina do Trabalho, 1992), o nível máximo de ruído para uma exposição de oito horas diárias é igual a 85 dB(A). Para cada aumento de 5 dB(A) no nível de ruído acima desse limite, o tempo de exposição deve ser reduzido pela metade.

A permanência em locais de trabalho que apresentam níveis de ruído de 85 a 90 dB(A) oferece grande risco de surdez, segundo Verdussen (1978). Esse risco aumenta em função da frequência dos sons e do tempo de permanência

nessa situação. Para esse autor, a exposição por tempo superior a cinco horas a ruídos que atinjam 110 dB(A) tem conseqüências bastante graves; já a 160 dB(A) ocorre surdez imediata e irreversível.

Os limites de tolerância de ruídos contínuos ou intermitentes encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2 Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, segundo o Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil (Lei nº6514 de 22 de dezembro de 1977).

| Nível de ruído dB (A) | Máxima exposição diária permitida |
|------------------------------|--|
| 85 | 8 horas |
| 86 | 7 horas |
| 87 | 6 horas |
| 88 | 5 horas |
| 89 | 4 horas e 30 minutos |
| 90 | 4 horas |
| 91 | 3 horas e 30 minutos |
| 92 | 3 horas |
| 93 | 2 horas e 40 minutos |
| 94 | 2 horas e 15 minutos |
| 95 | 2 horas |
| 96 | 1 hora e 40 minutos |
| 98 | 1 hora e 15 minutos |
| 100 | 1 hora |
| 102 | 45 minutos |
| 104 | 35 minutos |
| 105 | 30 minutos |
| 106 | 25 minutos |
| 108 | 20 minutos |
| 110 | 15 minutos |
| 112 | 10 minutos |

| | |
|-----|-----------|
| 114 | 8 minutos |
| 115 | 7 minutos |

Fonte: Saliba (2001).

Segundo Lida (1995), a surdez pode ser de duas naturezas: de condução e nervosa. A de condução resulta de uma redução na capacidade de transmitir as vibrações, partindo do ouvido externo para o interno. Pode ser causada por diversos fatores, como acúmulo de cera, infecção ou perfuração no tímpano. A surdez nervosa ocorre no ouvido interno e deve-se à redução da sensibilidade das células nervosas. Essa insensibilidade ocorre principalmente nas faixas de maior frequência, acima de 1000 hertz. Essa perda de audição para sons agudos pode ser devido à idade, sobretudo após os 40 anos. Nesse particular, os homens apresentam perda auditiva mais rápida que as mulheres, principalmente na faixa de 2000 a 4000 Hz.

2.7.8 Gases e poeiras

Muitas máquinas agrícolas em uso no Brasil apresentam problemas com relação a posicionamento, altura e distância do escapamento até o operador. Em muitas situações, num simples deslocamento da máquina, sem presença de vento direcionado ao posto de trabalho, os gases de exaustão atingem o operador (Fiedler, 1995).

O projeto da cabine deve manter do lado externo os gases de exaustão e a poeira o quanto possível. A migração desses gases para dentro da cabine ocorre em razão do mau posicionamento do sistema de exaustão e da inadequada vedação da cabine. Este último item é também um dos grandes causadores de poeira em grandes concentrações no posto de trabalho (Arbetsmiljoinstituted et al., 1990).

Para Lida (1990), quando não for possível eliminar ou reduzir a poluição na fonte, pode-se atuar durante a sua propagação, fazendo-se a extração perto da fonte, providenciando-se um sistema de exaustão eficiente, projetando-se uma ventilação que considera o efeito no clima e renovando-se suficientemente o ar.

2.7.9 Manual do operador

Segundo Skogforsk (1999), o manual do operador deve conter detalhes usuais sobre a máquina, informações sobre rótulos de segurança e treinamento do operador. Deve também conter os seguintes itens: descrição de todos os sistemas técnicos contidos na máquina, incluindo o assento do operador, os sistemas de controle de clima, comunicações e de computador; descrição das funções e de como eles são operados, fluxogramas, diagramas essenciais, encaixe de acessórios e equipamentos opcionais, descrição de cuidados de segurança e de sistemas de segurança; direcionamento das operações das funções de mudar a direção da máquina e de frenagem, estabilidade da máquina, instruções para a instalação e remoção de equipamento, instalação de telas de computador; assento do operador, controles; lista de verificação para manutenção preventiva e rotinas de diagnósticos de defeitos e livro de serviços.

Segundo este mesmo autor, o manual deve informar requisitos de competência para operar a máquina, alarmes de emergência, zonas de perigo, equipamento de segurança pessoal e risco de LER, assim como detalhes de procedimentos, como frenagem da máquina e rebocamento, lista de peças sobressalentes e ilustrações.

De maneira geral, deve apresentar as seguintes características: ser adequado para atualizações e inclusão de suplementos; robusto e durável; ser fácil de usar e entender; ter tabela de conteúdo e índice compreensíveis, claramente ilustrados; ser fácil de ler na linguagem local e utilizar terminologia e símbolos padronizados.

Desse modo, vê-se que a avaliação ergonômica deve ser um fator auxiliar na avaliação para a compra de uma máquina agrícola, especificamente uma colhedora de cana-de-açúcar. Isso porque, além dos critérios técnicos e econômicos, a condição ergonômica da máquina tem influência direta sobre a produtividade do trabalho, dando condições a escolhas mais específicas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Os dados foram coletados, em janeiro de 2007, na Usina da Barra, do Grupo Cosan, localizada no município de Barra Bonita, estado de São Paulo, à latitude de 22°29'41" Sul e longitude de 48°33'29" Oeste. A altitude do local é de 457 metros e a topografia ondulada. O clima, segundo a classificação de Köppen é o Cfb. A temperatura média anual mínima é de 11°C, média de 22°C e máxima de 31°C. A precipitação média anual é em torno de 1.298 mm; o déficit hídrico é inferior a 150 mm anuais. Os solos predominantes da região são as argilas arenosas avermelhadas e as formações vegetais predominantes são as espécies rasteiras.

A população estudada para a coleta de dados antropométricos incluiu todos os operadores das colhedoras de cana-de-açúcar, num total de 70 indivíduos.

A jornada de trabalho na usina tem a duração efetiva de 08 horas. Os operadores das colhedoras de cana-de-açúcar gastam ainda meia hora para se deslocar da usina até a frente de trabalho e mais meia hora para o retorno até a usina, totalizando uma hora nesses deslocamentos. Dispõem ainda de mais 1 hora para realizar a refeição.

3.2 Caracterização do sistema de colheita e das colhedoras

Segundo dados da empresa, o sistema de colheita é mecanizado, sendo planejado por meio de um *software* que indica qual a melhor época para se realizar essa operação, para cada bloco de plantio (variedade, idade, aplicação de vinhaça, reforma, tipo de colheita, etc). A partir dessas informações, é feito um ajuste manual, visando o melhor roteiro a ser seguido dentro da área operacional, para se evitar excesso de mudanças das frentes de corte.

Foram avaliadas três colhedoras de cana-de-açúcar de marcas diferentes, aqui codificadas como “I”, “II” e “III”.

A colhedora “I” é da marca John Deere, modelo 3510, fabricada no ano de 2006, cujo horímetro marcava 3.797 horas trabalhadas. É uma máquina movida a esteiras, motor de 6 cilindros, potência de 332 cv–2100 rpm, admissão de ar por um turbocompressor e pós-resfriado ar–ar, movido a óleo diesel, com capacidade de armazenamento de 568 litros (150 galões), com filtro de combustível e duas baterias de 12 volts.

A colhedora “II” é da marca Santal, modelo Tandem, fabricada no ano de 2005, com horímetro marcando 4.865 horas trabalhadas. É uma máquina movida a pneus, com motor de 6 cilindros, potência de 336 cv–2000 rpm, com taxa de compressão de 15:1, de 4 tempos, movido a óleo diesel, com capacidade de armazenamento de 570 litros e duas baterias de 24 volts.

A colhedora “III” é da marca Class, modelo Ventor, fabricada no ano de 1998, com horímetro marcando 33.801 horas trabalhadas. O motor tem potência de 257 cv, movido a óleo diesel, com capacidade de armazenamento de 600 litros e duas baterias de 12 volts.

3.3 Determinação da produtividade do sistema de colheita

Foram determinadas as produtividades expressas em quilos, quilos por hora, por dia e por turno, referentes à safra de 2006/2007, para as colhedoras “I”,

“II” e “III”. Foram também determinadas as horas trabalhadas, de cada colhedora, de acordo com os registros realizados pelos horímetros da máquina. Essas informações foram obtidas junto ao setor de gerência de produção da usina.

A pesagem da cana foi realizada pela passagem da mesma inicialmente colocada no transbordo que a conduz até o caminhão (semi-reboque) e daí levada até a balança. Cada máquina é codificada com um número; a nota em que a operação é registrada contém os dados da colhedora, do transbordo e do caminhão. Para completar a carga de um semi-reboque são usadas duas ou três cargas de transbordos.

3.4 Caracterização do perfil dos trabalhadores

Na avaliação antropométrica dos trabalhadores foram feitas as seguintes medições: massa corporal, em quilos e estatura, em metros. Os indivíduos foram pesados e medidos pela manhã, em jejum e antes do início da jornada de trabalho.

A massa corporal foi obtida utilizando-se uma balança portátil com precisão de 0,5 kg. Para medição da estatura utilizou-se uma trena, com precisão de 0,5 cm. Os indivíduos foram pesados e medidos descalços.

Para a avaliação nutricional dos 70 operadores de colhedoras de cana-de-açúcar, foi utilizado o índice de massa corporal (IMC), baseado na relação massa/estatura², aplicando-se a tabela de classificação de Garrow (1981), recomendada pela Organização Mundial de Saúde, conforme Tabela 3.

TABELA 3 – Classificação de indivíduos adultos, do sexo masculino, pelo Índice de Massa Corporal (IMC = massa.altura²).

| Classificação | IMC |
|---------------|-----------|
| Baixo peso | <20,0 |
| Normal | 20,0-24,9 |
| Sobrepeso | 25,0-29,9 |
| Obeso | >30,0 |

Fonte: Garrow (1981).

A Tabela 4 indica a classificação do Índice de Massa Corporal (IMC), pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

TABELA 04 - Classificação do Índice de Massa Corporal (IMC), pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

| IMC = massa. altura ² | Homens e mulheres |
|----------------------------------|-------------------------------|
| <que 18,5 | Baixo peso |
| 18,5-24,9 | Normal |
| 25-29,9 | Pré-obesidade |
| 30-34,9 | Obesidade nível I |
| 35-39,9 | Obesidade nível II |
| Maior que 40 | Obesidade nível III (Mórbida) |

Fonte: Garrow (1981).

3.5 Avaliação ergonômica de máquinas colhedoras de cana-de-açúcar

As colhedoras “I”, “II” e “III” foram avaliadas em relação aos aspectos ergonômicos, segundo as diretrizes ergonômicas contidas no manual de classificação ergonômica “Ergonomic guidelines for forest machines” (Skogforsk, 1999), sendo as medidas realizadas com o auxílio de uma trena graduada em centímetros. Os aspectos avaliados foram:

- acesso ao posto de trabalho, por meio da observação e medida dos meios de acesso;
- cabine, por medição das dimensões (altura e largura);
- visibilidade, pela medição das dimensões dos vidros e espelhos disponíveis;
- iluminação, observando-se o número de faróis, seu direcionamento e capacidade de iluminação;
- assento do operador, com medição das alturas do assento do operador e observação de presença ou não de apoio de braços, encosto de cabeça, entre outros;
- comandos e instrumentos (controles e operação da máquina), por observação visual de todos os comandos e instrumentos e suas respectivas funções (com auxílio do manual do operador);
- ruído, com a medição dos decibéis pelo uso de um decibelímetro, marca SPER Scientific, modelo SPER 840029. Foram realizadas 10 repetições, medidas em intervalos de 30 segundos da mesma operação. A análise estatística das médias obtidas foi realizada usando-se o teste de Tukey, a 5% de significância;
- controle de clima na cabine, pela observação da presença ou ausência do climatizador de ar na cabine, suas velocidades e termostato;
- exaustão de gases e poeiras, pela observação do *design* do escapamento e o sentido de direcionamento da fumaça;

- manual do operador, por meio da observação no manual do operador das instruções escritas e fichas de recomendação.

De acordo com o exame desses itens, as colhedoras foram enquadradas nas seguintes classes, de acordo com o manual de Skogforsk (1999):

Classe A - Trabalho altamente produtivo, em todos os tipos de povoamentos.

Alto nível de segurança, tanto ativa quanto passiva. Trabalho de manutenção fácil, direto e seguro.

Classe B - Trabalho altamente produtivo, mas sob condições mais fáceis do que as da Classe A (por exemplo, menor ritmo, trabalho menos exigente e terreno mais fácil e povoamento e condições climáticas mais favoráveis). Alto nível de segurança ativa e passiva, mas não do mesmo padrão da classe A.

Classe C - Condições mais fáceis e ou durações mais curtas do que na Classe B.

Nível alto de segurança ativa e passiva, mas não do mesmo padrão da Classe B.

Classe D - Condições mais fáceis e ou durações mais curtas do que na Classe C.

Nível alto de segurança ativa e passiva, mas não do mesmo padrão da Classe C.

Classe 0 - (zero) A máquina não satisfaz aos requerimentos de segurança e regulamentos ou tem defeitos tão sérios que o operador corre um alto risco de se ferir. A máquina não deve ser utilizada até que os defeitos tenham sido corrigidos e preencha os critérios especificados em uma das outras classes (A-D).

As diretrizes são escritas com referência à classe A e, portanto, descrevem os requerimentos mais restritos. Em algumas seções, que requerem o uso de equipamento de medição que não está prontamente disponível, as diretrizes foram divididas em duas seções, sendo uma opcional, baseada em

medições e a outra obrigatória, baseada na avaliação subjetiva, que tem que ser feita em qualquer caso.

Os itens sujeitos à avaliação qualitativa foram classificados em relação à sua adequação aos padrões ergonômicos recomendados. O dado relativo a ruído (avaliação quantitativa) foi confrontado com as diretrizes ergonômicas e com os limites máximos de exposição determinados pelas Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho (Segurança e Medicina do Trabalho, 1992). Os decibéis foram medidos à distância de 0,15 m do ouvido do operador.

3.6 Transformação do sistema de Skogforsk para graus numéricos

Considerando-se que o sistema de classificação de Skogforsk prevê o enquadramento das máquinas avaliadas em classes designadas por letras (A, B, C, D e 0), não há possibilidade de se promover uma análise estatística para melhor visualização das possíveis diferenças entre elas, o que pode levar a um julgamento desfavorável. Assim, decidiu-se aplicar um critério de graduação numérica aos itens avaliados, da seguinte forma: classe A = grau 4; classe B = grau 3; classe C = grau 2; classe D = grau 1 e classe 0 = grau 0. As médias obtidas por esse novo critério foram analisadas estatisticamente pelo teste de Tukey.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As observações e os dados coletados na Usina da Barra foram devidamente analisados e são discutidos a seguir.

4.1 Sistema de colheita de cana-de-açúcar

Os dados da Tabela 5 mostram a produtividade do sistema de colheita da safra de 2006/2007, para as três colhedoras de cana-de-açúcar em estudo.

TABELA 5 – Produtividade do sistema de colheita, da safra de 2006/2007, em t.ha⁻¹
(Usina da Barra, Barra Bonita, SP).

| Colhedora | Horas trabalhadas (h) | Produtividade (kg) | Produtividade (kg.h ⁻¹) | Produtividade (kg.dia ⁻¹) | Produtividade (kg.turno ⁻¹) |
|-----------|-----------------------------|-----------------------|--|--|--|
| I | 1.464 | 56.847.000 | 38.830 | 931.920 | 310.640 |
| II | 1.620 | 56.146.000 | 34.660 | 831.840 | 277.280 |
| III | 3.641 | 88.101.000 | 24.200 | 580.800 | 193.600 |

Comparando-se as produtividades relativas, verifica-se que a colhedora “I” apresentou os melhores resultados, em kg.h⁻¹ (38.830), kg.dia⁻¹ (931.920) e kg.turno⁻¹ (310.640), em relação à colhedora “II” (34.660 kg.h⁻¹, 831.840 kg.dia⁻¹ e 277.280 kg.turno⁻¹) e à colhedora “III” (24.200 kg.h⁻¹, 580.800 kg.dia⁻¹, e 193.600 kg.turno⁻¹), respectivamente.

4.2 Caracterização do perfil dos trabalhadores: massa corporal, estatura dos operadores e cálculo do índice de massa corporal (IMC)

Os dados da Tabela 6 mostram os resultados do cálculo de índice de massa corporal e a respectiva classificação dos operadores, conforme Garrow (1991).

TABELA 06 - Dados antropométricos e IMC dos operadores.

| Operador | Massa (kg) | Altura (m) | IMC | Classificação |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------|----------------------|
| 1 | 120 | 1,75 | 39,18367 | Obeso |
| 2 | 70 | 1,65 | 25,71166 | Sobrepeso |
| 3 | 73,5 | 1,62 | 28,0064 | Sobrepeso |
| 4 | 81,5 | 1,72 | 27,54867 | Sobrepeso |
| 5 | 81 | 1,7 | 28,02768 | Sobrepeso |
| 6 | 77,5 | 1,7 | 26,81661 | Sobrepeso |
| 7 | 140 | 1,8 | 43,20988 | Obeso |
| 8 | 89 | 1,71 | 30,43672 | Obeso |
| 9 | 81 | 1,73 | 27,06405 | Sobrepeso |
| 10 | 78,5 | 1,72 | 26,53461 | Sobrepeso |
| 11 | 81,6 | 1,66 | 29,61243 | Sobrepeso |
| 12 | 74 | 1,62 | 28,19692 | Sobrepeso |
| 13 | 79 | 1,65 | 29,01745 | Sobrepeso |
| 14 | 66 | 1,6 | 25,78125 | Sobrepeso |
| 15 | 101 | 1,68 | 35,78515 | Obeso |
| 16 | 69,8 | 1,68 | 24,73073 | Normal |
| 17 | 58,8 | 1,55 | 24,47451 | Normal |
| 18 | 81,3 | 1,68 | 28,80527 | Sobrepeso |
| 19 | 56 | 1,75 | 18,28571 | Baixo peso |
| 20 | 69 | 1,67 | 24,74094 | Normal |
| 21 | 64 | 1,7 | 22,14533 | Normal |
| 22 | 65,5 | 1,71 | 22,40005 | Normal |
| 23 | 88 | 1,74 | 29,06593 | Sobrepeso |
| 24 | 83,1 | 1,66 | 30,15677 | Obeso |
| 25 | 80 | 1,65 | 29,38476 | Sobrepeso |
| 26 | 77 | 1,7 | 26,6436 | Sobrepeso |
| 27 | 66 | 1,65 | 24,24242 | Normal |
| 28 | 81 | 1,71 | 27,70083 | Sobrepeso |

| | | | | |
|----|-------|------|----------|------------|
| 29 | 78,5 | 1,7 | 27,16263 | Sobrepeso |
| 30 | 63 | 1,65 | 23,1405 | Normal |
| 31 | 54 | 1,62 | 20,57613 | Normal |
| 32 | 58 | 1,74 | 19,15709 | Baixo peso |
| 33 | 89 | 1,7 | 30,79585 | Obeso |
| 34 | 108,4 | 1,83 | 32,36884 | Obeso |
| 35 | 73 | 1,64 | 27,14158 | Sobrepeso |
| 36 | 89 | 1,84 | 26,28781 | Sobrepeso |
| 37 | 92 | 1,73 | 30,73942 | Obeso |
| 38 | 90,8 | 1,69 | 31,7916 | Obeso |
| 39 | 87 | 1,75 | 28,40816 | Sobrepeso |
| 40 | 91,3 | 1,77 | 29,14233 | Sobrepeso |
| 41 | 79,5 | 1,71 | 27,18785 | Sobrepeso |
| 42 | 84,5 | 1,66 | 30,66483 | Obeso |
| 43 | 77,5 | 1,71 | 26,50388 | Sobrepeso |
| 44 | 81,6 | 1,7 | 28,23529 | Sobrepeso |
| 45 | 79 | 1,69 | 27,6601 | Sobrepeso |
| 46 | 72 | 1,61 | 27,77671 | Sobrepeso |
| 47 | 79 | 1,63 | 29,7339 | Sobrepeso |
| 48 | 117 | 1,78 | 36,92716 | Obeso |
| 49 | 58,5 | 1,61 | 22,56857 | Normal |
| 50 | 89,5 | 1,76 | 28,89334 | Sobrepeso |
| 51 | 77 | 1,64 | 28,62879 | Sobrepeso |
| 52 | 92 | 1,73 | 30,73942 | Obeso |
| 53 | 77,5 | 1,76 | 25,01937 | Sobrepeso |
| 54 | 86 | 1,82 | 25,96305 | Sobrepeso |
| 55 | 67 | 1,61 | 25,84777 | Sobrepeso |
| 56 | 80 | 1,75 | 26,12245 | Sobrepeso |
| 57 | 82 | 1,72 | 27,71769 | Sobrepeso |
| 58 | 73 | 1,69 | 25,55933 | Sobrepeso |
| 59 | 90 | 1,75 | 29,38776 | Sobrepeso |

| | | | | |
|--------------|------------------------|------|-------------------|-----------|
| 60 | 75 | 1,77 | 23,93948 | Normal |
| 61 | 84,7 | 1,73 | 28,30031 | Sobrepeso |
| 62 | 80 | 1,66 | 29,03179 | Sobrepeso |
| 63 | 57 | 1,64 | 21,19274 | Normal |
| 64 | 75,7 | 1,69 | 26,50467 | Sobrepeso |
| 65 | 70 | 1,63 | 26,34649 | Sobrepeso |
| 66 | 87,5 | 1,7 | 30,27682 | Obeso |
| 67 | 91,2 | 1,72 | 30,82747 | Obeso |
| 68 | 98 | 1,55 | 40,79084 | Obeso |
| 69 | 66 | 1,64 | 24,53896 | Normal |
| 70 | 73,2 | 1,73 | 24,45788 | Normal |
| Média | 80,12 | 1,69 | 27,82 | |
| | Desvio padrão | | 4,33 | |
| | Intervalo de confiança | | 26,80≤27,82≤28,83 | |

No grupo estudado, a massa corporal média dos operadores foi de 80,12 kg, a altura média foi de 1,69 m e o IMC médio, 27,82. Observando-se os valores da Tabela 4 e comparando-os com a classificação pelo índice de massa corporal (IMC), descrita por Garrow (1981) (Tabela 2), verifica-se que 2 operadores estão com baixo peso (2,8%); 13 operadores (18,6%) encontram-se com IMC normal; 40 operadores (57,1%) com sobrepeso e 15 operadores (21,5%) estão obesos. Portanto, a maioria (78,6%) apresenta valores acima do normal, o que pode ser também verificado pelo exame do intervalo de confiança da média ($26,80 \leq 27,82 \leq 28,83$), que também se encontra na faixa considerada de sobrepeso.

Os resultados obtidos não são semelhantes aos obtidos por Minette (1996) e Sant'Anna (1992), que avaliaram o estado nutricional de operadores de motosserra, os quais apresentaram maior frequência na classe normal e menor frequência nas classes de baixo peso

Os resultados indicam que as baixas exigências físicas da tarefa de operar as colhedoras não restringem a atuação dos indivíduos obesos e também os de baixo peso. Este fato é evidenciado pela predominância de indivíduos classificados como de sobrepeso, seguidos pelos classificados na faixa de obeso.

4.3 Avaliação ergonômica das colhedoras de cana-de-açúcar

As colhedoras utilizadas na colheita de cana-de-açúcar foram avaliadas sob o ponto de vista ergonômico, seguindo o *checklist* recomendado por Skogforsk (1999). Uma das características desse manual de classificação ergonômica é que os elementos do *design* e função de uma máquina, que influenciam as condições de trabalho do operador estão divididos em cinco classes pré-definidas. Cada item que é avaliado nas diferentes seções é colocado em uma das cinco classes. Isso pede uma medida de julgamento subjetivo, uma vez que é impossível definir claramente as classes. É necessário, para se proceder a uma avaliação consistente, algum conhecimento de ergonomia. Tanto critérios técnicos quanto subjetivos são fornecidos para cada classe. O objetivo é que a avaliação seja a mesma, não importando quem a esteja fazendo. É por essa razão que métodos padronizados devem ser utilizados sempre que possível, tanto para medir quanto para interpretar os resultados.

O princípio da classificação é que o impacto de uma máquina na saúde e no bem-estar do operador deveria ser o mesmo, não importando a classe (A, B, C ou D) em que o item avaliado foi colocado. Isso pressupõe que a máquina esteja sendo usada para o propósito para o qual foi projetada e que foram levados em consideração a duração, o movimento (tempo) e a dificuldade do trabalho. O próprio autor da classificação (Skogforsk, 1999) reconhece que muitos dos critérios da classe A não serão preenchidos ainda por alguns anos.

4.3.1 Avaliação ergonômica da colhedora “T”

4.3.1.1 Acesso ao posto de trabalho

Os degraus são em número de seis, sendo cinco de aço (com distâncias de 0,32 m do primeiro para o segundo; 0,36 m do segundo para o terceiro e 0,35 m entre degraus, do terceiro ao sexto), sendo o primeiro de borracha. A distância entre esse degrau de borracha e o solo é de 0,62 m e a altura da plataforma ao solo é de 2,35 m.

O acesso à cabine é feito pelos dois lados, pela plataforma que circunda a mesma; mas a porta abre apenas pelo lado direito da máquina; a abertura da porta é lateral e de fácil abertura, de dimensões de maior largura de 1,02 m e altura de 1,44 m, havendo uma janela traseira de dimensões de maior largura 0,97 m e altura 0,91 m. A cabine é fechada com vidros.

De acordo com Skogforsk (1999), o acesso ao posto de trabalho encontra-se fora dos padrões ergonomicamente aceitos, ou seja, não está dentro da classificação tida como ótima (classe A). Também, segundo as diretrizes citadas, a máquina deveria estar equipada com um lance de escadas seguro, o que não acontece nesse caso, em que o operador tem que descer da máquina de costas, o que dificulta a ação e traz perigo para o operador. Assim, o acesso ao posto de trabalho foi enquadrado na classe C.

4.3.1.2 Cabine

A cabine tem altura de 1,54 m, de piso emborrachado, coberto com tapete de borracha. Os pedais são de aço, fixos, dois do lado direito do operador, sem quinas vivas, não vazados, de tamanho 0,8 x 0,12 m e distantes 0,04 m um do outro.

Isso está de acordo com o recomendado por Skogforsk (1999), uma vez que o operador é capaz de assumir uma posição confortável, proporcionando boa visibilidade e com os controles a uma distância conveniente. Operadores de

diferentes estaturas são capazes de operar a máquina e adotar diferentes posturas.

Observou-se cabine extremamente espaçosa, podendo o operador adotar posições confortáveis de trabalho. A cabine foi classificada como de classe A.

4.3.1.3 Visibilidade

O pára-brisa é inteiro, com dimensões de 1,60 m de largura e 1,35 m de altura. Existem dois vidros traseiros, de dimensões de 0,60 m de largura e 0,50 m de altura. Os retrovisores são em número de dois (um de cada lado), com dimensões de 0,20 m x 0,28 m.

Segundo Skogforsk (1999), a visibilidade não está na classificação A (ergonomicamente perfeita), mas ainda se encontra dentro das normas aceitáveis, pois o operador tem visão livre da zona de operação sem ter que ajustar sua postura. A visibilidade foi classificada como de classe B.

4.3.1.4 Iluminação

A máquina tem seis faróis dianteiros de tamanhos iguais, três de cada lado (luz de estrada), dois faróis intermediários de tamanhos iguais (luz de campo) e dois faróis traseiros (um de cada lado, denominados de farol de campo). A cabine tem luz interna. Plataforma e degraus não têm iluminação.

Segundo Skogforsk (1999), se a iluminação não é suficientemente forte, a luz fornecida não será boa o suficiente para que o operador focalize detalhes e também reduzirá seu reconhecimento de cores e taxa de percepção. Uma taxa de percepção aceitável é de 50 lux (fluxo luminoso incidente por unidade de área de uma superfície). Como, no caso analisado, não foi utilizado um luxímetro, uma classificação mais subjetiva foi usada para realizar a classificação desse item. Skogforsk (1999) também diz que a iluminação em uma máquina deve tornar possível que o operador desempenhe todas as tarefas que podem ser feitas à luz

do dia. A intensidade luminosa deve ser alta o suficiente e a luz deve ser direcionada de forma tal que não haja ofuscamento por contrastes ou reflexos. Utilizando-se esses conceitos, foi direcionada a classificação desse item como classe C.

4.3.1.5 Assento do operador

A altura do assento do operador é de 0,53 m (base), sem encosto de cabeça. O filtro do ar condicionado se encontra embaixo desse assento. A colhedora também apresenta assento auxiliar, de treinamento, com 0,49 m de altura (base), também sem encosto. O material utilizado em ambos os assentos é um estofado comum, de náilon. A distância do assento ao pára-brisa é de 0,55 m. A distância do vidro traseiro até o pára-brisa é de 1,46 m.

O assento do operador tem um sistema de suspensão a ar e um compressor elétrico independente para ajustar a suspensão de acordo com a altura e o peso do operador. As regulagens do assento são as seguintes:

- amortecedor vertical de choques;
- regulagem da altura;
- regulagem de avanço/recuo;
- inclinação do fundo do assento;
- regulagem da suspensão e avanço e recuo do fundo do assento;
- inclinação do encosto;
- regulagem de apoio lombar do encosto;
- regulagem de apoio de braço esquerdo;
- regulagem do apoio de braço direito e console de controle.

Os cintos de segurança são equipamentos padrões nos assentos do operador e de treinamento. Os mesmos apresentam botões de pressão de liberação rápida e retração automática do cinto para permitir saída e entrada aos assentos sem restrições.

O que foi observado está de acordo com o descrito por Arbetsmiljainstitutet et al. (1990) que relatam que o assento deve ter ajuste em altura, distância e comprimento; o apoio de braços deve também ser ajustável em altura.

O assento do operador também está de acordo com Skogforsk (1999), pois esse item e os descansos de braço são convenientes para operadores de diferentes estaturas, permitindo uma ampla variedade de posições sentadas e sendo prontamente ajustável. Os suportes de braço oferecem apoio, não restringindo os movimentos, podendo ser classificados como ergonomicamente ótimo, nesse aspecto, segundo as diretrizes ergonômicas. Esse item foi enquadrado na classe A.

4.3.1.6 Comandos e instrumentos (controles e operação da máquina)

A máquina apresenta os seguintes itens: painel principal, painel de controle da coluna lateral direita, painel de controle da coluna lateral esquerda, duas alavancas de controles de direção e painel superior.

O painel principal contém o *joystick* de subida e descida do cortador de base, o interruptor liga/desliga do controle automático do corte de base, manípulo de ajuste da pressão de corte do cortador de base, interruptor de parada de emergência da função de colheita, interruptor de variação da pressão alta/baixa, manípulo de ajuste da sensibilidade do controle automático do corte de base, interruptor de redefinição (*reset* da parada de emergência), rotação do cortador de pontas, rotação do bojo do extrator primário, inclinação do divisor de linhas direito, rotação da faca lateral direita, interruptor de aceleração do motor, saída elétrica para acessório, rotação da faca lateral esquerda subida/descida do elevador, avanço/recuo do elevador, controle da rotação do ventilador do extrator primário, inclinação do divisor de linhas esquerdo e rotação do cortador de base, picador, rolos alimentadores e divisor de linhas.

Ainda constam a luz indicadora de sistema ativo do corte de base e a luz indicadora de aumento de pressão do picador ou falhas no sistema.

O *joystick* apresenta as seguintes funções e controles: subida e descida do cortador de base, descida e subida do divisor de linhas direito, subida e descida do divisor de linhas esquerdo, abertura e fechamento da aba do cesto, subida e descida do cortador de pontas, rotação à esquerda e à direita do bojo do extrator secundário e buzina.

No painel de controle da coluna lateral direita existem as seguintes funções e indicações: luz indicadora de advertência do motor, luz indicadora da parada do motor, luz indicadora de advertência do freio de estacionamento, luz indicadora de advertência de alta pressão no ar condicionado, luz indicadora de advertência de obstrução do filtro de óleo hidráulico, luz indicadora de advertência de obstrução do filtro de ar, indicador de rpm, chave de ignição, alarme sonoro, indicador da temperatura do líquido de arrefecimento e monitor de diagnóstico do sistema eletrônico do motor.

No painel de controle da coluna lateral esquerda constam as seguintes informações e funções: indicador de altura do cortador de base, indicador de pressão do cortador de base, indicador de temperatura do óleo hidráulico e luz indicadora de baixo nível de óleo hidráulico.

Essa máquina é de esteira, possuindo duas alavancas de controle para avanço e direção. Quando as duas alavancas estão centralizadas, a colhedora está em neutro. O movimento para frente é feito ao empurrar ambas para a frente. O movimento para trás é feito ao puxar ambas as alavancas para trás. Quando a alavanca esquerda ou a direita é empurrada para frente, a esteira correspondente irá girar para trás. Na alavanca direita está o controle do elevador ligado ou desligado: o botão (A) liga ou desliga o elevador na direção para a frente.

No painel superior encontram-se os seguintes interruptores e controles: interruptor do pisca-alerta, interruptor da luz de estrada, interruptor da luz de

campo, interruptor do farol de campo (compartimento do motor), rolo tombador ajustável, extrator primário ligado/desligado, extrator secundário ligado/desligado, controle da temperatura de aquecimento, interruptor do ar condicionado, ventilador do ar condicionado, contador de horas de funcionamento do elevador, interruptor do pisca direcional e interruptor do limpador/lavador de pára-brisa dianteiro.

Verificou-se que algumas alavancas e botões usados freqüentemente estão em uma área de alcance ótimo. Contudo, algumas informações podem não ser visualizadas corretamente, dados o tamanho de suas letras e a distância do assento do operador à informação precisa. Os comandos e instrumentos não são classificados como ergonomicamente perfeitos, pois nem todas as alavancas oferecem manipulação confortável e apoio para a mão; algumas posições não são totalmente ajustáveis para diferentes padrões de trabalhadores, segundo as recomendações de Skogforsk (1999). Esse item foi classificado como B.

4.3.1.7 Ruído

Com a máquina apenas ligada, em rotação nominal de trabalho, foi encontrado um valor de 83,2 dB(A) na cabine do operador. A mesma verificação foi feita com a máquina em operação (com os sistemas de colheita e de transmissão ligados), com um total de dez repetições, tendo sido encontrado um valor médio de 75,45 dB(A). Esses valores estão de acordo com as normas brasileiras de segurança no trabalho, 85 dB(A), para uma jornada de 8 horas.

Os dados coletados das medições de ruído da colhedora “I” encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7 – Dados coletados de ruído da colhedora “T”.

| COLHEDORA | “T” |
|------------------------|-------------------------------|
| LEITURA | RUÍDO (dB) |
| Parado | 83,2 |
| R1 | 75,3 |
| R1 | 76,2 |
| R3 | 75,7 |
| R4 | 76,7 |
| R5 | 72,8 |
| R6 | 79,2 |
| R7 | 73,1 |
| R8 | 74,7 |
| R9 | 75,1 |
| R10 | 75,7 |
| Média | 75,45 |
| Desvio Padrão | 3,28 |
| Intervalo de Confiança | $73,41 \leq 75,45 \leq 77,48$ |

Saliba (2001) também define como limite de tolerância para ruído contínuo/intermitente o valor de 85 dB(A) para a exposição diária de 8 horas. Esse item foi classificado como de classe B.

4.3.1.8 Controle de clima na cabine

A climatização é regulável utilizando-se de termostato próprio, com três velocidades do ar e resposta rápida a mudanças de temperaturas. Os controles são de fácil operação, tendo esse item sido enquadrado como de classe B, seguindo as normas de Skogforsk (1999).

4.3.1.9 Exaustão de gases e poeiras

Foram constatados os seguintes aspectos:

- o escapamento acima do nível da cabine localiza-se no meio da colhedora;
- o desenho do escapamento previne a entrada de fumaça na cabine.

Para Arbetsmiljoinstitutet et al. (1990), o projeto da cabine deve manter do lado externo os gases de exaustão e a poeira. Assim, as condições encontradas estão dentro dos limites aceitáveis. As diretrizes ergonômicas descrevem como ergonomicamente aceitável quando o desenho da cabine evita a entrada de fumaça, o sistema de exaustão está livre de vazamentos e o cano de descarga está localizado bem longe da entrada de ar da cabine. Verifica-se que os padrões encontrados estão dentro dos limites ergonomicamente classificados como não totalmente satisfatórios. Esse item foi considerado como de classe B.

4.3.1.10 Manual do operador

Na análise das características do manual do operador, constatou-se que ele está dentro das normas ergonômicas de Skogforsk (1999), pois é fácil de usar e entender. O manual tem tabela de conteúdo e índice compreensíveis, é claramente ilustrado, é fácil de ler na linguagem local e usa terminologia e símbolos padronizados. Esse item recebeu a classificação A.

Um resumo da classificação ergonômica da colhedora “I”, por item avaliado, encontra-se na Tabela 8.

TABELA 8 - Resumo da classificação ergonômica da colhedora “I”.

| Seção | Classes | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | O |
| Acesso à cabine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cabine | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Visibilidade | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Iluminação | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Assento do operador | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Controles e operação da máquina | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Controle de clima na cabine | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Exaustão de gases e poeiras | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Manual do operador | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Apesar de apresentar alguns itens classificados como C, a colhedora “I” apresentou o predomínio de itens com classificação melhor, sendo sua avaliação final como de classe B.

4.3.2 Avaliação ergonômica da colhedora “II”

4.3.2.1 Acesso ao posto de trabalho

Os degraus são em número de seis, sendo cinco em escada reta (com distâncias de 0,26 m do primeiro para o segundo, 0,23 m do segundo para o terceiro e 0,25 m do terceiro para o quarto e do quarto para o quinto) e um à direita da entrada da cabine, de dimensões 0,28 m de altura e 0,63 m de comprimento. A distância do primeiro degrau ao solo é de 0,58 m, totalizando uma altura de 1,83 m da plataforma ao chão.

O acesso à cabine é feito pelos dois lados, pelas escadas laterais. A abertura da porta é lateral e de difícil manejo, obrigando o operador a se deslocar para outro degrau acima do nível da cabine, para, então, afastar a porta e depois entrar. A largura maior da porta é de 0,58 m, com altura de 1,50 m.

Segundo Skogforsk (1999), esse item não está dentro das normas consideradas seguras ergonomicamente, pois o acesso não é muito fácil e nem

seguro. Como o meio de acesso é inconveniente, os operadores são tentados a pular para baixo, o que, com o tempo, pode resultar em danos aos quadris, joelhos ou pés. Acesso mal projetado também pode constituir um obstáculo para operadores mais velhos. Isso pode desestimulá-los a não deixar a cabine para fazer uma pausa ou algum trabalho requerido fora da cabine.

Ainda segundo o mesmo autor, o operador também deve ser capaz de subir e descer da máquina de frente com segurança, em qualquer posição em que a cabine esteja. Os degraus têm que ter um tamanho que acomode a maior parte do pé e, pelo menos, um corrimão que proporcione apoio por todo o lance que existir. Por isso, segundo as normas ergonômicas, esse item recebeu a classificação de D.

4.3.2.2 Cabine

A cabine tem altura de 1,63 m, de piso de ferro, coberto com material emborrachado.

Segundo Skogforsk (1999), uma cabine restrita ou mal projetada força o operador a trabalhar em uma postura fixa que é cansativa e, com o tempo, danosa para a saúde. O operador deve ser capaz de assumir uma posição confortável que proporcione uma boa visibilidade, na qual os controles estejam a uma distância conveniente. Deve haver amplo espaço para o descanso dos braços, controles e joelhos e pés do operador. No caso, foi observado um espaço insuficiente, onde o operador não pode adotar posições de trabalho relativamente confortáveis. A cabine foi classificada como de classe C.

4.3.2.3 Visibilidade

O pára-brisa é inteiro, com dimensões de 1,60 m de largura e 1,35 de altura. Os retrovisores são em número de quatro (dois de cada lado), com dimensões de 0,17 m x 0,23 m e 0,18 m x 0,35 m.

Seguindo as normas de classificação de Skogforsk (1999), o operador tem uma visão livre da zona de operação sem ter que ajustar sua postura; o vidro da janela é de fácil limpeza. A visibilidade foi classificada como B.

4.3.2.4 Iluminação

A máquina tem quatro faróis superiores frontais retangulares, de tamanhos iguais e dois faróis inferiores frontais redondos. Apresenta um farol do compartimento do motor e um farol no elevador. A cabine tem luz interna. Plataforma e degraus não têm iluminação.

Segundo as diretrizes de Skogforsk (1999), a intensidade luminosa deve ser alta o suficiente e a luz deve ser direcionada de forma tal que não haja ofuscamento por contrastes ou reflexos. Com base nesses conceitos, esse item recebeu a classificação C.

4.3.2.5 Assento do operador

A altura do assento do operador é de 0,55 m (base), sem encosto de cabeça, provido de cinto de segurança. O material utilizado no revestimento do assento é courino. A distância do assento do operador ao pára-brisa é de 0,73 m. A distância do vidro traseiro até o pára-brisa é de 1,35 m.

O assento do operador pode ser ajustado nos seguintes itens:

- regulagem de avanço e recuo do banco;
- regulagem de altura;
- apoios escamoteáveis dos braços, com ajuste de altura;
- regulagem de peso (o banco do operador sai de fábrica devidamente regulado para uma pessoa com a massa de 60 kg).

Os suportes de braço oferecem apoio, não restringindo os movimentos, podendo ser classificado como ergonomicamente bom, segundo as diretrizes ergonômicas.

O que foi observado está de acordo com o descrito por Arbetsmiljainstitutet et al. (1990), que relatam que o assento deve ter ajuste em altura, distância e comprimento. Esse item foi enquadrado na classe B.

4.3.2.6 Comandos e instrumentos (controles e operação da máquina)

O volante de direção encontra-se defronte ao assento do operador.

Existem quatro painéis de controle e de mostradores diferentes, além dos manches e dos controles localizados ao lado direito do operador.

O primeiro painel, analógico, é localizado à esquerda da vista frontal do operador, com as seguintes funções e indicadores:

- vacuômetro da transmissão;
- pressão da transmissão – lado direito;
- pressão da transmissão – lado esquerdo;
- pressão corte de base;
- pressão extrator primário;
- pressão rolos picadores;
- indicador da altura do corte de base.

O segundo painel localiza-se acima da cabeça do operador e tem os seguintes comandos:

- inativo (opcional);
- acende faróis (4), superiores frontais;
- acende faróis (2), inferiores frontais;
- limpador de pára-brisa;
- lavador de pára-brisa.

O terceiro painel localiza-se à direita da vista frontal do operador, com as seguintes funções e indicadores:

- inativo (opcional);
- tacômetro;

- indicador de funções;
- indicador do nível de combustível;
- indicador da temperatura da água do motor;
- chave de ignição;
- indicador da pressão do óleo do motor;
- botão de partida do motor;
- inativo (opcional);
- indicador de funções.

O quarto painel fica do lado direito do operador, com as seguintes funções e indicadores:

- acelerador;
- afogador do motor;
- picador esquerdo;
- picador direito;
- liga corte de pontas;
- giro da biruta;
- sobe/desce elevador;
- liga extrator primário;
- inversão corte de pontas;
- acende farol do compartimento do motor;
- liga/desliga 2ª marcha;
- acende farol do elevador;
- aciona giro-flex;
- acende lanternas do painel.

Nos controles do lado direito do operador localizam-se as seguintes funções:

- levanta/abaixa: corte de pontas e plataforma;
- liga/inverte rolos; rolos picadores, corte de base e pirulitos;

- levanta/abaixa; sapata direita e esquerda;
- *flap* do extrator secundário;
- aciona corrente do elevador.

Os dois manches localizados do lado esquerdo do volante têm os controles de deslocamento frente/ré. Ao lado direito do volante escamoteável encontram-se o freio estacionário, o freio de emergência e o manômetro do ar de freio.

Os pedais são de ferro. O pedal do giro do elevador (direito/esquerdo) localiza-se no centro, o pedal de descanso do lado esquerdo e o pedal da buzina de ar do lado direito. Os pedais apresentam extremidades ligeiramente arredondadas.

Segundo Skogforsk (1999), os controles de mão e os painéis de controle com *joysticks* operados manualmente devem ser projetados de tal forma que possam ser inclinados para os lados, com um formato que evite que a mão escorregue para fora, o que não acontece nessa máquina. Os controles de maior uso não apresentam apoio de braço para o operador descansar adequadamente, podendo causar uma tensão repetitiva nos ombros. Os controles pouco usados estão localizados de modo a forçar o operador a estender-se para alcançá-los, assim variando inadequadamente sua postura. Esse item recebeu a classificação C.

4.3.2.7 Ruído

Com a máquina apenas ligada, em rotação nominal de trabalho, foi encontrado um valor de 81,1 dB(A) na cabine do operador. A mesma verificação foi feita com a máquina em operação (com os sistemas de colheita e de transmissão ligados), com um total de dez repetições, tendo sido encontrado um valor médio de 83,94 dB(A). Esses valores estão de acordo com as normas brasileiras de segurança no trabalho (85 dB(A), para uma jornada de 8 horas).

Os dados coletados das medições de ruído da colhedora “II” encontram-se na Tabela 9.

TABELA 9 – Dados coletados de ruído da colhedora “II”.

| COLHEDORA | “II” |
|------------------------|-------------------------------|
| LEITURA | RUÍDO (dB) |
| Parado | 81,1 |
| R1 | 85,2 |
| R1 | 82,7 |
| R3 | 82,1 |
| R4 | 81,9 |
| R5 | 89,3 |
| R6 | 92,0 |
| R7 | 81,7 |
| R8 | 81,3 |
| R9 | 82,3 |
| R10 | 80,9 |
| Média | 83,94 |
| Desvio Padrão | 3,77 |
| Intervalo de Confiança | $81,60 \leq 83,94 \leq 86,28$ |

Saliba (2001) também define como limite de tolerância para ruído contínuo/intermitente o valor de 85 dB(A) para a exposição diária de 8 horas. Esse item foi classificado como de classe C.

4.3.2.8 Controle de clima na cabine

A cabine tem ventilação, ar condicionado (termostato com três velocidades) e aquecedor, direcionadores giratórios de ar, difusores de ar e filtro de ar interno. Como o sistema de controle de clima é automático, com controles

individualmente ajustáveis e de fácil operação, esse item está dentro do aceito por Skogforsk (1999), sendo enquadrado como de classe B.

4.3.2.9 Exaustão de gases e poeiras

Foram observados os seguintes aspectos:

- o escapamento está acima do nível da cabine, localizado no meio da colhedora;
- não há filtro de gases no escapamento;
- o desenho do escapamento previne a entrada de fumaça na cabine;
- catalisador e indicador de filtros são inexistentes.

As diretrizes ergonômicas descrevem como ergonomicamente aceitável quando o desenho da cabine evita a entrada de fumaça, o sistema de exaustão está livre de vazamentos e o cano de descarga está localizado bem longe da entrada de ar da cabine. Verifica-se que, apesar do desenho do escapamento estar dentro do aceitável, os padrões encontrados são classificados como não muito satisfatórios, principalmente pela ausência de catalisador e indicador de filtros. Esse item foi classificado como D.

4.3.2.10 Manual do operador

Na análise das características do manual do operador, foi constatado que não está completamente dentro das normas ergonômicas de Skogforsk (1999), pois, entre outras coisas, o seu índice deixa a desejar, apesar de ser claramente ilustrado. Esse item recebeu a classificação de C.

Um resumo da classificação ergonômica da colhedora “II”, por item avaliado, encontra-se na Tabela 10.

TABELA 10 - Resumo da classificação ergonômica da colhedora “II”.

| Seção | Classes | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | O |
| Acesso à cabine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> |
| Cabine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Visibilidade | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Iluminação | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Assento do operador | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Controles e operação da máquina | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Controle de clima na cabine | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Exaustão de gases e poeiras | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> |
| Manual do operador | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Apesar de apresentar alguns itens classificados como B e D, a colhedora “II” apresentou o predomínio de itens com classificação intermediária entre essas duas classes. Sua avaliação final foi como de classe C.

4.3.3 Avaliação ergonômica da colhedora “III”

4.3.3.1 Acesso ao posto de trabalho

Os degraus são em número de sete, em escada reta, distanciados em 0,30 m, totalizando 1,80 m de escada. A distância da plataforma ao chão é de 2,40 m.

O acesso à cabine é feito somente pelo lado esquerdo. A abertura da porta é lateral e relativamente fácil. A porta tem um vidro de dimensões de 0,38 m de largura e 0,69 m de altura. A largura da porta é de 0,52 m e a altura de 1,46 m. A cabine é fechada com vidros.

Esse item não se encontra dentro das normas adequadas de ergonomia propostas por Skogforsk (1999), com defeitos moderados, como ausência de abertura de portas pelos dois lados, recebendo a classificação de B.

4.3.3.2 Cabine

A cabine tem altura de 1,64 m, de piso emborrachado, coberto por uma lona plástica e por papelão.

Observou-se um espaço adequado, podendo o operador adotar posições de trabalho confortáveis, inclusive dispondo de lugar para guardar seus pertences pessoais.

Seguindo as diretrizes de Skogforsk (1999), uma cabine restrita ou mal projetada força o operador a trabalhar em uma postura fixa que é cansativa e, com o tempo, danosa para a saúde. A cabine estudada não apresenta esses problemas e obteve a classificação máxima, conseguindo alcançar a classe A.

4.3.3.3 Visibilidade

O pára-brisa é inteiro, com dimensões de 1,31 m de largura e 1,37 de altura. Há um vidro lateral de forma triangular, cuja parte de cima mede 0,47 m. O vidro traseiro mede 0,39 m de altura x 0,69 m de largura.

Os retrovisores são em número de dois.

Seguindo as diretrizes de Skogforsk (1999), apesar de a visibilidade ser um pouco afetada por uma colocação inadequada da grua, esse item recebeu a classificação de B.

4.3.3.4 Iluminação

A máquina tem oito faróis dianteiros (sendo seis redondos e dois retangulares), um farol lateral redondo do lado direito e um farol de luz de ré redondo. A cabine tem luz interna. Plataforma e degraus não têm iluminação. Seguindo as normas de Skogforsk (1999), se a iluminação não é suficientemente forte, a luz fornecida não será boa o suficiente para o operador focalizar detalhes e também irá reduzir seu reconhecimento de cores e taxa de percepção. Pelos conceitos dessas normas, esse item recebeu a classificação de C.

4.3.3.5 Assento do operador

A altura do assento do operador é de 0,48 m (base), sem encosto de cabeça. O assento é um estofado de algodão revestido com pano. A distância do assento do operador ao pára-brisa é de 0,58 m. A distância do vidro traseiro até o pára-brisa é de 1,42 m.

O assento do operador pode ser ajustado para cima ou para baixo, para frente ou para trás, com ajustes de ângulos do banco, ajustamentos lombares e dos suportes dos braços e almofada e ajuste da suspensão (de acordo com o peso do operador).

O que foi observado não está totalmente de acordo com o descrito por Arbetsmiljainstitutet et al. (1990), pois o apoio de braços existe apenas de um lado, entre outros detalhes. Esse item foi enquadrado na classe C.

4.3.3.6 Comandos e instrumentos (controles e operação da máquina)

O volante de direção encontra-se defronte ao assento do operador.

No painel principal, junto ao volante, encontram-se os seguintes indicadores:

- nível de combustível;
- temperatura do motor;
- pressão do óleo do motor;
- filtro de ar;
- bateria carregando;
- temperatura da água de refrigeração;
- nível de óleo do tanque hidráulico;
- motor do sistema de corte ativado;
- mau funcionamento do motor;
- alarme de risco;
- setas (dispositivos luminosos direcionais);

- freio de estacionamento;
- limpador de pára-brisa;
- interruptor para luzes de viagem e para luzes de trabalho;
- indicador de rpm.

Em outro painel, à direita do operador, encontram-se as seguintes indicações e funções:

- luz vermelha de alerta de baixa pressão hidráulica;
- indicador de luz verde – alavanca de segurança contra trepidação da máquina: ligada;
- luz vermelha de alerta – cortador de base de disco esquerdo parado;
- luz vermelha de alerta – cortador parado;
- luz vermelha de alerta – cortador de base de disco direito parado;
- luz vermelha de alerta do ar condicionado;
- ajuste de posição de desvio do elevador;
- dispositivo lateral de divisão de colheita;
- abaixar/levantar o dispositivo esquerdo de colheita;
- abaixar/levantar o dispositivo direito de colheita;
- dispositivo de trepidação da direção principal;
- dispositivo de controle de RPM do motor;
- dispositivo de controle de trepidação com trava de segurança;
- dispositivo de controle de pressão do sistema do cortador de base;
- cavidade, encaixe;
- horímetro;
- dispositivo de abaixar/levantar compartimento dobrável;
- dispositivo de nivelamento lateral do cortador de base;
- dispositivo de controle do giro do elevador;
- dispositivo de direção reversa do elevador principal;
- dispositivo de controle das luzes de trabalho;

- campainha;
- alavanca do meio de engate.

No *joystick* multifuncional encontram-se os botões que controlam as seguintes funções:

- levantamento e abaixamento da cortadora de base;
- levantamento e abaixamento do topo;
- ajuste da direção da alimentadora;
- parada e recolhimento da direção da alimentadora.

Nos *joysticks* emparelhados encontram-se o controle das seguintes funções:

- ajuste da velocidade do ventilador principal de limpeza, com duas velocidades (rápido e devagar);
- ajuste da velocidade do ventilador secundário de limpeza, também com duas velocidades (rápido e devagar).

Ao lado direito da visão do operador localiza-se a unidade de exibição das velocidades de limpeza do ventilador principal e do secundário, em modo digital.

Na coluna do volante localiza-se o interruptor de acionamento de ignição (lado direito) e controle das setas e buzina (lado esquerdo).

Os pedais são em número de cinco, de aço, com as seguintes funções: ajuste da posição da coluna do volante (dimensões 0,15 m x 0,05 m), pedal de acionamento da operação da colhedora (de forma arredondada), pedais de freio (lado direito do operador, dimensões 0,10 m x 0,10 m) e pedal de frenagem rápida de parada da direção hidrostática do elevador cruzado (dimensões 0,10 m x 0,10 m).

Na cabine estão localizados os seguintes itens:

- compartimento de armazenamento e compartimento de refrigeração;
- espaço para rádio;

- grade de circulação de ar;
- alavanca para abrir o telhado da cabine.

Segundo Skogforsk (1999), é vantajoso ter uma escolha entre tipos diferentes de controle, isto é, ser a máquina controlada tanto com uma alavanca quando com um volante. Nesse caso, em que o controle é feito por um volante, a restrição é que o espaço por ele ocupado pode limitar a liberdade de movimentos do operador. A colhedora em relação aos controles e operação da máquina foi classificada como C.

4.3.3.7 Ruído

Com a máquina apenas ligada, em rotação nominal de trabalho, foi encontrado um valor de 73,4 dB(A) na cabine do operador. A mesma verificação foi feita com a máquina em operação (com o sistemas de colheita e de transmissão ligados), com um total de dez repetições, tendo sido encontrado um valor médio de 92,12 dB(A). Esses valores não estão de acordo com as normas brasileiras de segurança no trabalho (85 dB(A), para uma jornada de 8 horas).

Os dados coletados das medições de ruído da colhedora “III” encontram-se na Tabela 11.

TABELA 11 – Dados coletados de ruído da colhedora “III”.

| COLHEDORA | “III” |
|------------------------|-------------------------------|
| LEITURA | RUÍDO (dB) |
| Parado | 73,4 |
| R1 | 88,7 |
| R1 | 88,4 |
| R3 | 93,4 |
| R4 | 93,0 |
| R5 | 90,4 |
| R6 | 89,5 |
| R7 | 94,3 |
| R8 | 96,7 |
| R9 | 93,2 |
| R10 | 93,6 |
| Média | 92,12 |
| Desvio padrão | 2,72 |
| Intervalo de confiança | $90,43 \leq 92,12 \leq 93,80$ |

Saliba (2001) também define como limite de tolerância para ruído contínuo/intermitente o valor de 85 dB(A) para a exposição diária de 8 horas. Esse item foi classificado como de classe C.

4.3.3.8 Controle de clima na cabine

A cabine é equipada com um eficiente ventilador duplo de ar fresco com três velocidades diferentes e um sistema de condicionamento de ar, com termostato para o controle da temperatura. Como essa máquina apresenta controle de clima automático, com controles individualmente ajustáveis e de fácil operação, esse item está dentro do recomendado por Skogforsk (1999), sendo classificado como de classe B.

4.3.3.9 Exaustão de gases e poeiras

Foram constatados os seguintes aspectos:

- presença de filtro de gases;
- desenho do escapamento com prevenção de entrada de fumaça na cabine, em que os gases saem para cima.

As condições encontradas estão dentro dos limites aceitáveis. As diretrizes ergonômicas descrevem como ergonomicamente aceitável quando o desenho da cabine evita a entrada de fumaça, o sistema de exaustão está livre de vazamentos e o cano de descarga está localizado bem longe da entrada de ar da cabine. Verifica-se que os padrões encontrados estão dentro dos limites ergonomicamente classificados como satisfatórios. Esse item foi classificado como de classe A.

4.3.3.10 Manual do operador

Na análise das características do manual do operador, constatou-se que ele não está completamente dentro das normas ergonômicas de Skogforsk (1999), principalmente por estar escrito em língua inglesa. Isso dificulta a sua utilização pelos operadores, no caso de necessidade de uso de instruções de segurança e avisos de perigo. Além disso, seu detalhamento deixa a desejar, inclusive com insuficiente ilustração. Esse item recebeu classificação C.

A Tabela 12 apresenta um resumo da classificação ergonômica da colhedora “III”, por item avaliado.

TABELA 12 - Resumo da classificação ergonômica da colhedora “III”.

| Seção | Classes | | | | |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | A | B | C | D | O |
| Acesso à cabine | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cabine | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Visibilidade | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Iluminação | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Assento do operador | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Controles e operação da máquina | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ruído | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Controle de clima na cabine | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Exaustão de gases e poeiras | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Manual do operador | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | X | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Apesar de apresentar alguns itens classificados como A e alguns itens classificados como B, a colhedora “III” apresentou o predomínio de itens de letra C, sendo classificada como tal.

4.4 Transformação do sistema de Skogforsk para graus numéricos

Com a finalidade de melhor visualizar as diferenças entre as classificações dadas aos itens de avaliação para cada colhedora, as classes previstas no sistema de Skogforsk foram transformadas em graus numéricos. Assim, as classes A, B, C, D e O foram convertidas nos valores numéricos 4, 3, 2, 1 e 0, respectivamente.

O resultado dessa conversão, com a comparação entre as três máquinas avaliadas, encontra-se na Tabela 13.

TABELA 13 – Conversão da classificação dos itens avaliados em cada colhedora para graus numéricos.

| ITEM | COLHEDORA | COLHEDORA | COLHEDORA |
|---------------------------------|-------------|-------------|---------------|
| | “I” | “II” | “III” |
| Acesso à cabine | 2 | 1 | 3 |
| Cabine | 4 | 2 | 4 |
| Visibilidade | 3 | 3 | 3 |
| Iluminação | 2 | 2 | 2 |
| Assento do operador | 4 | 3 | 2 |
| Controles e operação da máquina | 3 | 2 | 2 |
| Ruído | 3 | 2 | 2 |
| Controle de clima na cabine | 3 | 3 | 3 |
| Exaustão de gases e poeiras | 3 | 1 | 4 |
| Manual do operador | 4 | 2 | 2 |
| Média | 3,1a | 2,1b | 2,7a,b |

Obs.: As médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si, a 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A análise ergonômica entre as três colhedoras utilizadas indicou os seguintes resultados por item avaliado:

- ✓ acesso à cabine: a colhedora “III” apresentou melhor acesso a cabine (grau 3) do que as demais;
- ✓ cabine: nesse item, as colhedoras “I” e “III” apresentaram classificação ergonômica (grau 4) melhor do que a “II” (grau 2);
- ✓ visibilidade: as três colhedoras apresentaram a mesma classificação ergonômica (grau 3);
- ✓ iluminação: a classificação foi a mesma para as três colhedoras (grau 2), mostrando deficiências equivalentes neste item;
- ✓ assento do operador: a colhedora “I” foi a que apresentou a melhor classificação ergonômica (grau 4), seguida da colhedora “II”(grau 3);
- ✓ controles e operação da máquina: a colhedora “I” também apresentou desempenho superior às demais neste item, com classificação (grau 3);
- ✓ ruído: a colhedora “I” apresentou o menor valor médio de ruído (75,45 db (A)), sendo estatisticamente diferente das demais, conforme mostrado nas Tabelas 14

e 15. Os dados da colhedora “III” apresentaram o menor desvio padrão (2,72), evidenciando precisão maior de resultados. Entretanto, o intervalo de confiança para os dados da colhedora “I” ($73,41 \leq 75,45 \leq 77,48$) ainda demonstra melhor resultado. Acrescente-se ainda que, segundo a avaliação geral, a colhedora “I” foi considerada melhor (grau 3), enquanto as demais receberam a mesma classificação (grau 2);

TABELA 14 – ANOVA (análise de variância) das médias de ruído das colhedoras.

| FV | GL | SQ | QM | F |
|-------------|----|---------|--------|---------|
| Tratamentos | 2 | 1389,60 | 694,80 | 83,48 * |
| Resíduo | 27 | 224,70 | 8,32 | |
| Total | 29 | 1614,30 | | |

As médias de ruído das colhedoras encontram-se na Tabela 15.

TABELA 15 – Médias de ruído das colhedoras.

| Colhedora | “I” | “II” | “III” |
|-----------|---------|---------|---------|
| Médias | 75,45 a | 83,94 b | 92,12 c |

Obs.: Os índices a, b e c após as médias indicam diferença significativa entre as mesmas.

- ✓ controle de clima na cabine: as três colhedoras apresentaram o mesmo desempenho, sendo avaliadas como de grau 3;
- ✓ exaustão de gases e poeiras: a colhedora “III” foi a que apresentou o melhor *design* nesse item, sendo, portanto, melhor classificada (grau 4);
- ✓ manual do operador: a colhedora “I” apresentou manual de melhor qualidade e fácil de entender, tendo, por isso, a melhor classificação (grau 4) do que as demais colhedoras (grau 2).

A avaliação geral das três máquinas, por meio da análise estatística, mostrou que a média da colhedora “I” foi igual à da colhedora “III” e superior à

da colhedora “II”. Entretanto, as médias das colhedoras “II” e “III” não apresentaram diferença significativa.

Deve-se, então, mencionar que, aplicando-se o sistema original de Skogforsk, as máquinas receberiam a seguinte classificação:

- colhedora “I”: classe B;
- colhedora “II”: classe C;
- colhedora “III”: classe C.

Portanto, essa classificação mostra a máquina “I” como superior às demais, não permitindo uma análise estatística para comprovação dessa diferença.

Desse modo, pode-se comprovar que o uso de critérios numéricos de classificação permite uma melhor evidenciação das possíveis diferenças entre as colhedoras, incluindo a parte de avaliação estatística.

Os resultados gerais desta investigação indicam que a produtividade da colheita de cana-de-açúcar variou de acordo com o turno de trabalho, independente da máquina utilizada, possivelmente influenciada pelas melhores condições de conforto – como temperatura do ambiente – durante o turno noturno (iniciado à meia-noite).

Em relação aos recursos humanos, verificou-se que 2,8% dos operadores estão com baixo peso; 18,5% se encontram com IMC normal; 57,1% estão com sobrepeso e 21,5% estão obesos. Esses dados indicam a necessidade de promover modificações de caráter nutricional.

Os resultados ainda comprovam a importância de estudos ergonômicos para a melhoria das condições de trabalho humano, para melhores produtividades e menores custos operacionais.

A avaliação ergonômica das três máquinas estudadas evidenciou a necessidade de se promover um ajustamento das condições do espaço de trabalho ao trabalhador brasileiro. Isso pode ser explicado pelo fato de a maioria

das máquinas utilizadas para a colheita de cana-de-açúcar ser de origem estrangeira, estando, portanto, direcionadas a operadores que possuem compleição física avantajada em relação aos brasileiros. Assim, os comandos das máquinas exigem muito mais dos operadores nacionais, o que pode resultar em menor produtividade nas operações de colheita.

De modo geral, as observações indicam a necessidade de estudos adicionais que indiquem melhores condições de trabalho para os operadores das máquinas utilizadas em colheita agrícola, incluindo adaptações que concorram para maior rendimento nessas atividades e sua influência em fatores diversos, como turnos de trabalho, perfil dos trabalhadores, etc. Essas observações também foram feitas por Silva (2002), confirmando a necessidade de ajustes e maiores estudos a respeito dessa realidade, no que concerne a colhedoras de uso agrário.

5 CONCLUSÕES

As observações realizadas neste estudo, concernentes à caracterização do perfil antropométrico dos trabalhadores e avaliação ergonômica de máquinas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar, permitem concluir que:

- as características antropométricas dos operadores das colhedoras não são as mais adequadas, em função das características ergonômicas e ambientais oferecidas pelas máquinas;
- as avaliações numéricas entre os itens avaliados nas três colhedoras indicaram melhor desempenho da colhedora “I”; entretanto, a análise estatística evidenciou diferença não-significativa entre as colhedoras “I” e “III” e entre as colhedoras “II” e “III”;
- há possibilidade de se aplicar critérios de classificação numérica na avaliação de máquinas agrícolas, a partir do sistema de classificação de Skogforsk, para melhor evidenciar possíveis diferenças entre as mesmas;
- há necessidade de se promover um ajustamento do ambiente de trabalho às reais condições do trabalhador brasileiro para ser alcançado um desempenho otimizado de produtividade nas operações de colheita agrícola, especificamente em cultura de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2007. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2007. p.237-268.

ALFONSI, R.R.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V. Condições climáticas para a cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. (Coord.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, p.42-55.

ARBETSMILJOINSTITUTED; FORSKINGSSTIFTELSE SKORGSARBETEN; SLU SKOGSHOGSKOLAN. **An ergonomic checklist for forestry machinery**. Oskarshamn, 1990. 43p.

BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: E. Blucher, 1977. 635 p.

BARROS, I. F. R. **Fatores antropométricos e biomecânicos da segurança no trabalho: uma contribuição à análise de sistemas homem-máquina, sob o ponto de vista da ergonomia**. Manaus: Universidade do Amazonas, 1996. 122 p.

BRASIL. MAPA. **Cana-de-açúcar e agroenergia: usinas e destilarias cadastradas**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 28 mar. 2007.

CAMPANHÃO, J. M. **Manejo da soqueira de cana-de-açúcar submetida à queima acidental da palhada remanescente da colheita mecanizada**. 2003. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, SP.

COLETI, J.T. Técnica cultural de plantio. In: FUNDAÇÃO CARGIL. **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, 1987. v.1, p.284-328.

COUTO, H.A. **Temas de saúde ocupacional: coletânea dos cadernos Ergo**. Belo Horizonte: Cultura, 1987. 432p.

COUTO, H.A. **Ergonomia aplicada ao trabalho o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: ERGO, 1995. 2v.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. São Paulo: E. Blucher, 1995. 147p.

EDHOLM, O.G. **Biologia do trabalho**. Porto: Inova, 1968. 258p.

ENSING, G. Anthropometry in workplace design. In: JOINT ERGONOMIC SYMPOSIUM “ERGONOMICS IN TROPICAL AGRICULTURE AND FORESTRY”, 5., 1979, Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: IAAMRH/CIGR/IUFRO, 1979. p.33-38

FIEDLER, N.C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira**. 1995. 126 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GARROW, J.S. **Treat obesity seriously: a clinical manual**. Edinburg: Churchill Livingstone, 1981. 365p.

GRANDJEAN, E. **Fitting the task to the man – an ergonomic approach**. London: Taylor & Francis, 1982. 379p.

IIDA, I. **Ergonomia; projeto e produção**. São Paulo: E. Blucher, 1990. 465 p.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: E. Blücher, 1995. 465p.

IIDA, I.; WIERZZBICKI, H.A.J. **Ergonomia: notas de aula**. São Paulo: EPUSP, 1978. 282p .(apostilado).

MACHADO, C.C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, 1994. 138p.

MC’CULLOUGH, W. **Ambiente de trabalho – produtividade – higiene – segurança**. Rio de Janeiro: Fórum, 1987. 616p.

MENEZES, J.B. **Uma proposta de metodologia para arranjo e dimensionamento de estação de trabalho**. 1976. 168 p. Tese (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE, Rio de Janeiro.

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

MURRELL, H. **Ergonomics**: man in his working environment. New York: London Chapman and Hall, 1979. 496

PALMER, C.F. **Ergonomia**. Rio de Janeiro: FGV, 1976. 207p.

PARANHOS, S.B. Colheita mecânica da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO AGRONÔMICO DE PINHAL, Espírito Santo do Pinhal. **Trabalhos...** Espírito Santo do Pinhal: Fundação Pinhalense de Ensino/Faculdade de Agronomia, 1974. 10p

REVISTA RURAL. Cana: Colheita Mecanizada. 2005. Disponível em: <http://www.revistarural.com.br/Edicoes2005/artigos/rev92_cana.htm>. Acesso em: 28 mar. 2007.

RIPOLI, T.C.C. **Corte, carregamento, transporte e recepção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: DER-ESALQ-USP, 1974. 52p.

RIPOLI, T.C.C.; SEGALLA, A.L. O push-rack chega ao Brasil. **Revista Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.49, n.1, jan1981.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: USP/ESALQ, 2004. 302p.

RIPOLI, T.C.C.; VILA NOVA, N.A. Colheita mecanizada de cana-de-açúcar: novos desafios. **Revista STAB**, Piracicaba, v.11, n.1, p.28-31, set./out. 1992.

ROBIN, P. **Segurança e ergonomia em maquinaria agrícola**. São Paulo: IPT, 1987. 24p.

SANT'ANNA, C.M. **Fatores humanos relacionados com a produtividade do operador de motosserra no corte florestal**. 1992. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SALIBA, T.M. **Manual prático de avaliação e controle de ruído**: PPR. 2.ed. São Paulo: LTr, 2001. 118p.

SEGURANÇA e medicina do trabalho. 23.ed. São Paulo: Atlas, 1992. 415p. (Manuais de Legislação Atlas, 16).

SELL, I. Projeto ergonômico de produtos. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 4., Rio de Janeiro, 1989. **Anais...** Rio de Janeiro: ABERGO/FGV/ 1989. p.172-176.

SILVA, C.B. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de Eucalyptus**. 2002. 116p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

SILVEIRA, G.M. da. **As máquinas para colheita e transporte**. São Paulo. Globo, 1991. 184p. (Globo Rural. Coleção do Agricultor).

SKOGFORSK. The forestry research institurte of sweden. **Ergonomic guidelines for forest machines**. Uppsala, Sweden: Swedish National Institure for Working Life, 1999. 86p.

TOLEDO JR, I.B.; KURATOMI, S. **Croanálise**. 3.ed. Mogi das Cruzes: ITYSHO, 1996. 414 p.

VERDUSSEN, R. **Ergonomia**: a racionalização humanizada do trabalho. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978. 161p.

VOLPATO, C.E. da S. **Otimização de um cortador de base flutuante para seguimento do perfil de solo em colhedoras de cana-de-açúcar**. 2001. 185p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.