

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONTRIBUIÇÃO AO PROJETO DE EQUIPAMENTO DE  
AUXÍLIO À COLHEITA DA CANA-DE-AÇUCAR SOB A  
PERSPECTIVA DA ERGONOMIA E DA SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

**RENATO PEZZIN JUNIOR**

CAMPINAS  
JUNHO DE 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CONTRIBUIÇÃO AO PROJETO DE EQUIPAMENTO DE  
AUXÍLIO À COLHEITA DA CANA-DE-AÇUCAR SOB A  
PERSPECTIVA DA ERGONOMIA E DA SEGURANÇA DO  
TRABALHO**

Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração de Máquinas Agrícolas com ênfase em Ergonomia.

**RENATO PEZZIN JÚNIOR**

Orientador: Prof. Dr. Roberto Funes Abrahão

Co-orientador: Prof. Dr. Mauro José Tereso

CAMPINAS  
JUNHO DE 2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -  
UNICAMP

P469c Pezzin Júnior, Renato  
Contribuição ao projeto de equipamento de auxílio à  
colheita da cana-de-açúcar sob a perspectiva da  
ergonomia e da segurança do trabalho / Renato Pezzin  
Júnior. --Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Roberto Funes Abrahão.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Ergonomia - Pesquisa. 2. Ergonomia - Técnica. 3.  
Engenharia mecânica - Projetos. 4. Cana-de-açúcar. I.  
Abrahão, Roberto Funes. II. Universidade Estadual de  
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.  
Título.

Título em Inglês: Contribution to the design of a sugar cane harvester using  
ergonomics and safety concepts

Palavras-chave em Inglês: Ergonomics - Research, Ergonomics - Technical,  
Mechanical engineering - Projects, Sugar cane

Área de concentração: Máquinas Agrícolas

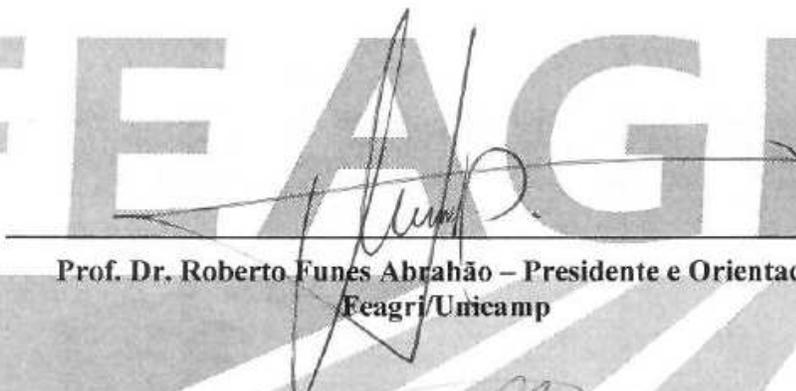
Titulação: Mestre em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Franco Giuseppe Dedini, Oscar Antonio Braumbeck

Data da defesa: 31/08/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

Este exemplar corresponde à redação final da **Dissertação de Mestrado** defendida por **Renato Pezzin Junior**, aprovado pela Comissão Julgadora em 31 de agosto de 2010, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



FEAGRI

**Prof. Dr. Roberto Funes Abrahão – Presidente e Orientador  
Feagri/Unicamp**



FEM/Unicamp

**Prof. Dr. Franco Giuseppe Dedini – Membro Titular  
FEM/Unicamp**



Faculdade de Engenharia Agrícola  
Unicamp

**Prof. Dr. Oscar Antonio Braumbeck - Membro Titular  
Feagri/Unicamp**

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Renato e Catarina, e meus irmãos Sérgio e Silvia, pelo incentivo, apoio e por tudo o que aprendi com eles.

A Renata, meu grande amor, sempre ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Roberto Funes Abrahão meu tutor desde o início dos meus passos nesta Universidade, pela amizade, compreensão, dedicação à orientação desta dissertação de mestrado e por tudo que me ensinou durante estes anos.

Ao Prof. Dr. Mauro José Tereso pelas discussões e sugestões, sempre tão importantes, no decorrer deste, em especial, e também de outros trabalhos.

Aos colegas do Unisal, que foram muitos, em especial aos amigos de todas as horas, Ariel, Celso, Magô e Tizzei que estiveram sempre comigo nesta caminhada.

A toda equipe de projeto do UNIMAC-CANA, em especial ao Prof. Dr. Oscar Braunbeck e Efraim, por permitir que este trabalho pudesse ser desenvolvido e pelas contribuições e materiais de apoio.

A todos os amigos do GETA que estiveram ao meu lado durante estes anos.

A Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp pela oportunidade concedida.

## **RESUMO**

Este trabalho buscou contribuir, a partir da perspectiva da ergonomia e da segurança do trabalho, ao projeto de um equipamento de auxílio à colheita denominado UNIMAC CANA. O conceito mecânico proposto utiliza operadores na transferência da cana da frente de corte até o mecanismo de limpeza, buscando preservar parte da mão-de-obra utilizada na colheita manual. Baseado nos conceitos da Ergonomia de Concepção, foi realizada uma análise da atividade futura dos operadores através da construção de cenários e uma busca por situações de referência para o projeto do posto de trabalho. Princípios da Antropometria, Biomecânica e da Segurança do Trabalho foram utilizados na análise e dimensionamento do equipamento proposto. Os resultados obtidos demonstram a eficácia da Ergonomia de Concepção enquanto metodologia projetual aplicada no desenvolvimento de projetos inovadores.

**Palavras – chave:** ergonomia de concepção, projeto mecânico, cana – de – açúcar.

## **ABSTRACT**

This work seeks to contribute, under an ergonomic and work safety perspective, to the design of a sugar cane harvester named UNIMAC CANA. The mechanical conception uses human operators in the transfer of sugar cane from the feed unity to the cleaner unit, trying to preserve part of the human labor traditionally used in manual harvest. Using ergonomics concepts, it was done a future activity analysis and scenery building for the design of the work stations. Anthropometric, Biomechanic and Work Safety principles were used in the analysis and design of the equipment. The results show the efficiency of conception ergonomics as a design methodological tool when applied to new mechanical concepts.

**Keywords:** conception ergonomics, mechanical design, sugar cane.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Síntese Dos Métodos De Avaliação Do Risco Ergonômico (Pavani E Quelhas, 2006).....	34
Tabela 2 – Abordagem Psicofísica – Levantar Carga (Homens) .....	42
Tabela 3 – Abordagem Psicofísica – Levantar Carga (Mulheres).....	42
Tabela 4 – Abordagem Psicofísica – Empurrar Carga (Homens) .....	43
Tabela 5 – Abordagem Psicofísica – Puxar Carga (Homens) .....	43
Tabela 6 – Abordagem Psicofísica – Carregar Carga.....	44
Tabela 7 – Determinação do fator de pega (Cm).....	48
Tabela 8 – Coeficiente Vertical (Cv).....	48
Tabela 9 – Deslocamento Vertical de Carga (Cd).....	48
Tabela 10 – Coeficiente Horizontal (Ch) .....	48
Tabela 11 – Coeficiente de Frequência (Cf).....	49
Tabela 12 – Coeficiente de Assimetria (Ca).....	49
Tabela 13 – Dados Antropométricos Utilizados no Projeto do Posto De Trabalho. ....	82
Tabela 14 – Parâmetros da Atividade Em Função De Parâmetros Operacionais.....	96

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Ilustração do UNIMAC CANA .....	2
Figura 2 – corte manual da cana (Gonzaga, 2004). ....	6
Figura 3 – Colhedora de cana picada.....	7
Figura 4 – Auxílio mecânico UNIMAC CANA.....	8
Figura 5 – Unidade de Limpeza [despalhador]1 .....	9
Figura 6 – Deformação lateral do pneu provocada pelo peso do equipamento (BRAUNBECK e mAGALHÃES, 2009). ....	10
Figura 7 – Condição limite de estabilidade ao tombamento lateral (BRAUNBECK e mAGALHÃES, 2009). ....	11
Figura 8 – Plano vertical de corte “PC” que separa duas passadas sucessivas na colheita mecânica (BRAUNBECK e mAGALHÃES, 2009). ....	12
Figura 9 – Estudo da Exequibilidade do Projeto (ABRAHÃO, 2009).....	16

Figura 10 – Projeto Preliminar (ABRAHÃO, 2009).....	17
Figura 11 – Projeto Detalhado (ABRAHÃO, 2009) .....	18
Figura 12 – Metodologia projetual (CLARK e CORLETT, 1984). .....	19
Figura 13 – Envoltórios de alcance em diversas posições (EASTMAN KODAK COMPANY, 1983).....	24
Figura 14 – Limites entre os quais deve variar a altura do plano de trabalho em função da altura do cotovelo e do tipo de trabalho a ser realizado. (GRANDJEAN, 1998).....	26
Figura 15 – Dimensões necessárias para um trabalho em pé (CLARK e CORLETT, 1984). ...	27
Figura 16 – Estudo de Hayashi sobre espaço de circulação horizontal (HAYASHI, 2007). .....	28
Figura 17 – Áreas de alcance na posição de pé com uma mão (EASTMAN KODAK COMPANY, 1981).....	29
Figura 18 – Áreas de alcance na posição de pé com duas mãos (EASTMAN KODAK COMPANY, 1981).....	29
Figura 19 – Espaço de trabalho e de preensão horizontal (GRANDJEAN, 1998).....	30
Figura 20 – Alavanca de 1ª classe (ABRAHÃO, 2009).....	36
Figura 21 – Alavanca de 2ª classe (ABRAHÃO, 2009).....	37
Figura 22 – Alavanca de 3ª classe (ABRAHÃO, 2009).....	38
Figura 23 – Coluna Vertebral (ABRAHÃO, 2009).....	40
Figura 24 – Escala de Borg de esforço percebido .....	41
Figura 25 – Relação entre pulsação cardíaca e consumo de energia (GRANDJEAN, 1988) ....	45
Figura 26 – Variáveis da equação de NIOSH (LUGLI, 2010).....	47
Figura 27 – Representação de uma metodologia para ergonomia de concepção. ....	53
Figura 28 – Vista lateral do auxílio mecânico com legenda (BRAUNBECK e MAGALHÃES, 2009).....	56
Figura 29 – Vista aérea Unimac (BRAUNBECK e MAGALHÃES, 2009). ....	57
Figura 30 – Vista lateral UNIMAC CANA (AGRICEF, 2006).....	57
Figura 31 – Vista panorâmica UNIMAC CANA (AGRICEF, 2006). ....	58
Figura 32 – Vista frontal UNIMAC CANA (AGRICEF, 2006). ....	58
Figura 33 – Ilustração das medidas utilizadas no projeto.....	66
Figura 34 – Análise da atividade futura (Marçal, 2000).....	68

Figura 35 – Comparação entre a posição da Remada do Caiquista e o operador do posto de trabalho. ....	72
Figura 36 – Trabalhador em um andaime suspenso, riscos de quedas caso não seja utilizado o equipamento de segurança necessário. ....	73
Figura 37 – Colmo reto na posição longitudinal .....	78
Figura 38 – Colmo reto na posição vertical.....	79
Figura 39 – Colmo Torto .....	79
Figura 40 – Colmos sobrepostos / velocidade acima do esperado .....	80
Figura 41 – Animais peçonhentos .....	80
Figura 42 – Inclinação e vibrações do posto de operação. ....	81
Figura 43 – Ilustração das medidas descritas na Tabela2.....	83
Figura 44 – Vista lateral do auxílio mecânico UNIMAC CANA .....	83
Figura 45 – Vista em planta do auxílio mecânico UNIMAC CANA (AGRIFEC, 2009).....	84
Figura 46 – Flexão do braço-antebraço em faixa de conforto (80°).....	86
Figura 47 – Auxílio Mecânico com dimensões Ideais .....	89
Figura 48 – Colmo na Vertical – sem barra de proteção .....	91
Figura 49 – Cana deitada – com barra de proteção .....	92
Figura 50 – Proteção construída pela equipe de projeto.....	93
Figura 51 – Proteção em ângulo para dar suporte ao colmo e impedir contato com as correntes transportadoras. ....	94
Figura 52 – Caixa de proteção das partes móveis da frente de corte e alimentação proposta....	94
Figura 53 – Proteção Mecânica com abertura limitada para ser colocada na frente do despalhador.....	95
Figura 54 – Dimensionamento do dispositivo de proteção .....	95

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

EPI – Equipamento de Proteção Individual

INT – Instituto Nacional de Tecnologia

MMC – Movimentação Manual de Cargas

NBR (ABNT) – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NR – Normas Regulamentadoras

PEA – População Economicamente Ativa

SERPRO – Serviço Federal de Processamento de Dados

TELERJ – Telecomunicações do Estado do Rio de Janeiro

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contexto .....	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo Geral .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1. Colheita da cana-de-açúcar.....	5
3.2. Metodologia Projetual .....	15
3.3. Antropometria e Biomecânica.....	23
3.4. Normas Técnicas e de Segurança .....	50
3.5. Ergonomia de Concepção.....	51
4. Dinâmica Projetual da Unidade Mecânica de Auxílio à Colheita - UNIMAC CANA .....	55
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	61
5.1. Metodologia Projetual .....	61
5.2. Adequação Antropométrica e Biomecânica .....	64
5.3. Normas de Segurança .....	66
5.4. Cenários e Atividade Futura .....	67
6. RESULTADOS .....	70
6.1. Análise da Atividade Futura e a concepção do posto de trabalho.....	70
6.2. Dimensionamento.....	81
6.3. Proteções.....	89
6.4. Avaliação das pausas naturais e do ciclo da tarefa na recuperação dos trabalhadores..	96
7. CONCLUSÃO.....	97
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	98
9. APÊNDICES .....	103

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Contexto

A cana de açúcar é um dos principais produtos agrícolas brasileiros e vem crescendo em produção e demanda a cada dia. No ano de 2008, a produção de cana no Brasil atingiu o patamar de 571,4 milhões de toneladas, em uma área plantada de 8,5 milhões de hectares (CONAB, 2009).

A maior parte da colheita realizada no país ainda é feita de forma manual, pois a possibilidade de mecanização é limitada por diversos fatores, como a topografia do terreno, as perdas no corte, que podem representar 10% da produção, os altos investimentos e os problemas relacionados à compactação do solo. Segundo dados recentes, 47% da colheita no Estado de São Paulo foi mecanizada. No país estima-se que o corte da cana mecanizado corresponda a 25% da produção (COELHO, 2008).

Os problemas associados à colheita manual da cana-de-açúcar, sob a ótica da ergonomia, são bem conhecidos: risco elevado de acidentes, alto custo energético, condições ambientais severas (GONZAGA, 2004). Além desses fatores, há o aspecto ambiental, já que a colheita manual exige a queima prévia da palha. Cerca de 20 a 48 horas antes da colheita é realizada a queima do canavial, para reduzir a folhagem e diminuir os riscos de acidentes com animais peçonhentos. A partir daí, os trabalhadores cortam a cana com facões e vão fazendo feixes para a medição da produção. O pagamento é por produção e um cortador de cana que colha 10 ton/dia desfere algo em torno de 10.000 golpes de facão (LABORCANA, 2005).

A operação do corte é dividida nas seguintes etapas: corte da base da cana, desponte ou retirada da ponteira e amontoamento ou enfileiramento. FERREIRA et al. (1998) descrevem em detalhes a tarefa dos cortadores de cana-de-açúcar: “Munidos de facões, eles devem cortar a cana com um ou vários golpes na sua base ou pé, despontá-la, e carregá-la com os braços até um local pré-estabelecido, formando montes ou leiras para que, numa etapa posterior do processo produtivo, carregadoras a transportem para os caminhões que irão para a usina”.

As colhedoras mecânicas disponíveis atualmente apresentam uma produtividade aproximada de 700 toneladas / dia, o que equivale ao trabalho de mais de 70 cortadores. Sua utilização prescinde da queima prévia, o que torna a colheita mecânica mais favorável do

ponto de vista ambiental. Por outro lado, a mecanização total implica no desemprego de um grande número de trabalhadores.

“A mecanização total ou parcial se apresenta atualmente como a única opção para a colheita da cana, tanto do ponto de vista ergonômico quanto econômico e, principalmente, do ponto de vista legal e ambiental, já que apenas o corte mecânico viabiliza a colheita sem queima prévia, o que por sua vez viabiliza o aproveitamento do palhiço.” (BRAUNBECK e MAGALHÃES, 2006).

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP aborda esse problema propondo um conceito inovador de colheita semi-mecanizada, através do projeto de uma máquina denominada UNIMAC CANA (BRAUNBECK e OLIVEIRA, 2006), composta por uma frente de corte e alimentação, uma célula de trabalho, uma unidade de limpeza e uma carreta de descarga vertical, como ilustra a Figura 1.

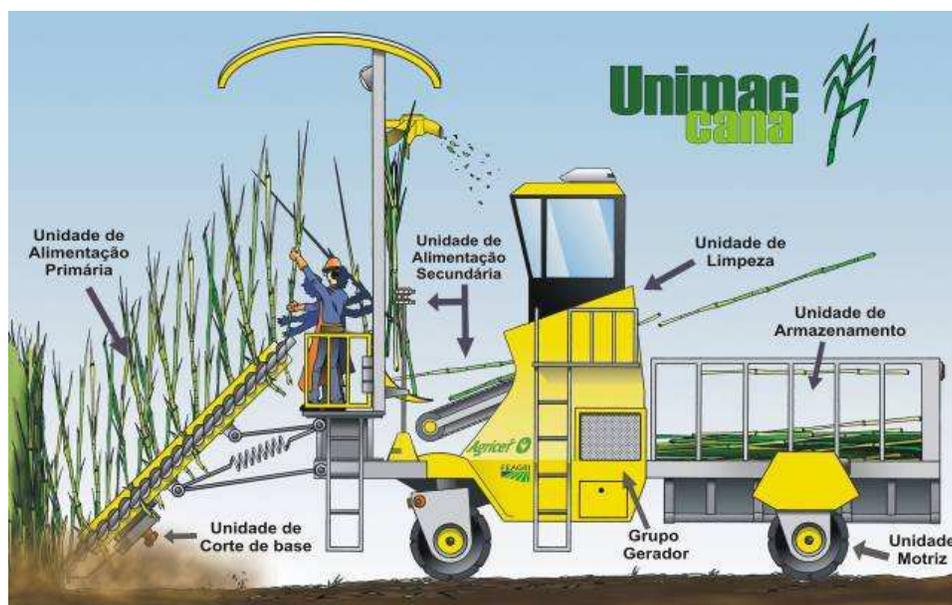


Figura 1 – Ilustração do UNIMAC CANA<sup>1</sup>

O funcionamento do UNIMAC CANA pode ser descrito da seguinte forma: um disco flutuante faz o corte basal da cana que é levada por um transportador rotativo até a célula de trabalho onde o operador cata os colmos e os transfere para o despalhador de rolos. Nesta

<sup>1</sup> Material de divulgação Agricef – Unimac Cana

etapa, é feito o despalhe e o desponte da cana. Na seqüência, o colmo inteiro é lançado até a carreta de descarga vertical de forma ordenada.

Na concepção original o equipamento proposto preservaria parte da mão-de-obra da colheita, utilizando de 8 a 12 pessoas nos postos de operação. Sua produtividade esperada é de 200 toneladas / dia. Ao contrário das colhedoras convencionais, o corte é feito com a cana inteira, e não picada, o que resulta em melhor aproveitamento da biomassa. O projeto prevê que a máquina tenha capacidade de operar em terrenos com declividade de até 50%. Além disso, o custo esperado de aquisição é da ordem de 30% do valor de uma colhedora convencional.

Dadas as peculiaridades inerentes aos postos de trabalho, onde os operadores efetuam a catação e transferência dos colmos de cana-de-açúcar, faz-se necessário que seu projeto leve em conta princípios ergonômicos e de segurança laboral.

É importante salientar que o projeto do equipamento de auxílio a colheita já estava parcialmente elaborado quando ocorreu a intervenção ergonômica para o projeto do posto de trabalho.

Observe-se que o problema apresentado aqui não se configura puramente como um trabalho de Ergonomia de Concepção (IIDA, 2005), já que teve início em um estágio avançado do projeto do equipamento, quando os principais elementos já estavam definidos e, em parte, construídos. Também não se configura estritamente como Ergonomia de Correção, pois havia, ainda, margem de manobra para o dimensionamento favorável do posto de trabalho dos operadores.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Contribuir com o projeto do equipamento UNIMAC CANA a partir da perspectiva da ergonomia e da segurança do trabalho.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- a) Realizar uma análise da atividade futura dos operadores através da construção de cenários e pela busca de situações de referência.
- b) Dimensionar os postos de operação de transferência e ordenamento de colmos segundo parâmetros antropométricos e biomecânicos.
- c) Propor os dispositivos de proteção segundo as normas de segurança aplicáveis.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Colheita da cana-de-açúcar**

A colheita da cana-de-açúcar pode ser dividida em três tipos: manual, mecanizada e com equipamentos de auxílio à colheita.

Para uma maior compreensão sobre a necessidade de mecanização e das preocupações ergonômicas referentes ao trabalho da colheita da cana, é importante conhecer como é feita a colheita manual, que é hoje ainda a principal forma no Brasil.

##### **3.1.1. Colheita Manual**

De um a dois dias antes da colheita manual, na grande maioria dos casos, é realizada a queima do canavial, para diminuir a folhagem, o risco de acidente com animais peçonhentos e desta forma facilitar o corte para uma maior produtividade do trabalho. Após a queima, os trabalhadores fazem o corte dos colmos da cana na altura basal e o corte dos ponteiros, lançando a cana cortada sobre o terreno para a formação das leiras. A queima da palha da cana é realizada para permitir um maior acesso à cultura, pois possibilita um maior rendimento na colheita. Estima-se que este procedimento dobre a quantidade média de cana cortada por um trabalhador que, dependendo das condições, pode chegar a um valor entre 6 e 10 toneladas por dia, além de diminuir os custos na colheita (GONZAGA, 2004). Porém, as queimadas da palha da cana-de-açúcar provocam vários impactos ambientais negativos, destruindo grande parte da matéria orgânica do solo e atirando à atmosfera uma série de gases poluentes responsáveis tanto pelo aquecimento global como pelo aumento de problemas respiratórios da população regional. Os danos ao solo incluem a eliminação de microorganismos úteis, a diminuição progressiva da fertilidade do solo e da produtividade das lavouras, sem mencionar o maior crescimento de ervas daninhas, já que a palha da cana faz com que exista um bloqueio da luz do sol que impede as sementes das ervas daninhas de brotar, fazendo com que os gastos com herbicidas tenham uma redução significativa. A palha da cana também poderia ser usada para a geração de energia nas usinas. De fato, várias usinas já são auto-suficientes graças ao uso do bagaço de cana como fonte de energia.

A atividade do corte manual da cana-de-açúcar tem uma rotina operacional permeada por agentes penosos, como, por exemplo, o turno de trabalho de 8 horas diárias realizado sob radiação solar, poeira e fuligem, sem contar com os problemas posturais, alto nível de esforço e riscos de acidentes (GONZAGA, 2004).



a) Corte da cana queimada

b) Corte da cana crua

Figura 2 – corte manual da cana (GONZAGA, 2004).

Normalmente neste tipo de atividade vemos os trabalhadores ultrapassando seus limites físicos. Caso uma dada tarefa exija que se ultrapassem esses limites, então se necessita da ajuda de uma ferramenta que aumente a capacidade física de realizar o trabalho. É importante que o trabalhador não se desgaste desnecessariamente e nem exceda os seus limites. Uma pesquisa realizada pelo Centro de Referência do Trabalhador estima a necessidade de mais de 10.000 golpes de facão para o corte de 10 toneladas/dia de cana, além de andar mais de nove quilômetros a pé no canavial, fazer mais de 7.000 flexões com as pernas e tronco, levantar e transportar uma enorme quantidade de peso para enleirar a sua produção diária. Não é sem motivo que existem inúmeros casos de mortes por exaustão nesta atividade (RICUPERO, 2009).

### **3.1.2. Colheita Mecanizada**

A mecanização da colheita da cana-de-açúcar não só aumenta o rendimento operacional do procedimento como também reduz seu impacto ambiental, por dispensar, na

maioria dos casos, a queima de resíduos. Entretanto, a colheita mecanizada também apresenta alguns pontos desfavoráveis, como o preço da máquina, inacessível para muitos produtores, cujo investimento total pode chegar a mais de 1,5 milhões de reais. Em função da altura do corte realizado pelas lâminas da colhedora, o comprimento da cana pode ser menor que o obtido manualmente, o que representaria uma perda direta que pode chegar a 10% (BRAUNBECK e OLIVEIRA, 2006). Devido ao espaçamento da cultura, um dos lados da máquina colhedora roda sobre a linha de cultivo, o que aumenta a compactação do solo e leva a uma rebrota menos uniforme e dificuldade no plantio direto. Terrenos com alta declividade e certas variedades de cana também não são favoráveis à colheita mecanizada. Outro fator importante é o ordenamento dos colmos em paralelo, a maioria das colhedoras atuais não possuem dispositivos adequados para o ordenamento dos colmos causando variações de densidade de carga no carregamento subsequente. De um ponto de vista social, a colheita mecanizada pode causar grande desemprego, já que uma colhedora é capaz de substituir, em média, 70 trabalhadores.

A Figura 3 exibe uma típica colhedora de cana crua.



Figura 3 – Colhedora de cana picada.<sup>2</sup>

Em junho de 2007, as empresas afiliadas à Unica (União da Agroindústria Canavieira do Estado de São Paulo) assinaram um protocolo de intenções com o governo do estado de São Paulo, no qual aceitaram eliminar a queima da cana até 2014 para áreas onde a mecanização seja possível. Para áreas de alta declividade e pequenas propriedades, o prazo foi

---

<sup>2</sup> Figura encontrada em (<http://www.interagro.agr.br/>), 07/09/2010.

estendido até 2017. O prazo previsto na Lei 11.241, negociado anteriormente com o setor e aprovado na Assembléia Legislativa, previa o fim das queimadas em 2021.

### 3.1.3. Unidade Mecânica de Auxílio à Colheita

O dispositivo abordado neste trabalho é um conceito alternativo representado por uma mecanização parcial da colheita de cana-de-açúcar denominado UNIMAC CANA (Figura 4). É composto essencialmente por uma frente de corte e alimentação, uma célula de trabalho, uma unidade de limpeza e uma carreta de descarga vertical.

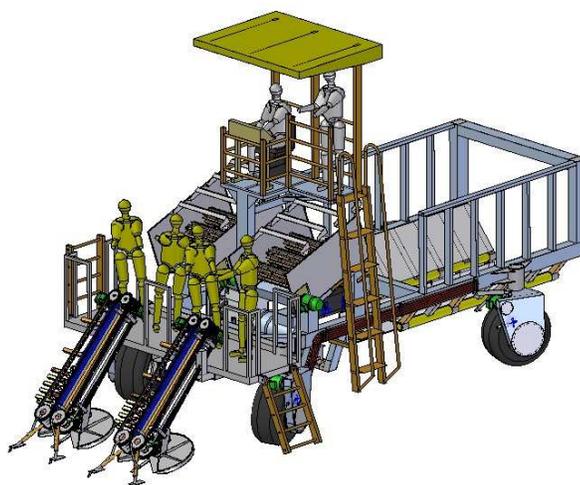


Figura 4 – Auxílio mecânico UNIMAC CANA

A frente de corte e alimentação, com largura de duas ou quatro fileiras, inclui um dispositivo flutuante para o corte basal de cada fileira e um conjunto de transportadores que irão conduzir o material até a célula de trabalho. Tem como funções efetuar o corte de base e o transporte da massa integral de cana sobre um plano inclinado.

A célula de trabalho contará com dois operadores por fileira, os quais, manualmente, apanharão os colmos e os transportarão diretamente até a unidade de limpeza (despalhador).

A unidade de limpeza (Figura 5) irá retirar a palhada e lançar os colmos inteiros em uma carreta de descarga vertical onde os mesmos serão armazenados ordenadamente, na

direção longitudinal de marcha, para manter a densidade de carga requerida pela operação posterior de transporte.



Figura 5 - Unidade de Limpeza [despalhador]1

Essa concepção de lançamento, armazenamento ordenado, descarga vertical e carregamento posterior convencional mostrou-se tecnicamente viável em diversas frentes de colheita.

Em determinados intervalos, o equipamento irá interromper o corte para manobra em retrocesso e descarregamento em montes de aproximadamente três toneladas. A velocidade de deslocamento deverá oscilar entre 0,25 e 0,5 km/h. A unidade será acionada por um motor de combustão interna de aproximadamente 40 CV que servirá de fonte de potência para os circuitos elétricos que acionam os vários dispositivos da máquina.<sup>3</sup>

A seguir estão listados os principais dados funcionais do auxílio mecânico fornecido pela equipe de projeto:

- **Dirigibilidade em terrenos inclinados**

Os equipamentos que operam em terrenos inclinados devem permanecer alinhados com os sulcos de plantio sem escorregamento lateral. A componente de peso da colhedora, atuante no sentido da declividade provoca uma deformação lateral dos pneus (Figura 6), fazendo com que a trajetória do equipamento apresente um deslocamento lateral. Essa deformação é resultado da baixa rigidez da estrutura do pneu, que é desejável do ponto de vista da compactação do solo mas prejudica a estabilidade direcional do veículo.

---

<sup>3</sup> Informação retirada de material de divulgação do Unimac Cana - Agricef

Como os veículos de pneus apresentam essa tendência de deslocamento lateral no sentido da declividade, a todo o momento é necessário realizar correções da trajetória do equipamento por meio da angulação das rodas pelo mecanismo de direção. Os veículos que apresentam sistema direcional apenas no eixo dianteiro sofrem escorregamento do eixo traseiro sem a possibilidade de correção. Este escorregamento resulta em um desalinhamento da colhedora com a fileira de cana, dificultando o processo de alimentação.

Na medida em que o pneu avança sobre o terreno, sucessivos pontos da banda de rodagem entram em contato com o solo. Como cada um desses pontos está localizado abaixo da cota do ponto anterior o equipamento desce em consequência ao seu avanço. Essa deficiência pode ser corrigida utilizando dois eixos direcionais já que dessa forma é possível corrigir independentemente as posições da frente e da traseira da colhedora, sem modificar significativamente sua posição em relação à fileira de plantio.

O uso de esteiras no lugar de pneus evita o fenômeno previamente descrito. No entanto, o controle direcional das esteiras exige uma alteração da angulação do eixo longitudinal do veículo o que resulta em alguma perda de alinhamento da colhedora com as fileiras de plantio.

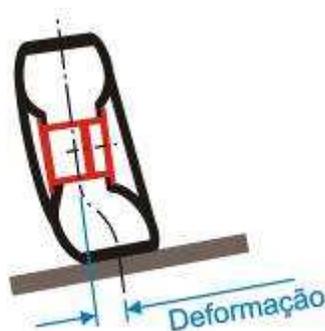


Figura 6 – Deformação lateral do pneu provocada pelo peso do equipamento (BRAUNBECK E MAGALHÃES, 2009).

O UNIMAC CANA utiliza quatro rodas direcionais o que lhe permite corrigir continuamente a direção de movimento tanto no eixo traseiro quanto no dianteiro. Paralelamente, a baixa velocidade de deslocamento do equipamento, inferior a  $0,5 \text{ km.h}^{-1}$ , facilitará a correção da trajetória pelo operador, sem atingir desalinhamentos com as linhas de plantio que prejudiquem a alimentação do equipamento.

- **Estabilidade do equipamento ao tombamento lateral ou longitudinal**

A estabilidade ao tombamento juntamente com as deficiências de dirigibilidade limitam a utilização das colhedoras de uma linha a terrenos com declividades não superiores a 12%. Embora a inclinação teórica de tombamento lateral seja da ordem de 46% (Figura 7), efeitos dinâmicos resultantes das irregularidades do terreno e da elasticidade dos pneus reduzem esse limite de inclinação ao referido valor de 12%. Esta condição é a principal responsável pelas áreas canavieiras consideradas não aptas para a colheita mecanizada. A região de Piracicaba tem sua agroindústria sucroalcooleira ameaçada pela impossibilidade de colher os canaviais, sem queima prévia, com as colhedoras existentes.

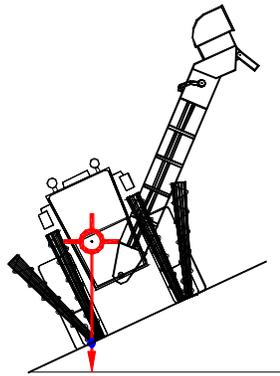


Figura 7 – Condição limite de estabilidade ao tombamento lateral (BRAUNBECK E MAGALHÃES, 2009).

No caso do UNIMAC CANA a inclinação teórica de tombamento do equipamento é da ordem de 100 % em função da grande largura e da altura reduzida de seu centro de gravidade. No entanto, a inclinação máxima permitida não é determinada pela estabilidade lateral ao tombamento e sim pelo deslizamento estático dos pneus sobre o solo. Essa condição corresponde a uma inclinação de terreno da ordem de 50%. Deve-se lembrar que a baixa velocidade de deslocamento do equipamento, entre 0,25 e 0,5 km/h, representa um fator dinâmico muito favorável em função das menores oscilações laterais provocadas pelas irregularidades do terreno e da elasticidade dos pneus.

- **Separação das fileiras de cana**

Nos canaviais com colmos total ou parcialmente deitados (Figura 8), as colhedoras que cortam apenas uma linha precisam, a cada passada, efetuar o corte dos colmos num plano vertical “PC”. Essa condição faz com que fragmentos de colmos sejam liberados sobre a superfície do solo para serem levantados pela colhedora, obrigando o ajuste da altura do cortador de base em nível de subsuperfície, com conseqüências negativas para a demanda de potência, desgaste de facas e contaminação da matéria-prima com impurezas minerais. Para o UNIMAC CANA, 4 fileiras serão cortadas na base e elevadas simultaneamente até a célula de trabalho sem tombamento dos colmos, e com apenas 20% da quantidade de fragmentos gerados pelo plano “PC” das colhedoras que cortam apenas uma linha.

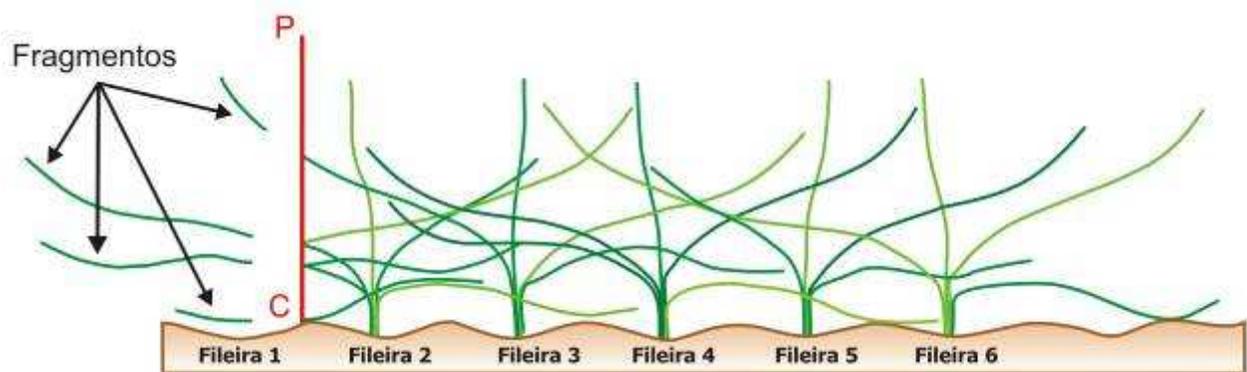


Figura 8 – Plano vertical de corte “PC” que separa duas passadas sucessivas na colheita mecânica (BRAUNBECK E MAGALHÃES, 2009).

- **Corte de ponteiros**

Os dispositivos utilizados nas colhedoras para conduzir o extremo superior dos colmos até o mecanismo cortador não têm desempenho eficiente, principalmente nos canaviais de 18 meses onde a incidência de colmos deitados é maior. No UNIMAC CANA os ponteiros serão cortados pelos operadores que apontarão individualmente cada colmo a um disco que corta e recebe o ponteiro para efetuar seu enfardamento junto com as folhas.

- **Corte de base**

O corte de base é efetuado pelo princípio de corte inercial. As facas atingem o solo com velocidade de 20-22 m/s pelo que rapidamente perdem o gume. O contato das facas com o solo deve ser evitado para conservar um corte eficiente e desta forma reduzir as perdas, o teor de terra da matéria-prima e os danos às soqueiras, visando aumentar sua longevidade.

No UNIMAC CANA, um dispositivo centralizado na linha de cana, efetua o corte da base dos colmos o que permite que o formato elíptico da trajetória da ponta da faca acompanhe aproximadamente a forma da depressão do terreno próxima da soqueira. No caso de terreno nivelado, o ponto mais baixo da trajetória da faca tangencia a superfície do terreno, minimizando o corte e movimentação de solo.

- **Alimentação**

O processo de alimentação das colhedoras de cana picada impõe aos colmos uma forte flexão que provoca danos à soqueira. Partindo da sua posição vertical no campo até a posição de alimentação do picador, os colmos sofrem um giro de aproximadamente 135 graus. No UNIMAC CANA, os colmos serão cortados na base e afastados do solo mantendo sua posição original, vertical ou inclinado, que reduzirá a contaminação dos colmos com terra, o abalo da soqueira e as perdas de cana.

- **Despalhamento**

Na colheita mecânica sem queima prévia, existe uma relação antagônica entre a operação de limpeza e as perdas de colheita. Canas colhidas com teor de impurezas vegetais inferior a 6 % freqüentemente provocam perdas no sistema de limpeza próximas a 10%. Parte dessas perdas origina-se no corte de base e na alimentação da colhedora. No UNIMAC CANA as folhas serão retiradas dos colmos inteiros, resultando dois componentes, colmos e folhas, com propriedades aerodinâmicas muito diferentes, facilitando sua separação. Esta separação acontece espontaneamente durante o processo de lançamento dos colmos, na saída do

despalhador, já que a pouca massa das folhas não lhes permite acumular energia cinética suficiente para acompanhar os colmos na trajetória até a carreta de descarga vertical.

- **Transporte dos colmos**

A massa resultante na colheita da cana-de-açúcar é elevada, o que obriga a transferi-la da colhedora para um veículo que trafega em paralelo ou descarregá-la ao solo. O conceito de colheita mecanizada de cana picada surgiu visando o manuseio a granel que permite transferir o material a um transporte que acompanha a colhedora. Esse conceito permitiu eliminar a operação de carregamento e seu correspondente custo. No entanto, com a evolução do sistema, verificou-se a necessidade de retirar os veículos de estrada do canavial e introduzir a operação de transbordo que, em termos econômicos, eliminou a vantagem original da ausência do carregamento.

Para o UNIMAC CANA, a transição entre a colheita e o transporte será feita com descarga ao solo, em montes de aproximadamente 3 toneladas. A caçamba de descarga vertical efetua a descarga em poucos segundos, pela abertura de uma porta em seu fundo o que permite a descida lenta da carga de forma a manter o ordenamento paralelo dos colmos e, com isso, manter a densidade de carga no carregamento subsequente.

- **Transporte do palhiço**

Na tecnologia atual de colheita da cana-de-açúcar, o palhiço não faz parte do processo como um produto a ser preservado. Novas propostas de colheita integral da cana devem incluir a transferência da palha para o transporte sob condições satisfatórias de densidade de carga e contaminação. A proposta de colheita com UNIMAC CANA inclui a compactação do palhiço de forma a liberá-lo ao solo já compactado, eliminando assim as operações posteriores de aleiramento e enfardamento e, principalmente, eliminar a contaminação com impurezas minerais que sofre durante essas operações.

- **Investimento e custo da operação**

O investimento elevado, da ordem de R\$ 850.000, e a capacidade operacional elevada, da ordem de 90.000 toneladas de cana por ano, tornam a colheita de cana picada inadequada para um número significativo de agricultores. O UNIMAC CANA requer um investimento da ordem de 30 % do valor acima descrito. Após algumas simulações, verificou-se que os custos estimados para colheita com o equipamento proposto são compatíveis com os praticados nas operações de colheita comercial.

### **3.2. Metodologia Projetual**

A metodologia projetual tem um papel de grande importância em qualquer atividade de desenvolvimento de projeto. Seu principal papel é apontar formas de se alcançar os objetivos de uma maneira organizada e com isso facilitar a tomada de decisões sobre determinados pontos do projeto.

“Estudar Metodologia do Projeto significa compreender de que forma as idéias sobre as necessidades são transformadas em idéias sobre coisas ou processos; e de que forma as idéias sobre coisas ou processos são convertidas em prescrições de engenharia para transformar recursos adequados em objetos ou processos úteis.” (ASIMOW, 1968)

Alguns métodos clássicos, como o proposto por Asimow, foram incorporados e aperfeiçoados por vários outros autores que tiveram um papel muito importante na metodologia do projeto. O processo metodológico proposto por ASIMOW (1968) pode ser visto nas Figuras 9, 10 e 11.

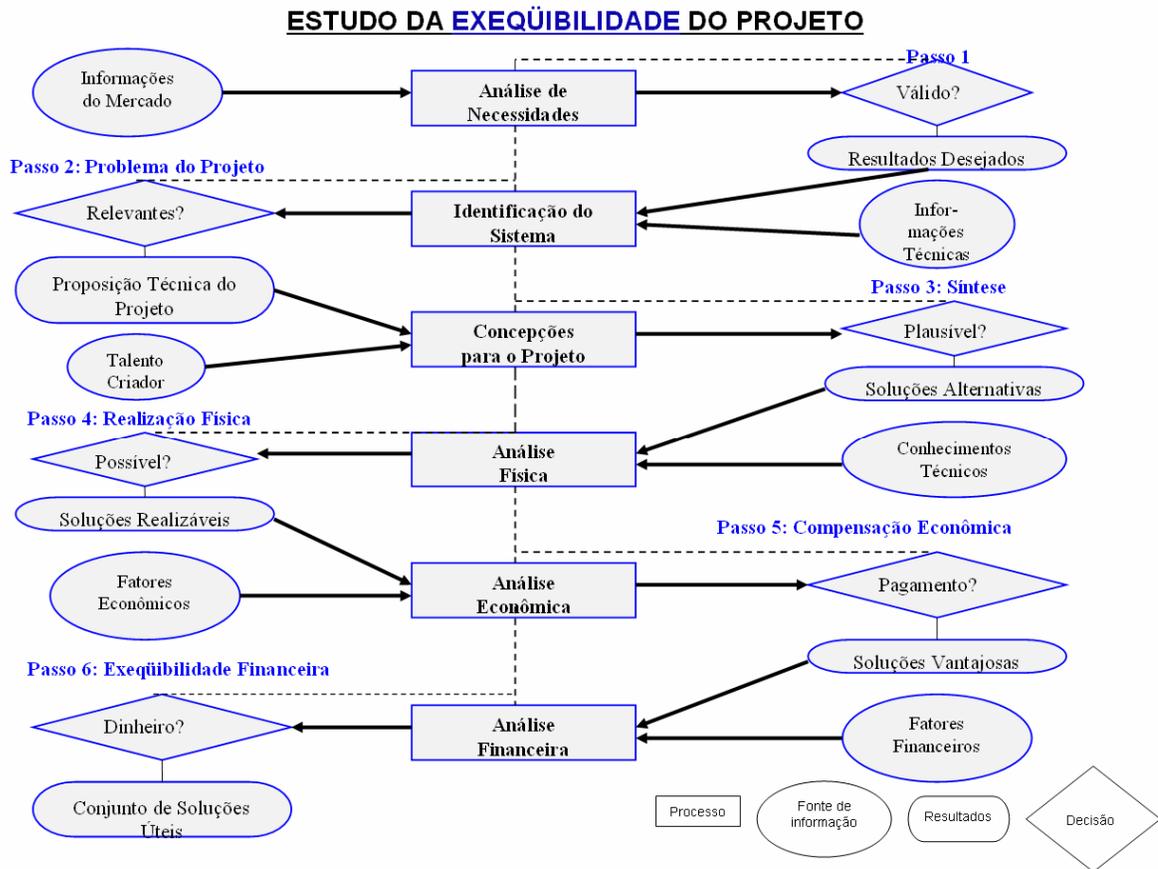


Figura 9 – Estudo da Exequibilidade do Projeto (ABRAHÃO, 2009)

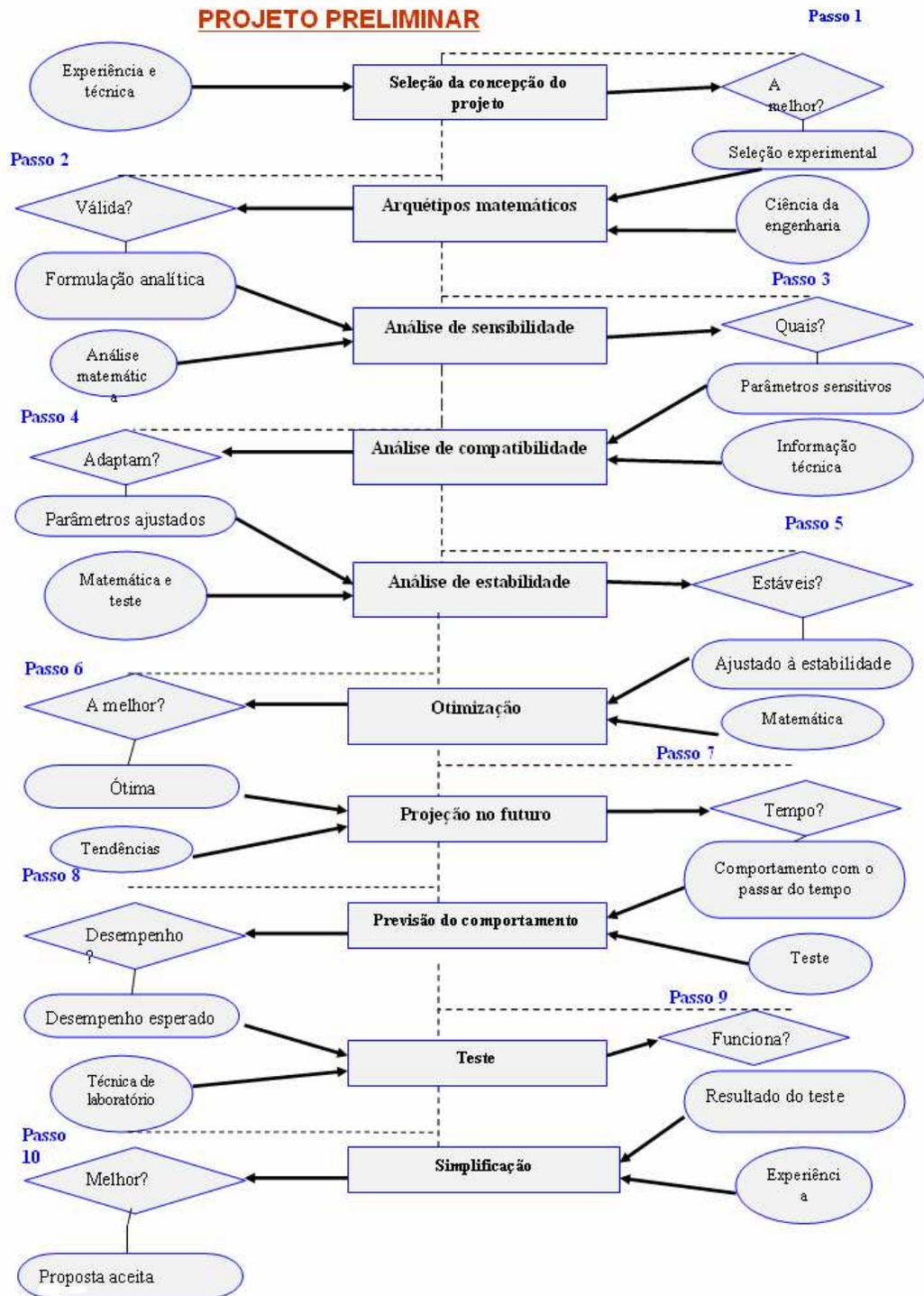


Figura 10 - Projeto Preliminar (ABRAHÃO, 2009)

## PROJETO DETALHADO

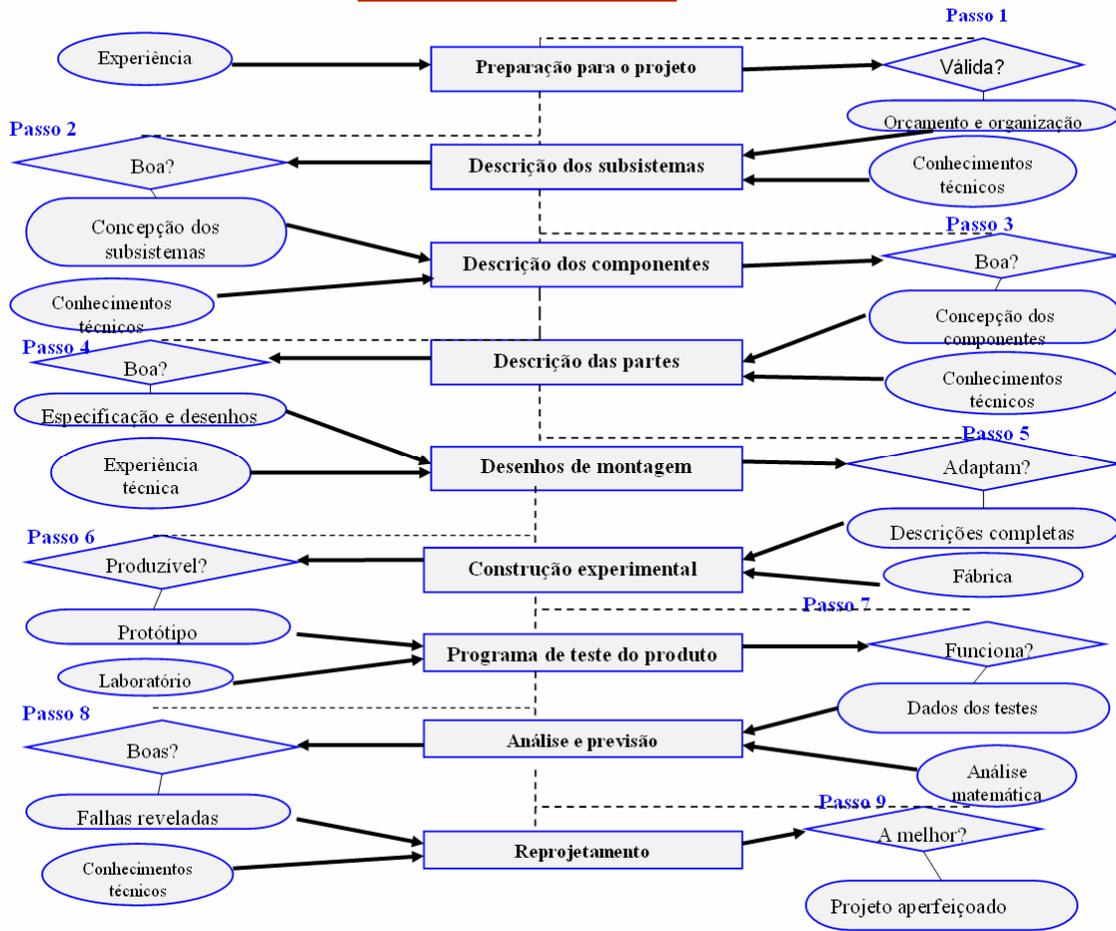


Figura 11 - Projeto Detalhado (ABRAHÃO, 2009)

A metodologia apresentada por Asimow tem como características principais uma abordagem mais ampla do processo projetual em relação a outras metodologias anteriores, bem como um aspecto cíclico que aparece como uma constante durante o processo. Etapas como avaliação e revisão repetem-se ao longo do projeto, chamando a atenção para o fato de que o processo projetual não é estático ou linear, apresentando menores ou maiores peculiaridades em função de características próprias do produto a ser concebido e do público ao qual é destinado.

CLARK e CORLETT (1984) propõem uma metodologia projetual baseada no método clássico, que busca integrar ao projeto do equipamento as questões relativas à ergonomia e segurança, a partir da utilização de dados antropométricos e biomecânicos e da análise das

demandas da tarefa, em termos físicos e cognitivos. A Figura 12 ilustra a metodologia seguida por este trabalho:

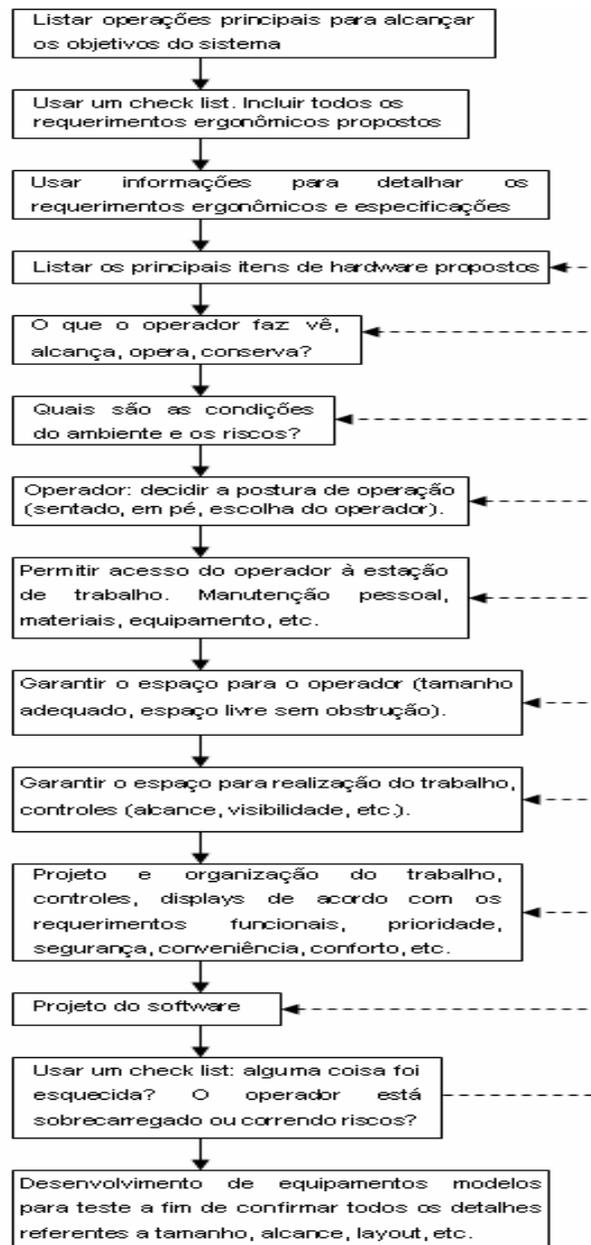


Figura 12 - Metodologia projetual (CLARK e CORLETT, 1984).

Uma outra forma de compreender a metodologia de Clark e Corlett pode ser observada através da descrição dos principais elementos envolvidos nos diversos aspectos de um projeto:

- Aspectos relacionados à segurança:

Os aspectos gerais de segurança referem-se aos ajustes apropriados e padrões. Remover os riscos na origem, se possível, ou providenciar barreiras/proteção, ou providenciar proteção pessoal. Separar e/ou proteger de riscos mecânicos, elétricos e químicos. Separar e/ou proteger de riscos de alta temperatura, ruído, vibração e outros riscos do ambiente. Minimizar estresse físico, mental e fadiga.

A segurança no espaço físico de trabalho, consiste em projetar a posição de trabalho e a tarefa para evitar esforço e dano ao corpo, especialmente para as costas. Os componentes e materiais devem ser manuseados com segurança, manualmente ou mecanicamente. Determinar os riscos quando o operador deve alcançar objetos que estão fora do alcance. Aberturas devem ser pequenas o suficiente para prevenir riscos. Providenciar espaço para acesso e saída de emergência. Minimizar a obstrução para ação física e visão.

No que diz respeito aos projetos de controle é importante escolher e projetar controles para segurança e eficiência da operação, considerando os requerimentos de força, velocidade e exatidão. Projeto para evitar operações acidentais. Determinar controles para que a operação seja segura, eficaz e confortável considerando as prioridades, frequência e duração da operação, velocidade, exatidão e seqüência. Determinar os controles de emergência apropriadamente. Os controles devem mover-se em uma direção que seja compatível com o *display* ou o movimento do sistema.

Quanto ao desenvolvimento do *display*, deve-se escolher, desenvolver e determinar *displays* para segurança e eficiência da operação considerando requerimentos operacionais, tipo de informação apresentada e o que deve ser feito com a informação. Providenciar avisos claros, modelos, instruções e manuais.

- Aspectos relacionados à operação:

Tamanho do corpo: o tamanho da estação de trabalho e o alcance dos controles devem ser adequados ao tamanho do corpo do usuário. Considerar variações como sexo, etnia e experiência.

Postura: evitar fadiga/posturas fatigantes exceto para funções de curta duração ou não frequentes. Providenciar suportes (sentar, manusear, descanso para os braços, corrimão e descanso para os pés).

Movimento: projetar o equipamento para manuseio eficiente. Evitar trabalho muscular estático. Balancear os grupos musculares.

Força: considerar as variações em função do gênero, idade e compleição física. Escolher membro do corpo ou grupo muscular apropriado para a tarefa. Considerar esforço máximo versus esforço contínuo. Considerar localização, extensão, direção, distância, frequência e duração dos esforços. Usar assistência elétrica/mecânica quando apropriado.

Capacidade de trabalho: permitir pausas para descanso ou mudança de tarefa. O ritmo de trabalho determinado pela máquina deve ser evitado. Levar em conta os aspectos ambientais, como temperatura, ruído, iluminação e vibração.

Visibilidade: permitir uma postura confortável para visualização. Evitar obstruções visuais: posição dos olhos do usuário. Objetos de tamanho adequado versus distância da visualização. Levar em conta defeitos visuais, defeitos de cor.

Iluminação: providenciar iluminação adequada para a tarefa. Providenciar contraste adequado entre o objeto e o fundo: luz, cor, tamanho, formato. Evitar ofuscação pela posição e projeto da iluminação, superfície de trabalho e materiais. As cores devem ser apropriadas para as tarefas, segurança e estética.

Escolha e projeto dos controles: selecionar e projetar controles de acordo com os requerimentos funcionais.

*Layout* dos controles: organizar o trabalho e os controles de acordo com a prioridade, requerimentos funcionais e conforto, considerando a importância da segurança, frequência, duração, força, velocidade, exatidão, sequência e compatibilidade entre os controles e os *displays*.

*Displays* visuais, informação e software: selecionar e projetar de acordo com os requerimentos funcionais e padrões.

*Layout* dos *displays*: organizar de acordo com os requerimentos funcionais por prioridade, conveniência, conforto, importância, frequência e sequência.

Informações: evitar ultrapassar a capacidade de receber e processar as informações. Minimizar os períodos de atenção concentrada, levar em conta a menor capacidade de memorização dos operadores mais velhos.

- Aspectos relacionados à dimensão do posto de trabalho:

Espaço de trabalho: escolher posição de trabalho (sentado, em pé ou escolha do operador). Levar em conta as dimensões dos usuários para a acomodação na estação de trabalho, alcançar os objetos e controles, visualizar o trabalho e os *displays*. Permitir visualização confortável relacionada a postura, ângulos e distâncias.

Acesso: espaços/corredores/escadas para a estação de trabalho, para manutenção e como saída de emergência.

Equipamento: equipamentos portáteis, ferramentas e equipamentos de proteção devem ser apropriados para os usuários, tarefas e espaço. Controles, *displays* e assentos. devem ser de tamanhos apropriados.

Componentes: peso e tamanho convenientes para manuseio na instalação, operação ou manutenção. Construção modular onde possível. Manuseio mecânico onde apropriado. Os objetos devem ser de tamanho apropriado para serem visualizados nas piores condições.

- Aspectos relacionados à manutenção:

Acesso: providenciar acesso a todas as partes para manutenção. Permitir prioridade de acesso de acordo com a probabilidade e consequência de falhas. Providenciar aviso de falhas. Considerar o local onde se deve fazer a reparação.

Espaço: providenciar espaço para tarefas de manutenção. Providenciar acesso ao ponto que deve ser reparado.

Postura: a postura do trabalho deve ser apropriada à natureza e duração da tarefa. Evitar interferência com outros operadores.

Levantamento e manuseio: os componentes devem ter tamanho e peso adequados para manuseio manual. Providenciar mecanismos de levantamento se necessário.

Instruções e manuais: providenciar instruções, modelos e manuais para a segurança e manutenção.

Ambiente físico: levar em conta condições do ambiente e segurança (providenciar proteção).

Dadas as características deste trabalho a metodologia proposta por Clark e Corlett mostra-se adequada e aplicável.

### **3.3. Antropometria e Biomecânica**

#### **3.3.1. Dimensionamento do Espaço de Trabalho**

“Qualquer produto que tenha sido dimensionado sem considerar as características morfológicas da população usuária, provoca ações inseguras no seu uso, na sua manipulação e operação, o que favorece acidentes, muitos deles fatais. O dimensionamento incorreto pode provocar, também, a médio prazo, danos fisiológicos, alguns irreversíveis”. (INT, 1998).

Medidas antropométricas constituem, sem dúvida, os dados básicos essenciais para a concepção ergonômica dos produtos fabricados em larga escala. Também no dimensionamento do posto de trabalho a antropometria permite acomodar o maior número possível de operadores com características morfológicas distintas.

Basicamente, distinguem-se dois tipos de medidas antropométricas que influenciam diretamente o projeto: medidas estruturais (também denominadas estáticas) e funcionais (também denominadas dinâmicas).

As medidas estruturais são aquelas obtidas com o corpo em posições padronizadas. A maior parte dos levantamentos antropométricos realizados apresentam valores de medidas estruturais, pois estas são mais precisamente obtidas. O uso destas medidas, entretanto, deve restringir-se ao projeto de equipamentos que demandem poucos movimentos corporais para operá-los.

Medidas funcionais se referem às medidas obtidas com o corpo do sujeito nas diversas posturas de trabalho. Estas posturas resultam dos movimentos necessários para a execução de tarefas específicas, conforme ilustra a Figura 13.

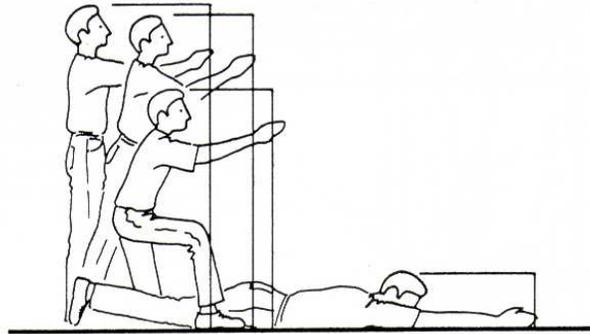


Figura 13 - Envoltórios de alcance em diversas posições (EASTMAN KODAK COMPANY, 1983).

Medidas funcionais, por serem caracteristicamente tridimensionais, consomem maior tempo e são de mais difícil obtenção, não existindo portanto, muitos dados disponíveis.

Em geral, as medidas funcionais para projetos de equipamentos se referem mais à performance corporal na realização de uma determinada tarefa, do que à própria adequação das medidas corporais para tal procedimento.

O software ERGOKIT desenvolvido pelo INT (1998), é exemplo de uma ferramenta desenvolvida com o objetivo de otimizar a utilização dos dados obtidos nas pesquisas, bem como orientar sua correta aplicação por arquitetos, engenheiros, desenhistas industriais, ergonomistas e outros profissionais que atuam nas áreas de avaliação de situações de trabalho e projeto de produto. Os dados antropométricos foram obtidos com base na população brasileira masculina e feminina em quatro amostragens: PEA, TELERJ, SERPRO, EXÉRCITO.

A amostra relativa ao PEA (População Economicamente Ativa) foi de 3100 indivíduos, com idades entre 18 e 65 anos, operários de 26 empresas pertencentes aos setores industriais de alimentos e bebidas, editorial e gráfico, elétrico e de comunicações, farmacêutico, mecânico, metalúrgico, minerais não metálicos, plásticos, químico, têxtil, transporte, e vestuário. A amostra feita no SERPRO avaliou o perfil antropométrico da população de digitadores. A amostra contou com as medidas de 203 homens e 202 mulheres, com idades entre 18 a 54 anos. Também foram retirados dados antropométricos de 64 telefonistas do Setor de Auxílio à Lista da TELERJ e 1080 da população militar do Exército.

O projeto de engenharia que utiliza dados antropométricos é elaborado a partir dos seguintes critérios: projeto para indivíduos extremos, por faixa de valores e para indivíduos médios (IIDA, 2005). No caso do projeto em questão, a melhor solução é adotar medidas específicas para cada parte do projeto. Nas situações que envolvam acomodação do corpo ou desempenho corporais no espaço, deve-se considerar as dimensões dos maiores usuários. Nas situações que envolvam alcance, deve-se considerar as dimensões antropométricas dos menores usuários do sistema.

Existem referências que ajudam na definição das medidas a serem tomadas para cada situação, como no caso das alturas e distâncias que cada dispositivo deverá ter com relação ao operador para que este não tenha que se expor a condições perigosas ou desconfortáveis.

Para o melhor projeto de postos de trabalho em pé, a escolha da altura de manipulação é de fundamental importância. Se a área de trabalho é muito alta, frequentemente os ombros são erguidos para compensar, o que leva a contrações musculares dolorosas, principalmente na região das omoplatas, nuca e costas. Se a área de trabalho é muito baixa, as costas são sobrecarregadas pelo excesso de curvatura do tronco, o que dá frequentemente margem a queixas de dores nas costas. Por isso, a altura que operador deverá trabalhar deve estar de acordo com as medidas antropométricas tanto para o trabalho de pé como para o trabalho sentado. (GRANDJEAN, 1998)

Em trabalhos predominantemente manuais, onde os operadores permanecem em pé, GRANDJEAN (1998) recomenda que a manipulação ocorra de 50 a 100 mm abaixo da altura dos cotovelos.

Se o trabalho em pé engloba a utilização de uma força significativa e necessita da ajuda do peso do tronco, alturas mais baixas são mais adequadas e podem-se situar entre os 100 e os 400 mm abaixo da altura do cotovelo.

As alturas recomendadas para o trabalho em pé estão ilustrados na figura 14. As medidas recomendadas nesta figura só têm o valor de medidas de orientação geral, já que se baseiam nos valores médios antropométricos e não levam em consideração desvios individuais. (GRANDJEAN, 1998)

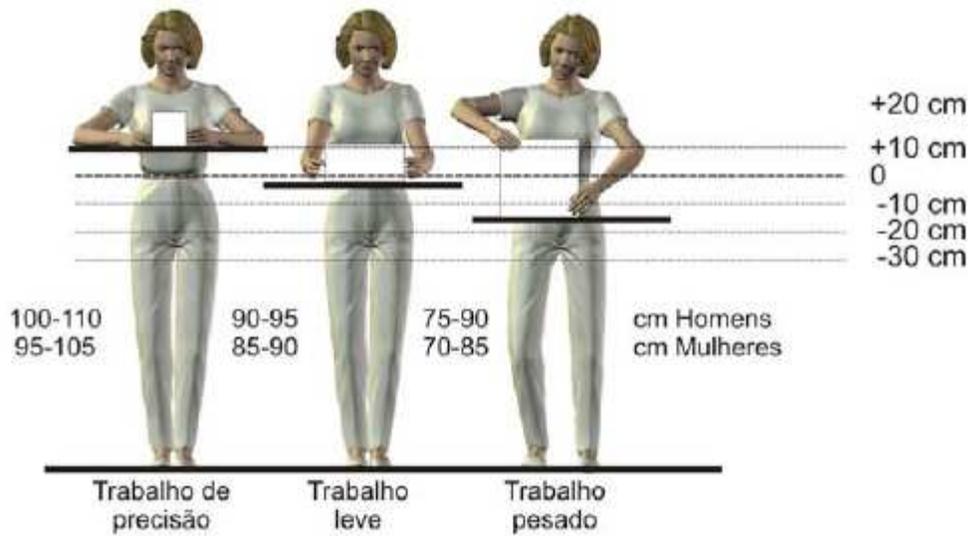
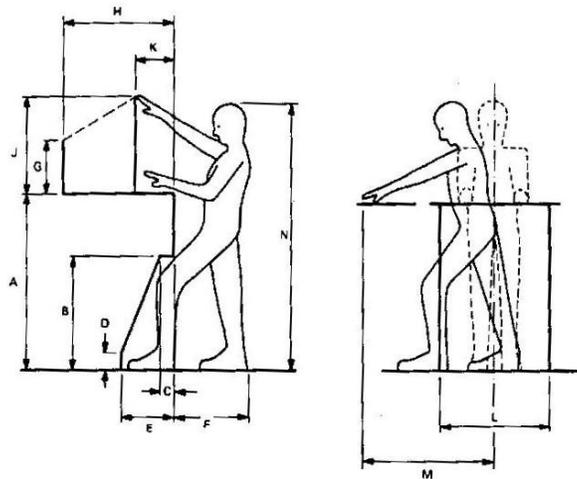


Figura 14 – Limites entre os quais deve variar a altura do plano de trabalho em função da altura do cotovelo e do tipo de trabalho a ser realizado. (GRANDJEAN, 1998)

Outra forma de determinar a altura mais adequada dos postos de trabalho em pé é fazê-lo de acordo com a figura 15. As medidas apresentadas na Figura 15 foram obtidas a partir das medidas antropométricas da população dos Estados Unidos, para ambos os sexos, lembrando que para este trabalho será utilizada a base antropométrica nacional do INT.



Code	Dimension	%ile men (in mm)			%ile women (in mm)			Comments
		5	50	95	5	50	95	
A	Work surface height (elbow)	970	1070	1190	905	995	1065	Minimum required clearance
B	Knee clearance height			560				
C	Knee clearance depth			125				
D	Toe clearance height			100				
E	Toe clearance depth			250				
F	Back clearance			915				
G	Max. reach access height	380			380			
H	Max. reach access distance	915			890			
J	Upright reach access height	685			635			
K	Upright reach access distance	455			405			
L	Crouch space for side pick-up			1145				
M	Extent of max. side reach*	1145						
N	Standing workers height	1600	1730	1880	1505	1605	1695	

\*For a twisted trunk, M will be less than stated.

Figura 15 - Dimensões necessárias para um trabalho em pé (CLARK e CORLETT, 1984).

Com relação ao projeto em questão, os operadores da máquina deverão ter espaço suficiente para se deslocar dentro do posto de trabalho sem que isso possa gerar complicações a outros operadores, além de ser imprescindível que exista uma rota de fuga em caso de emergência.

Considerando a circulação de pessoas, na figura 16 encontram-se recomendações quanto aos espaços de circulação e de diferentes zonas limite, segundo HAYASHI (2007).

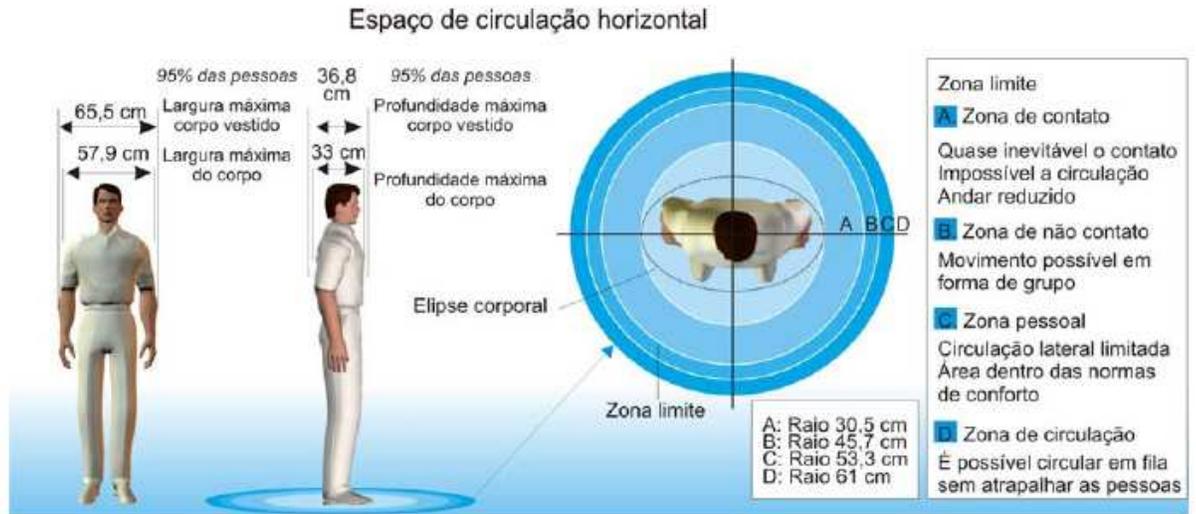


Figura 16 – Estudo de Hayashi sobre espaço de circulação horizontal (HAYASHI, 2007).

As figuras 17 e 18 exibem a área de alcance para trabalho em pé com a utilização de, respectivamente, um membro superior e ambos.

Para alcances feitos com um membro superior, não devem ser ultrapassados os 46 cm tendo como limite, 46 cm à direita ou à esquerda, em função do membro que seja utilizado. No entanto, em situações esporádicas, pode haver alcances superiores (deve-se apesar disso considerar como aceitáveis alcances até 55 cm).

Para tarefas onde as duas mãos são usadas, os alcances devem ser feitos até aos 36 cm, e neste caso atingindo um desvio máximo em relação ao centro do corpo de 30 cm. Os alcances máximos nesta situação deverão ser de 50 cm. Estes dados são baseados na população dos E.U.A de ambos os sexos.

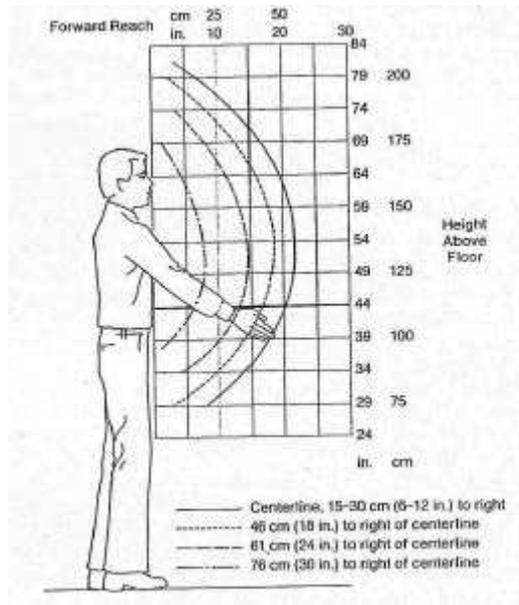


Figura 17 - Áreas de alcance na posição de pé com uma mão (EASTMAN KODAK COMPANY, 1981).

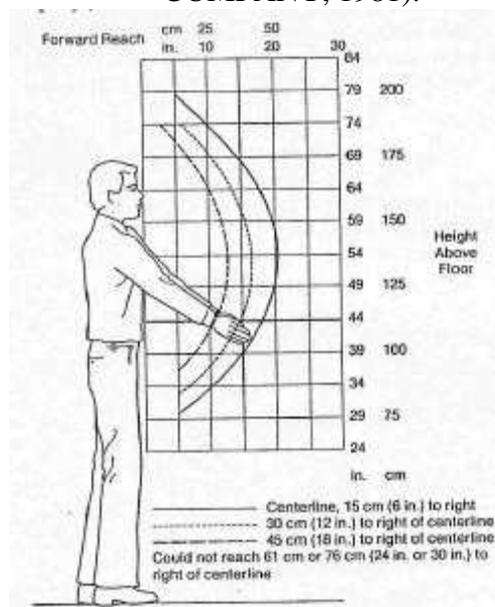


Figura 18 - Áreas de alcance na posição de pé com duas mãos (EASTMAN KODAK COMPANY, 1981).

A área de prensão corresponde à distância ombro-mão preênsil. O espaço de trabalho corresponde à distância cotovelo-mão preênsil, no espaço entre eles devem estar ordenadas todas as ferramentas, materiais de trabalho, controles e recipientes de materiais.

A figura 19 apresenta no plano horizontal as áreas de alcance em superfícies de trabalho.

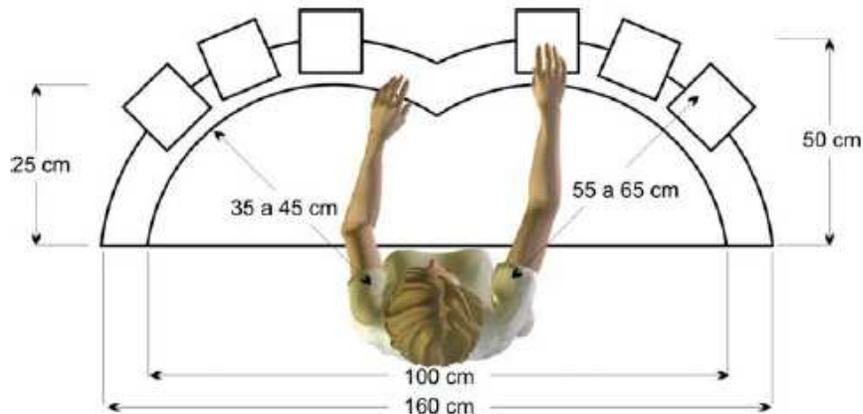


Figura 19 - Espaço de trabalho e de prensão horizontal (GRANDJEAN, 1998).

### 3.3.2. Postura de Trabalho

A postura mais adequada ao trabalhador é aquela que ele escolhe livremente e que pode ser variada ao longo do tempo. A concepção dos postos de trabalho ou da tarefa deve favorecer a variação postural, principalmente a alternância entre as posturas sentada e em pé.

O tempo de manutenção de uma postura deve ser o mais breve possível, pois seus efeitos nocivos ou não, serão função do tempo durante o qual ela será mantida. Segundo MAIRIAUX (1992) “a apreciação do tempo de manutenção de uma postura deve levar em conta, por um lado, o tempo unitário de manutenção (sem possibilidades de modificações posturais) e, por outro, o tempo total de manutenção registrado durante a jornada de trabalho”.

Todo esforço de manutenção postural leva a uma tensão muscular estática (isométrica) que pode ser nociva à saúde. Os efeitos fisiológicos dos esforços estáticos estão ligados à compressão dos vasos sanguíneos. O sangue deixa de fluir e o músculo não recebe oxigênio nem nutrientes, os resíduos metabólicos não são retirados, acumulando-se e provocando dor e fadiga muscular. Manutenções estáticas prolongadas podem também induzir ao desgaste das articulações, discos intervertebrais e tendões.

A postura de trabalho adotada depende da atividade desenvolvida, das exigências da tarefa (visuais, emprego de forças e precisão dos movimentos), dos espaços de trabalho, da interação do trabalhador com máquinas e equipamentos de trabalho. As amplitudes de

movimentos dos segmentos corporais, como os braços e a cabeça, assim como as exigências da tarefa em termos visuais, de peso ou esforços, influenciam na posição do tronco e no esforço postural, tanto no trabalho sentado como no trabalho em pé.

A seguir são apresentados alguns exemplos da influência sobre a postura sentada ou em pé, devido aos movimentos dos segmentos corporais.

Estudos de NACHEMSON E ELFSTROM (1970) demonstraram que inclinações do tronco para frente ou torções do tronco devido às exigências da tarefa (visuais ou de movimentos) levam a um aumento de mais de 30% na pressão sobre o disco intervertebral.

Segundo estudos de ANDERSSON et al. (1974) quando motoristas mudam de marcha, são observadas pressões intradiscais mais elevadas, devido aos movimentos dos joelhos e da perna quando do uso da embreagem, tendo como consequência uma flexão lombar e, ainda, uma flexão adicional do tronco com o movimento do braço.

Outros estudos (OLIVER e MIDDLEDITH, 1998, *apud* SCHULDT et al., 1986) demonstram que existe um aumento dos níveis de atividade da coluna torácica superior e dos extensores da coluna vertebral como resultado, por exemplo, da abdução do braço, quando se trabalha sobre uma mesa muito alta.

A escolha da postura em pé, muitas vezes, tem sido justificada por considerar que, nesta posição, as curvaturas da coluna estão em alinhamento correto e que, desta forma, as pressões sobre os discos intervertebrais são menores que na posição sentada. Segundo vários autores (OLIVER e MIDDLEDITH, 1998, *apud* ADAMS e HUTTON, 1980) “os músculos que sustentam o tronco contra a força gravitacional, embora vigorosos, não são muito adequados para manter a postura em pé. Eles são mais eficazes na produção dos movimentos necessários às principais mudanças de postura. Por mais econômica que possa ser em termos de energia muscular, a posição em pé ideal não é usualmente mantida por longos períodos, pois as pessoas tendem a utilizar alternadamente a perna direita e esquerda como apoio, para provavelmente facilitar a circulação sangüínea ou reduzir as compressões sobre as articulações”. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001).

A manutenção da postura em pé imóvel tem ainda as seguintes desvantagens:

- tendência à acumulação do sangue nas pernas, o que predispõe ao aparecimento de insuficiência valvular venosa nos membros inferiores, resultando em varizes e sensação de peso nas pernas;
- sensações dolorosas nas superfícies de contato articulares que suportam o peso do corpo (pés, joelhos, quadris);
- a tensão muscular permanentemente desenvolvida para manter o equilíbrio dificulta a execução de tarefas de precisão;
- a penosidade da posição em pé pode ser reforçada se o trabalhador tiver ainda que manter posturas inadequadas dos braços (acima do ombro, por exemplo), inclinação ou torção de tronco;
- a tensão muscular desenvolvida para manutenção do equilíbrio traz mais dificuldades para a execução de trabalhos de precisão.

A escolha da postura em pé só está justificada nas seguintes condições:

- a tarefa exige deslocamentos contínuos como no caso de carteiros e pessoas que fazem rondas;
- a tarefa exige manipulação de cargas com peso igual ou superior a 4,5 kg;
- a tarefa exige alcances amplos freqüentes, para cima, para frente ou para baixo;
- a tarefa exige operações freqüentes em vários locais de trabalho, fisicamente separados;
- a tarefa exige a aplicação de forças para baixo, como em empacotamento.

O conforto do trabalho sentado ou do trabalho em pé é função:

- **do tempo de manutenção** da postura;
- **da adaptação às exigências visuais:** a localização das fontes de informações visuais vai determinar o posicionamento da cabeça que pode, por sua vez, influenciar a postura do tronco, levando o trabalhador a adotar posturas inadequadas prolongadas ou repetitivas da nuca em flexão, extensão e torção extrema ou de inclinação/torção do tronco;

- **dos espaços para pernas e pés:** a falta de espaço suficiente para pernas e pés induz o trabalhador a adotar posturas tais como: inclinação e torção do tronco, pernas muito flexionadas, aumento do braço de alavanca;
- **da altura do plano de trabalho:** a altura do plano de trabalho é um elemento importante para o conforto postural. Se o plano de trabalho é muito alto, o trabalhador deverá elevar os ombros e os braços durante toda a jornada. Se for muito baixo, ele trabalhará com as costas inclinadas para frente. Esta observação é válida tanto para trabalho sentado como para o trabalho em pé. O ponto de referência utilizado para determinar a altura confortável de trabalho é a *altura dos cotovelos* em relação ao piso, mas a natureza da tarefa *tem* que ser levada em consideração. No planejamento / adaptação do posto de trabalho sentado deve-se sempre levar em consideração duas medidas principais: a altura da cadeira e a altura do plano de trabalho. Considerando que as dimensões corporais são muito diversas (inter e intra-individuais), no mínimo uma destas alturas tem que ser regulável, para facilitar a adaptação do posto à maioria dos trabalhadores;
- **das características da cadeira:** o assento de trabalho ideal deve ser determinado em função da atividade desenvolvida, das condições ambientais de trabalho e principalmente da opinião dos usuários.

Um posto de trabalho, mesmo quando bem projetado do ponto de vista antropométrico, pode se revelar desconfortável se os fatores organizacionais, ambientais e sociais não forem levados em consideração. (MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO, 2001)

Segundo a literatura citada, não restam dúvidas de que a alternância entre o trabalho em pé e sentado é desejável. No projeto em questão o operador deverá trabalhar na posição em pé durante o tempo que a máquina estiver na operação de colheita, já que as características e restrições impostas pela tarefa não permitem o trabalho sentado. Entretanto, a máquina terá pausas contínuas para o descarregamento em média a cada 15 min e, neste momento, o operador poderá ter um assento para descansar evitando também quedas ou riscos de acidentes no processo de descarga da Unimac.

Existem inúmeros métodos de análise para avaliação de riscos ergonômicos que avaliam do ponto de vista biomecânico, psicofísico e fisiológico a forma como uma atividade é desempenhada por um trabalhador. Estes métodos ajudam a identificar as condições mais críticas no trabalho para que possa ser realizada alguma intervenção futura para que estes

riscos sejam mínimos ou inexistentes. A Tabela 1 mostra um comparativo entre 4 métodos de avaliação de riscos ergonômicos ligados à avaliação postural.

Tabela 1 - Síntese dos Métodos de Avaliação do Risco Ergonômico (PAVANI e QUELHAS, 2006).

<b>Método</b>	OWAS (Kartu O, at al, 1997)	RULA (McAtamney and Corlett, 1993)	REBA (Mc Atamney and Hignett, 1995)	Strain Index ( <i>Moore and Garg, 1995</i> )
<b>Limites</b>	Não considera os aspectos ligados à organização do trabalho e os fatores considerados complementares.	Os fatores de frequência têm pouca relevância na determinação da pontuação final. Não considera os aspectos ligados à organização do trabalho e os fatores complementares.	A frequência das ações está praticamente ausente da análise, assim como a organização do trabalho.	Não considera as posturas incorretas do ombro e do cotovelo. Permite analisar as tarefas individuais. O fator de recuperação é levado em consideração somente durante o ciclo de trabalho.
<b>Vantagens</b>	Determinação de pontuação, velocidade de análise, considera todos os segmentos corpóreos úteis para o reprojeto. Adapta-se à análise de quase todas as tarefas ocupacionais.	Determinação de pontuações, velocidade de análise, útil para determinar problemas ergonômicos ligados às posturas incorretas e sugerir soluções simuladas.	Determinação de pontuações, velocidade de análise, útil para determinar problemas ergonômicos ligados às posturas incorretas e a movimentação de cargas.	Determinação de uma pontuação dicotômica que separa exatamente os trabalhos considerados como arriscados daqueles nos quais o risco é inexistente
<b>Previsão de efeitos</b>	Não efetuados estudos de associação entre as pontuações do método e a incidência ou prevalência de distúrbios ou patologias músculoesqueléticas.	Não efetuados estudos de associação entre as pontuações do método e a incidência ou prevalência de distúrbios ou patologias músculo-esqueléticas.	Não efetuados estudos de associação entre as pontuações do método e a incidência ou prevalência de distúrbios ou patologias músculoesqueléticas	Nas avaliações de Previsibilidade foram consideradas como variáveis tanto as patologias quanto os distúrbios específicos dos membros superiores
<b>Fatores influentes</b>	Postura de todos os segmentos corpóreos	Postura dos membros superiores, pescoço e tronco	Posturas de todos os segmentos do corpo	Intensidade do esforço exigido no ciclo de trabalho
<b>Fatores</b>	Posturas do corpo	Posturas dos	Posturas do corpo	Intensidade da força,

<b>quantificáveis</b>	inteiro, força e frequência	membros superiores, do pescoço, do tronco, força e frequência.	inteiro e força determinada em prevalência das cargas movimentadas	duração do esforço, frequência de ação, postura do pulso e da mão, velocidade de trabalho e duração da tarefa por turno.
<b>Tipo de uso</b>	Avaliação geral	Avaliação geral com ênfase para membros superiores	Avaliação geral com aplicação mais adequada no âmbito hospitalar.	Avaliação geral

### 3.3.3. Movimentação Manual de Cargas (MMC)

Segundo os fundamentos da Biomecânica, praticamente não existem limites para o ser humano, quando são utilizadas ferramentas e equipamentos adequados ao peso e ação a ser executada, adotando-se uma postura adequada no momento de realizar os esforços (COUTO, 1995).

Atualmente, ainda é freqüente encontrar atividades onde predominam o manuseio e a movimentação manual de cargas. E a dúvida é se esta atividade está sendo realizada dentro dos limites normais de tolerância ou se está sobrecarregando alguma parte do corpo, havendo possibilidades de vir a provocar uma lesão osteomuscular.

A Biomecânica estuda os fundamentos mecânicos das atividades dos organismos, em particular as associadas ao sistema músculo – esquelético humano. Para a ergonomia, são de interesse os estudos relacionados às posturas corporais no trabalho e a aplicação de forças (BRIDGER, 2003).

No estudo da biomecânica, as leis físicas da mecânica são aplicadas ao corpo humano. Assim, pode-se estimar as tensões que ocorrem nos músculos e articulações durante uma postura ou um movimento.

O sistema osteomuscular possibilita desenvolver movimentos de grande velocidade e amplitude, mas com pequenas resistências. Isso em função do tipo de alavanca predominante nesse sistema.

Examinando os tipos de alavancas existentes no corpo humano, temos a alavanca interfixa ou de 1ª classe existente especialmente no pescoço e na coluna vertebral (Figura 20).

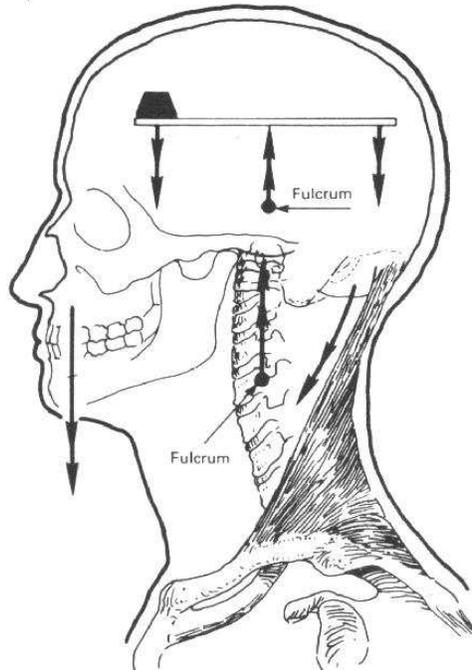


Figura 20 – Alavanca de 1ª classe (ABRAHÃO, 2009)

No movimento da cabeça para cima e para baixo, a junta atlantooccipital age como o fulcro de uma alavanca de 1ª classe, com os músculos do pescoço provendo a força necessária para mover a cabeça, enquanto que gravidade age no centro de massa da cabeça.

A alavanca inter-resistente ou de 2ª classe é adequada para a realização de esforço físico. As alavancas de 2ª classe são otimizadas para movimentos balísticos que requeiram força e resultem em modificações da postura e da configuração dos membros. Os músculos inseridos no calcânhar através do tendão de Aquiles (força) e o peso do corpo transmitido através da articulação do tornozelo são um exemplo, com o fulcro (ponto de apoio) localizado na base do dedão (Figura 21).

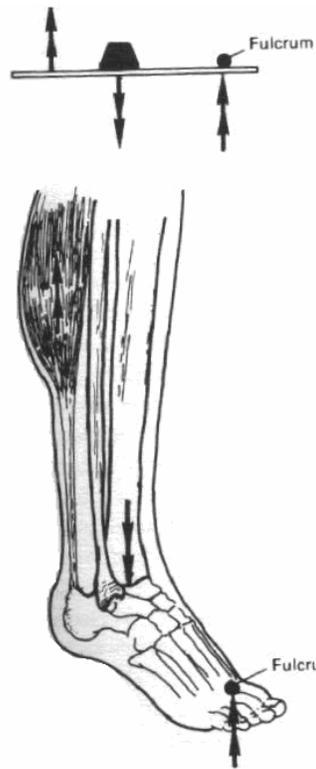


Figura 21 – Alavanca de 2ª classe (ABRAHÃO, 2009)

O que predomina no corpo humano é a alavanca de 3ª classe ou interpotente, onde o movimento e a velocidade são grandes, mas o esforço que é possível de se fazer é muito pequeno. Neste caso o fulcro fica em uma extremidade e o peso age na outra, na mesma direção da força de sustentação do fulcro. A força age em qualquer ponto entre o peso e o fulcro, mas em direção oposta a eles.

Um exemplo é segurar um peso com o antebraço com o músculo braquial agindo na ulna e o cotovelo servindo de pivô (Figura 22). Esse tipo de alavanca proporciona a aplicação de forças de grande magnitude com controle de intensidade.

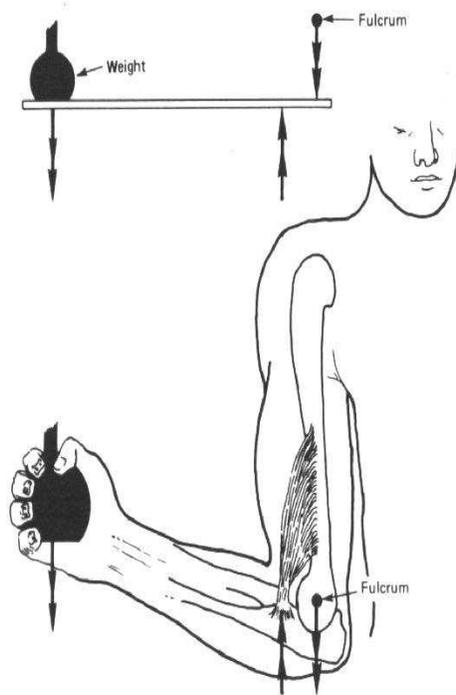


Figura 22 – Alavanca de 3ª classe (ABRAHÃO, 2009)

O ser humano é adaptado a fazer contrações musculares dinâmicas, mas tem pouca adaptação para fazer contrações musculares estáticas nas quais ocorre dor muscular intensa e fadiga precoce, devido ao acúmulo do ácido lático e outros metabólitos.

As situações de fadiga por esforço muscular estático são aliviadas pelo relaxamento do músculo, durante o qual ocorre o fluxo do sangue e remoção das substâncias tóxicas produzidas durante o esforço.

A MMC leva em conta as ações de levantar, abaixar, empurrar, puxar, segurar e transportar cargas. A MMC tem um impacto enorme na saúde dos operadores e na receita das empresas. Em uma amostra de 900.000 reclamações trabalhistas nos EUA, a MMC respondeu por 37% dos casos e 40% dos custos (LEAMON e MURPHY, 1994). Dores lombares causadas pela MMC geraram \$11.4 bilhões em indenização nos EUA (LEAMON, 1994).

Para avaliação e projeto de tarefas de movimentação manual de cargas deve-se levar em conta as características do operador, do material (carga), da tarefa e espaço de trabalho além das práticas de trabalho (HERRIN, et. al. 1974).

#### Características do Operador:

- **Físicas:** idade, sexo, dimensões corporais, posturas;
- **Sensoriais:** visual, auditiva, tátil, cinestésica (proprioceptiva), vestibular;
- **Psicomotoras:** Informação, tempo de resposta, coordenação;
- **Atitudes, Treinamento, Experiência, Condições de Saúde, Lazer e Atividades Extra – Trabalho.**

#### Características da Carga

- **Mecânicas:** peso, centro de gravidade, momento de inércia;
- **Geométricas :** dimensões gerais, formato;
- **Pega:** tamanho, localização, geometria, textura;
- **Estabilidade:** consistência da posição do centro de massa.

#### Características da Tarefa / Espaço de Trabalho

- **Geométricas:** distâncias, obstáculos;
- **Temporais:** frequências, duração, ritmo;
- **Complexidade:** manipulação, precisão;
- **Ambientais:** temperatura, umidade, iluminação, ruído, vibrações, condições atmosféricas, atrito solo / calçado.

#### Características das Práticas de Trabalho

- **Individuais:** velocidade, precisão, estratégias;
- **Organizacionais:** prescrições, trabalho em equipe, práticas de segurança, turnos;
- **Administrativas:** sistemas de incentivo, compensações, treinamento, políticas de higiene e segurança, uso de EPI.

A MMC impõe demandas severas ao sistema músculo-esquelético e cardiovascular, se a demanda supera a capacidade do sistema surgirá desconforto, fadiga e lesões.

Para avaliação destas demandas os métodos de abordagens mais comuns são: Biomecânico, Fisiológico, Psicofísico e Epidemiológico. (BRIDGER, 2003)

O Método Biomecânico está baseado na estimativa das tensões impostas ao sistema músculo-esquelético do operador no cumprimento de tarefas de MMC. Este método está diretamente ligado a projeto de tarefas que não excedam a capacidade do sistema músculo – esquelético.

Critérios usuais:

- limites de compressão da vertebrae **L4 / L5** ou **L5 / S1** (Figura 23)
- torques nas articulações

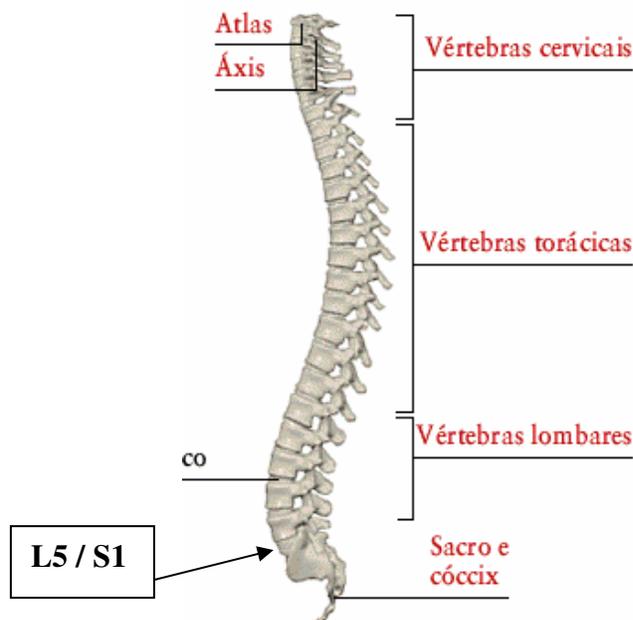


Figura 23 – Coluna Vertebral (ABRAHÃO, 2009)

O método psicofísico tem como base a psicofísica que é o ramo da psicologia experimental que busca as relações entre estímulos e as sensações resultantes (AYOUB e DEMPSEY, 1999).

A relação entre as magnitudes do estímulo e da resposta é descrita pela função geral  $\psi = k\phi^n$ , onde  $\psi$  é a magnitude psicológica (sensação) e  $\phi$  a magnitude física (STEVENS, 1957).

O objetivo principal da abordagem psicofísica é o projeto de tarefas de MMC que sejam “aceitáveis” à maioria dos operadores.

Nas pesquisas psicofísicas de MMC, os operadores são instruídos para selecionar as cargas máximas que lhes pareçam “seguras” (limiar da sensação de lesão).

Uma ferramenta para a abordagem psicofísica é a escala de Borg de esforço percebido, conforme ilustra a figura 24.

6	Sem nenhum esforço
7	} Extremamente Leve
8	
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	intenso (pesado)
16	
17	Muito intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	Máximo esforço

Figura 24 – Escala de Borg de esforço percebido

SNOOK e IRVINE (1967) realizaram experimento pioneiro de aplicação de método psicofísico na MMC, selecionando sete variáveis ligadas ao levantamento de cargas: sexo, idade, treinamento, compleição física, tamanho do objeto, altura e frequência de levantamento. Os indivíduos promoviam o ajuste do peso a ser levantado ou da frequência de levantamento (magnitude do estímulo) de acordo com a sensação produzida (magnitude da sensação).

Os resultados são apresentados nas tabelas de 2 a 6 (“liberty mutual snook tables”) tendo como recorte populacional o percentil 75 feminino.

Tabela 2 – Abordagem Psicofísica – levantar carga (homens)

Largura da carga² (cm)	Distância Vertical de Levantamento (cm)	Percentil da População Industrial	Distância do Chão até o Nó dos Dedos								Distância do Nó dos Dedos até a Altura do Ombro								Altura do Ombro até Alcance dos Braços							
			A Cada Elevação								A Cada Elevação								A Cada Elevação							
			5	9	14	1	2	5	30	8	5	9	14	1	2	5	30	8	5	9	14	1	2	5	30	8
seg				min				hr	seg				min				hr	seg				min				hr
75	76	90	6	7	9	11	13	14	14	17	8	10	12	13	14	14	16	17	6	8	9	10	10	11	12	13
		75	9	11	13	16	19	20	21	24	10	14	16	18	18	19	21	23	8	10	12	14	14	14	16	17
		50	12	15	17	22	25	27	28	32	13	17	20	22	23	24	26	29	10	13	15	17	17	18	20	22
		25	15	18	21	28	31	34	35	41	16	21	24	27	27	28	32	35	11	16	18	21	21	22	24	27
	10	18	22	25	33	37	40	41	48	19	24	28	31	32	33	37	40	14	18	21	24	24	25	28	31	
	51	90	6	8	9	12	13	15	15	17	8	11	13	15	15	16	18	19	6	8	9	12	12	12	14	15
		75	9	11	13	17	19	21	22	25	11	15	17	20	20	21	23	25	8	11	12	15	15	16	18	20
		50	13	15	18	23	26	28	29	34	14	19	21	25	25	26	29	32	10	14	16	19	20	20	23	25
		25	16	19	22	29	33	35	36	42	17	23	26	30	31	32	36	39	13	17	19	23	24	25	27	30
	25	90	8	9	11	13	15	16	17	20	10	13	15	18	18	19	21	23	7	10	11	14	14	14	16	18
		75	11	13	15	19	22	24	24	28	13	17	20	23	24	25	27	30	10	13	15	18	18	19	21	23
		50	15	18	21	26	29	32	33	38	17	22	25	30	30	31	35	38	12	16	19	23	23	24	27	29
25		18	22	26	33	37	40	41	48	20	27	30	36	36	38	42	46	15	20	22	28	28	29	32	35	
10	22	26	31	38	44	47	49	57	23	31	35	42	42	44	49	53	17	23	26	32	32	34	38	41		
49	76	90	7	8	10	13	15	16	17	20	8	10	12	13	14	14	16	17	7	9	10	12	12	13	14	16
		75	10	12	14	19	22	24	24	28	10	14	16	18	18	19	21	23	9	11	13	16	16	17	19	21
		50	14	16	19	26	29	32	33	38	13	17	20	22	23	24	26	29	11	15	17	20	21	21	24	26
		25	17	20	24	33	37	40	41	48	16	21	24	27	27	28	32	35	13	18	20	25	25	26	29	31
	10	20	24	28	38	43	47	48	57	19	24	28	31	32	33	37	40	15	21	23	28	29	30	33	36	
	51	90	7	9	10	14	16	17	18	20	8	11	13	15	15	16	18	19	7	9	11	14	14	14	16	18
		75	10	13	15	20	23	25	25	30	11	15	17	20	20	21	23	25	9	12	14	18	18	19	21	23
		50	14	17	20	27	30	33	34	40	14	19	21	25	25	26	29	32	12	15	18	23	23	24	27	29
		25	18	21	25	34	38	42	43	50	17	23	26	30	31	32	36	39	14	19	21	28	28	29	32	35
	25	90	8	10	12	16	18	19	20	23	10	13	15	18	18	19	21	23	9	11	12	16	16	17	19	21
		75	12	15	17	23	26	28	29	33	13	17	20	23	24	25	27	30	11	14	16	21	21	22	25	27
		50	16	20	23	30	34	37	38	45	17	22	25	30	30	31	35	38	14	18	21	27	27	28	32	35
25		21	25	29	38	43	47	48	56	20	27	30	36	36	38	42	46	16	22	25	33	33	34	38	42	
10	24	29	34	45	51	56	57	67	23	31	35	42	42	44	49	53	19	25	29	38	38	40	44	48		

Tabela 3 – Abordagem Psicofísica – levantar carga (mulheres)

Largura da carga² (cm)	Distância Vertical de Levantamento (cm)	Percentil da População Industrial	Distância do Chão até o Nó dos Dedos								Distância do Nó dos Dedos até a Altura do Ombro								Altura do Ombro até Alcance dos Braços							
			A Cada Elevação								A Cada Elevação								A Cada Elevação							
			5	9	14	1	2	5	30	8	5	9	14	1	2	5	30	8	5	9	14	1	2	5	30	8
seg				min				hr	seg				min				hr	seg				min				hr
75	76	90	5	6	7	7	8	8	9	12	5	6	7	9	9	9	10	12	4	5	5	6	7	7	7	8
		75	7	8	9	9	10	10	11	14	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	6	7	8	8	8	10
		50	8	10	10	11	12	12	13	17	7	8	9	11	12	12	13	16	6	7	7	8	9	10	10	11
		25	9	11	12	13	14	14	15	21	8	9	10	13	14	14	15	18	7	7	8	9	10	10	11	13
	10	11	13	14	14	15	16	17	23	9	10	11	14	15	15	17	20	7	8	9	10	11	11	12	14	
	51	90	6	7	8	8	9	9	10	14	6	7	8	9	10	10	11	13	5	6	7	7	7	7	8	9
		75	7	9	9	10	11	11	13	17	7	8	9	11	12	12	13	15	6	7	8	8	9	9	9	11
		50	9	10	11	12	13	14	15	21	9	9	11	13	14	14	15	17	7	8	9	9	10	10	11	13
		25	10	12	13	15	16	16	18	24	10	11	12	14	16	16	17	20	8	9	10	10	11	11	12	14
	25	90	11	14	15	17	18	18	20	27	11	12	14	16	17	17	19	22	9	10	11	12	13	13	14	16
		75	6	8	8	9	9	9	11	14	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	7	8	8	8	9	10
		50	8	10	11	11	12	12	13	18	7	8	9	12	13	13	14	17	6	7	8	9	9	9	10	12
25		10	12	13	13	14	14	16	21	9	10	11	14	15	15	16	19	7	8	9	10	11	11	12	14	
10	11	14	15	15	16	17	19	25	10	11	12	16	17	17	19	22	8	9	10	12	12	12	14	16		
13	16	17	17	19	19	21	29	11	12	14	18	19	19	21	24	9	10	11	13	14	14	15	17			
49	76	90	5	6	7	8	8	8	9	13	5	6	7	9	9	9	10	12	4	5	5	6	7	7	8	9
		75	7	8	9	10	10	10	12	16	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	6	8	8	8	9	11
		50	8	10	10	12	12	13	14	19	7	8	9	11	12	12	13	16	6	7	7	9	10	10	11	12
		25	9	11	12	14	15	15	17	22	8	9	10	13	14	14	15	18	7	7	8	10	11	11	12	14
	10	11	13	14	15	17	17	19	25	9	10	11	14	15	15	17	20	7	8	9	11	12	12	13	15	
	51	90	6	7	8	9	10	10	11	15	6	7	8	9	10	10	11	13	5	6	7	7	8	8	9	10
		75	7	9	9	11	12	12	14	18	7	8	9	11	12	12	13	15	6	7	8	9	9	9	10	12
		50	9	10	11	13	15	15	16	22	9	9	11	13	14	14	15	17	7	8	9	10	11	11	12	14
		25	10	12	13	16	17	17	19	26	10	11	12	14	16	16	17	20	8	9	10	11	12	12	13	15
	25	90	11	14	15	18	19	20	22	30	11	12	14	16	17	17	19	22	9	10	11	13	14	14	15	17
		75	6	8	8	9	10	10	11	15	6	7	8	10	11	11	12	14	5	6	7	8	8	8	9	10
		50	8	10	11	12	12	13	14	19	7	8	9	12	13	13	14	17	6	7	8	9	10	10	11	13
25		10	12	13	14	15	15	17	23	9	10	11	14	15	15	16	19	7	8	9	11	12	12	13	15	
10	11	14	15	16	18	18	20	27	10	11	12	16	17	17	19	22	8	9	10	12	13	13	15	17		
13	16	17	19	20	21	23	31	11	12	14	18	19	19	21	24	9	10	11	14	15	15	16	19			

Tabela 4 – Abordagem Psicofísica – empurrar carga (homens)

Altura do Chão até as Mãos (cm)	Percentil da População Industrial	2.1-m Empurrar						7.6-m Empurrar						15.2-m Empurrar						30.5-m Empurrar						45.7-m Empurrar						61.0-m Empurrar					
		A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento					
		6	12	1	2	5	30	8	15	22	1	2	5	30	8	9	14	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8	2	5	30	8	
		seg		min		hr		seg		min		hr		seg		min		hr		min		hr		min		hr		min		hr							
Força Inicial (a força requerida para pegar um objeto em movimento)																																					
144	90	20	22	25	25	26	26	31	14	16	21	21	22	22	26	16	18	19	19	20	21	25	15	16	19	19	24	13	14	16	16	20	12	14	14	18	
	75	26	29	32	32	34	34	41	18	20	27	27	28	28	34	21	23	25	25	26	27	32	19	21	25	25	31	16	18	21	21	26	16	18	18	23	
	50	32	36	40	40	42	42	51	23	25	33	33	35	35	42	26	29	31	31	33	33	40	24	27	31	31	38	20	23	26	26	33	20	22	22	28	
	25	38	43	47	47	50	51	61	27	31	40	40	42	42	51	31	35	37	37	40	40	48	28	32	37	37	46	24	27	32	32	39	23	27	27	34	
95	10	44	49	55	55	58	58	70	31	35	46	46	48	49	58	36	40	43	43	45	46	55	32	37	42	42	53	28	31	36	36	45	27	31	31	39	
	90	21	24	26	26	28	28	34	16	18	23	23	25	25	30	18	21	22	22	23	24	28	17	19	22	22	27	14	16	19	19	23	14	16	16	20	
	75	28	31	34	34	36	36	44	21	23	30	30	32	32	39	24	27	28	28	30	30	36	21	24	28	28	35	18	21	24	24	30	18	21	21	26	
	50	34	38	43	43	45	45	54	26	29	38	38	40	40	48	29	33	35	35	37	38	45	27	30	35	35	44	23	26	30	30	37	22	26	26	32	
64	25	41	46	51	51	54	55	65	31	35	45	45	48	48	58	35	40	42	42	45	45	54	32	36	42	42	52	27	31	36	36	45	27	31	31	38	
	10	47	53	59	59	62	63	75	35	40	52	52	55	56	66	40	46	49	49	52	52	62	37	41	48	48	60	32	36	41	41	52	31	35	35	44	
	90	19	22	24	24	25	26	31	13	14	20	20	21	21	26	15	17	19	19	20	20	24	14	16	19	19	23	12	14	16	16	20	12	14	14	17	
	75	25	28	31	31	33	33	40	16	19	26	26	27	28	33	19	21	24	24	26	26	31	18	21	24	24	30	16	18	21	21	26	15	18	18	22	
	50	31	35	39	39	41	41	50	20	23	32	32	34	35	41	23	27	30	30	32	33	39	23	26	30	30	37	20	22	26	26	32	19	22	22	28	
	25	38	42	46	46	49	50	59	25	28	39	39	41	41	50	28	32	36	36	39	39	47	28	31	36	36	45	24	27	31	31	39	23	26	26	33	
	10	43	48	53	53	57	57	68	28	32	45	45	47	48	57	32	37	42	42	44	45	54	32	36	41	41	52	27	31	36	36	44	26	30	30	38	

Tabela 5 – Abordagem Psicofísica – puxar carga (homens)

Altura do Chão até as Mãos (cm)	Percentil da População Industrial	2.1-m Puxar						7.6-m Puxar						15.2-m Puxar						30.5-m Puxar						45.7-m Puxar						61.0-m Puxar					
		A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento						A Cada Movimento					
		6	12	1	2	5	30	8	15	22	1	2	5	30	8	9	14	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8	1	2	5	30	8	2	5	30	8	
		seg		min		hr		seg		min		hr		seg		min		hr		min		hr		min		hr		min		hr							
Força Inicial (a força requerida para pegar um objeto em movimento)																																					
144	90	14	16	18	18	19	19	23	11	13	16	16	17	18	21	13	15	15	16	17	20	12	13	15	15	19	10	11	13	13	16	10	11	11	14		
	75	17	19	22	22	23	24	28	14	15	20	20	21	21	26	16	18	19	19	20	24	14	16	19	19	23	12	14	16	16	20	12	14	14	17		
	50	20	23	26	26	28	28	33	16	18	24	24	25	26	31	19	21	22	22	24	29	17	19	22	22	27	15	16	19	19	24	14	16	16	20		
	25	24	27	31	31	32	33	39	19	21	28	28	29	30	36	22	25	26	26	28	33	20	22	26	26	32	17	19	22	22	28	16	19	19	24		
95	10	26	30	34	34	36	37	44	21	24	31	31	33	33	40	24	28	29	29	31	38	22	25	29	29	37	20	22	25	25	31	18	21	21	27		
	90	19	22	25	25	27	27	32	15	18	23	23	24	24	29	18	20	21	21	23	28	16	18	21	21	26	14	16	18	18	23	13	16	16	19		
	75	23	27	31	31	32	33	39	19	21	28	28	29	30	36	22	25	26	26	28	33	20	22	26	26	32	17	19	22	22	28	16	19	19	24		
	50	28	32	36	36	39	39	47	23	26	33	33	35	35	42	26	29	31	31	33	40	24	27	31	31	38	20	23	27	27	33	20	23	23	28		
64	25	33	37	42	42	45	45	54	26	30	39	39	41	41	49	30	34	36	36	38	46	27	31	36	36	45	24	27	31	31	38	23	26	26	33		
	10	37	42	48	48	51	51	61	30	33	43	43	46	47	56	33	38	41	41	43	52	31	35	40	40	50	27	30	35	35	43	26	30	30	37		
	90	22	25	28	28	30	30	36	18	20	26	26	27	28	33	20	23	24	24	26	31	18	21	24	24	30	16	18	21	21	26	15	18	18	22		
	75	27	30	34	34	37	37	44	21	24	31	31	33	34	40	24	28	29	29	31	38	22	25	29	29	36	19	22	25	25	31	19	21	21	27		
	50	32	36	41	41	44	44	53	25	29	37	37	40	48	29	33	35	35	37	45	27	30	35	35	43	23	26	30	30	37	22	26	26	32			
	25	37	42	48	48	51	51	61	30	34	44	44	46	47	56	34	39	41	41	43	52	31	35	41	41	50	27	30	35	35	43	26	30	30	37		
	10	42	48	54	54	57	58	69	33	38	49	49	52	53	63	38	43	46	46	49	59	35	39	46	46	57	30	34	39	39	49	29	34	34	42		

Tabela 6 – Abordagem Psicofísica – carregar carga

Altura do Chão até as Mãos (cm)	Percentil da População Industrial	2.1-m Carregamento							4.3-m Carregamento							8.5-m Carregamento						
		A Cada Carregamento							A Cada Carregamento							A Cada Carregamento						
		6	12	1	2	5	30	8	10	16	1	2	5	30	8	18	24	1	2	5	30	8
		seg		min			hr	seg		min			hr	seg		min			hr			
Homens																						
111	90	10	14	17	17	19	21	25	9	11	15	15	17	19	22	10	11	13	13	15	17	20
	75	14	19	23	23	26	29	34	13	16	21	21	23	26	30	13	15	18	18	20	23	27
	50	19	25	30	30	33	38	44	17	20	27	27	30	34	39	17	19	23	24	26	29	35
	25	23	30	37	37	41	46	54	20	25	33	33	37	41	48	21	24	29	29	32	36	43
	10	27	35	43	43	48	54	63	24	29	38	39	43	48	57	24	28	34	34	38	42	50
79	90	13	17	21	21	23	26	31	11	14	18	19	21	23	27	13	15	17	18	20	22	26
	75	18	23	28	29	32	36	42	16	19	25	25	28	32	37	17	20	24	24	27	30	35
	50	23	30	37	37	41	46	54	20	25	32	33	36	41	48	22	26	31	31	35	39	46
	25	28	37	45	46	51	57	67	25	30	40	40	45	50	59	27	32	38	38	42	48	56
	10	33	43	53	53	59	66	78	29	35	47	47	52	59	69	32	38	44	45	50	56	65
Mulheres																						
105	90	11	12	13	13	13	13	18	9	10	13	13	13	13	18	10	11	12	12	12	12	16
	75	13	14	15	15	16	16	21	11	12	15	15	16	16	21	12	13	14	14	14	14	19
	50	15	16	18	18	18	18	25	12	13	18	18	18	18	24	14	15	16	16	16	16	22
	25	17	18	20	20	21	21	28	14	15	20	20	21	21	28	15	17	18	18	19	19	25
	10	19	20	22	22	23	23	31	16	17	22	22	23	23	31	17	19	20	20	21	21	28
72	90	13	14	16	16	16	16	22	10	11	14	14	14	14	20	12	12	14	14	14	14	19
	75	15	17	18	18	19	19	25	11	13	16	16	17	17	23	14	15	16	16	17	17	23
	50	17	19	21	21	22	22	29	13	15	19	19	20	20	26	16	17	19	19	20	20	26
	25	20	22	24	24	25	25	33	15	17	22	22	22	22	30	18	19	21	22	22	22	30
	10	22	24	27	27	28	28	37	17	19	24	24	25	25	33	20	21	24	24	25	25	33

O método fisiológico tem como principal objetivo a abordagem do projeto de tarefas de MMC que produzam “respostas fisiológicas” dentro de limites aceitáveis. Tipicamente, a “resposta fisiológica” de interesse é a fadiga generalizada.

Os critérios mais utilizados para definir os limites das tarefas de MMC na abordagem fisiológica são a taxa de batimentos cardíacos e a taxa de dispêndio energético (kcal/min ou consumo de O<sub>2</sub> como percentagem da capacidade aeróbica).

A relação entre pulsação cardíaca e consumo de energia pode ser encontrada no grau de esforço físico, que não depende somente do número de kJ consumidos, mas também o número de músculos envolvidos e ao tipo de atividade muscular (estática / dinâmica). Um dado nível de consumo de energia é muito mais extenuante se somente poucos músculos estejam envolvidos, ao invés de vários. O trabalho dinâmico também é muito menos cansativo do que o trabalho estático. Outro aspecto é a influência do calor (GRANDJEAN, 1988).

Um bom método para avaliar a carga de trabalho é a pulsação cardíaca. De fácil aplicação, a pulsação cardíaca relaciona-se com o esforço de trabalho de diversos modos, conforme ilustra a figura 25.

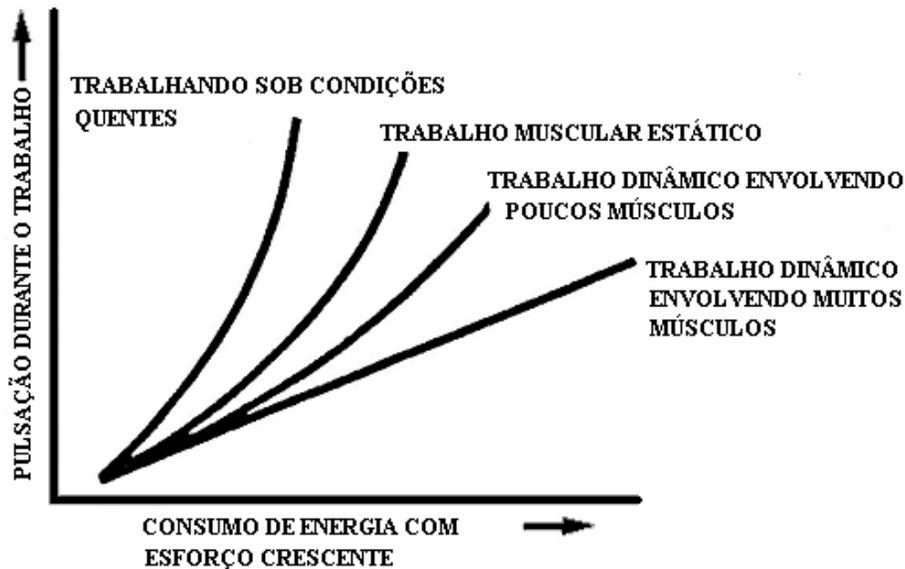


Figura 25 - Relação entre pulsação cardíaca e consumo de energia (GRANDJEAN, 1988)

O método epidemiológico estuda as inter-relações dos vários determinantes da frequência e distribuição de doenças num conjunto populacional.

O papel da Epidemiologia no desenvolvimento de critérios de MMC é a determinação e verificação da importância etiológica de uma dada variável, a verificação da validade de um determinado critério, estabelecendo as relações entre uma variável específica e a probabilidade de lesão, além de orientar o desenvolvimento de critérios através da ponderação entre as relações previamente estabelecidas de variáveis e efeitos mensuráveis.

No Brasil, a legislação não é muito específica, neste ponto. Estipula em 60 (kg) o peso máximo que um trabalhador deve manusear numa atividade laboral (BRASIL, 1994). Apesar disto, este valor não pode ser referenciado para uma atividade que seja realizada durante toda uma jornada de trabalho. Desta forma, alguns trabalhadores, acostumados a levantar cargas que variam de 10 a 15 kg, apresentaram hérnia de disco, lesões na coluna ou membros, o que nos leva a questionar não só a legislação, como os métodos utilizados para obter estas referências limites (COUTO, 1995).

Para o projeto UNIMAC CANA, a MMC no posto de trabalho pode ser mais ou menos intensa conforme uma série de elementos envolvidos com a atividade, como a velocidade da máquina, que determina o fluxo de colmos, a posição da cana e a taxa de operação do despalhador. Alguns dispositivos podem ser implementados futuramente para ajudar o operador no manuseio da carga. No entanto, nesta primeira fase do projeto, o uso de força física é indispensável, pois a máquina ainda não foi testada e não se tem uma idéia precisa de como elaborar tais dispositivos de auxílio.

Existe uma técnica desenvolvida pelo “National Institute for Occupational Safety and Health”, em 1981, conhecida como equação de NIOSH para avaliar a manipulação de cargas no trabalho. Esse instituto criou uma ferramenta para avaliar os riscos de distúrbios osteomusculares associados à MMC e recomendar um limite de peso adequado para cada tarefa. Em 1991, a equação foi revista e novos fatores foram introduzidos: a manipulação assimétrica de cargas, a duração da tarefa, a frequência dos levantamentos e a qualidade da pega (WATERS et al., 1994). A equação NIOSH é baseada no conceito de que o risco de distúrbios osteomusculares aumenta com o distanciamento entre o limite de peso recomendado e o peso efetivamente manipulado (RIBEIRO et al., 2009).

Seguem algumas recomendações básicas para a movimentação manual de cargas segundo o método de NIOSH:

- a) Manter a carga próxima do corpo (distância horizontal entre a mão e o tornozelo em torno de 25 cm);
- b) A carga deve estar a uma altura aproximada de 75 cm, antes de começar o levantamento;
- c) O deslocamento vertical do peso não deve ser maior que 25 cm;
- d) Deve ser possível segurar o peso com as duas mãos;
- e) Deve ser possível escolher a postura mais adequada para o levantamento;
- f) O tronco não deve ficar torcido durante o levantamento;

O valor da constante de carga foi estabelecido para o método NIOSH em 23kg por meio de critérios biomecânicos, psicofísicos e fisiológicos. Esse valor refere-se à movimentação de carga no plano sagital a uma altura de 75cm do solo, para um deslocamento vertical de 25cm, para cima ou para baixo e com a carga a uma distancia máxima de 25cm do corpo do operador (IIDA, 2005). Quanto mais próximo a atividade estiver das condições

ideais de MMC, maior será a quantidade de peso que o operador poderá carregar, obviamente sem que ultrapasse o limite máximo estabelecido de 23kg.

A equação é composta pelas variáveis: Distância horizontal (H), Distância vertical (V), Rotação do tronco (A), Deslocamento vertical da carga (D), Frequência do levantamento (F) e Dificuldade de manuseio da carga (M), conforme ilustra a Figura 26.

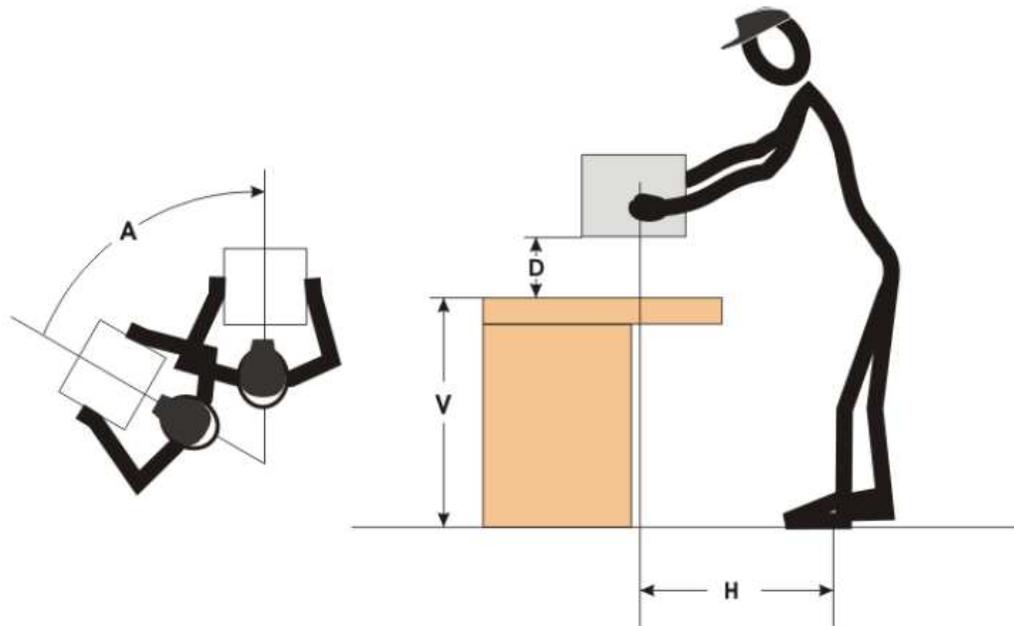


Figura 26 – Variáveis da equação de NIOSH (LUGLI, 2010)

A Equação supõe que o trabalhador pode escolher a própria postura e que a carga é segura com as duas mãos. Assim, a carga máxima de 23 kg é multiplicada por seis coeficientes, que representam as variáveis acima:

$$\text{Limite de carga recomendada} = 23 \text{ kg} \times \text{CM} \times \text{CH} \times \text{CV} \times \text{CF} \times \text{CD} \times \text{CA}$$

As tabelas de 7 a 12, detalham os coeficientes da equação.

Tabela 7 – Determinação do fator de pega (CM)

Tipo de pega	Fator de pega CM	
	V < 75	V ≥ 75
<b>Boa</b>	1,00	1,00
<b>Regular</b>	0,95	1,00
<b>Má</b>	0,90	0,90

Tabela 8 – Coeficiente vertical (CV)

distância	CV	distância	CV	distância	CV
<b>0</b>	0,80	<b>60</b>	1,00	<b>120</b>	0,89
<b>10</b>	0,85	<b>70</b>	1,20	<b>130</b>	0,86
<b>20</b>	0,88	<b>80</b>	1,20	<b>140</b>	0,82
<b>30</b>	0,90	<b>90</b>	1,00	<b>150</b>	0,80
<b>40</b>	0,93	<b>100</b>	0,97	<b>160</b>	0,76
<b>50</b>	0,97	<b>110</b>	0,91	<b>170</b>	0,72

Tabela 9 – Deslocamento vertical de carga (CD)

distância	CD	distância	CD	distância	CD
<b>0</b>	1,30	<b>70</b>	0,93	<b>130</b>	0,90
<b>10</b>	1,30	<b>80</b>	0,92	<b>140</b>	0,90
<b>20</b>	1,30	<b>90</b>	0,91	<b>150</b>	0,89
<b>30</b>	1,10	<b>100</b>	0,90	<b>160</b>	0,88
<b>40</b>	0,98	<b>110</b>	0,90	<b>170</b>	0,88
<b>50</b>	0,96	<b>120</b>	0,90	<b>180</b>	0,00
<b>60</b>	0,94				

Tabela 10 – Coeficiente horizontal (CH)

Distância	CH	Distância	CH
<b>0</b>	1,00	<b>40</b>	0,62
<b>10</b>	1,00	<b>50</b>	0,50
<b>20</b>	1,00	<b>60</b>	0,41
<b>30</b>	0,83	<b>70</b>	0,00

Tabela 11 – Coeficiente de frequência (CF)

Frequência (elevações / minuto)	Duração do trabalho					
	≤ 1 hora		> 1 ~ 2 horas		> 2 ~ 8 horas	
	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75	V < 75	V ≥ 75
≤ 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Os valores de V estão em cm. Para frequências inferiores a 5 minutos, utilizar F = 0,2 elevação por minuto.

Tabela 12 – Coeficiente de assimetria (CA)

Graus	CA	Graus	CA
0	1,2	70	0,72
10	1,12	80	0,68
20	1,04	90	0,64
30	0,96	100	0,60
40	0,88	110	0,55
50	0,80	120	0,50
60	0,76	130	0,45

### **3.4. Normas Técnicas e de Segurança**

As normas técnicas utilizadas para este projeto foram escolhidas conforme as necessidades encontradas em cada parte do seu desenvolvimento. Elas são de observância obrigatória e devem ser incorporadas na concepção do posto de trabalho.

As seguintes normas regulamentadoras (NR) e normas técnicas (NBR) aplicam-se ao projeto do posto de trabalho:

#### **-NR6: Equipamento de Proteção Individual**

Esta norma é dedicada ao conceito e importância de EPI (Equipamento de Proteção Individual). EPI é todo dispositivo ou produto de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

Neste projeto, foram avaliados os riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e saúde do trabalhador no posto de trabalho.

#### **-NR12: Máquinas e Equipamentos**

A norma regulamentadora 12 está intimamente associada aos aspectos gerais das máquinas e dos equipamentos. Esta norma está ligada diretamente ao projeto, definindo elementos como:

- Instalações e áreas de trabalho - pisos dos locais de trabalho, áreas de circulação, partes móveis.
- Segurança para dispositivos de acionamento - partida e parada de máquinas e equipamentos.
- proteção de máquinas e equipamentos – dispositivos de proteções necessários para se evitar acidentes.
- Assentos e mesas – elementos para se evitar fadiga do operador.

## **-NR15: Atividades e Operações Insalubres**

A NR15 regula a exposição dos trabalhadores aos fatores de risco do ambiente de trabalho, como exposição ao ruído, temperaturas extremas, vibração mecânica e atmosfera insalubre.

## **-NR17: Ergonomia**

A NR 17 define parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. A norma inclui aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho, e à própria organização do trabalho.

Além das normas regulamentadoras, foi necessário consultar as seguintes normas técnicas da ABNT:

- NBR 13760 (folgas mínimas)
- NBR 13761 (distâncias de segurança)
- NBR 13928 (proteções fixas e móveis)
- NBR 13929 (intertravamento associado a proteções)
- NBR 14009 (avaliação de risco)
- NBR 14153 (sistemas de comando – controles de segurança)
- NBR 14718 (guarda-corpos para edificação)
- NBR NM 213/1 (terminologia básica e metodologia)
- NBR NM 213/2 (princípios técnicos e especificações)

### **3.5. Ergonomia de Concepção**

A proposta do auxílio mecânico Unimac, como já foi comentado, é uma idéia inovadora dentre as formas de colheita de cana-de-açúcar. O equipamento situa-se em grande

parte ainda na fase de projeto, desta maneira também não é possível executar tarefas de campo para avaliar os diversos dispositivos e as condições de trabalho na máquina.

A ergonomia de concepção pode ser a chave para solucionar este problema. A ergonomia de concepção é aplicada normalmente durante a fase inicial de projeto de um posto de trabalho, instrumentos, máquinas, sistemas de produção, organização do trabalho e do ambiente. É considerada de grande eficácia e de boa relação custo/benefício.

Segundo IIDA (2005), a ergonomia de concepção ocorre quando a contribuição ergonômica se faz nas fases de projeto do produto, da máquina ou ambiente.

Para integrar as diferentes etapas da concepção dentro de uma reflexão sobre a atividade futura, o ergonomista deve preparar as condições de sua simulação. Ele não pode observar a atividade no sistema que é objeto da concepção, mas ele deve procurar situações existentes, cuja análise permitirá esclarecer os objetivos e condições da atividade futura. Estas situações são normalmente designadas pelo nome de “situações de referência”, o que não significa que elas constituem um modelo do que se pretende atingir. (DANIELLOU, 2007)<sup>4</sup>

O desafio da abordagem da atividade futura não é, portanto, prever em detalhes a atividade que se desenvolverá no futuro, mas prever “o espaço das formas possíveis de atividade futura” (DANIELLOU, 2007), ou seja, avaliar em que medida as escolhas de concepção permitirão a implementação de modos operatórios compatíveis com os critérios escolhidos, em termos de saúde, eficácia produtiva, desenvolvimento pessoal, e trabalho coletivo.

O ergonomista não procura definir um “melhor caminho”, um modo operatório ideal que deveria depois ser seguido estritamente pelos operadores envolvidos. É desejável que a concepção torne possíveis vários modos operatórios, aceitáveis do ponto de vista dos critérios anteriormente citados. Essa flexibilidade permitirá, por um lado, melhor considerar a diversidade e a variabilidade das situações e dos operadores. E, por outro lado, possibilitará que os trabalhadores envolvidos possam alterar os modos operatórios, evitando assim solicitar constantemente as mesmas funções do organismo. Pode ser igualmente desejável que a concepção torne impossível certos modos operatórios por causa dos riscos que apresentariam. (DANIELLOU, 2007)

---

<sup>4</sup> Capítulos 20 e 21 do livro Ergonomia de Pierre Falzon.

“Quando o ergonomista é chamado pelo empreendedor numa fase precoce do projeto, ele pode contribuir ao enriquecimento dos objetivos deste, até mesmo à discussão sobre os princípios de soluções. Ocorre parcialmente o mesmo quando ele é integrado muito cedo em uma equipe do coordenador do projeto. Em contrapartida, quando sua intervenção começa após a redação dos memoriais descritivos ou do programa, ele será levado em geral a organizar sua ação em relação às proposições dos projetistas ou dos fornecedores.” (DANIELLOU, 2007).

A figura 27 apresenta uma forma de se organizar a ergonomia de concepção e as formas de aplicação deste método na prática.

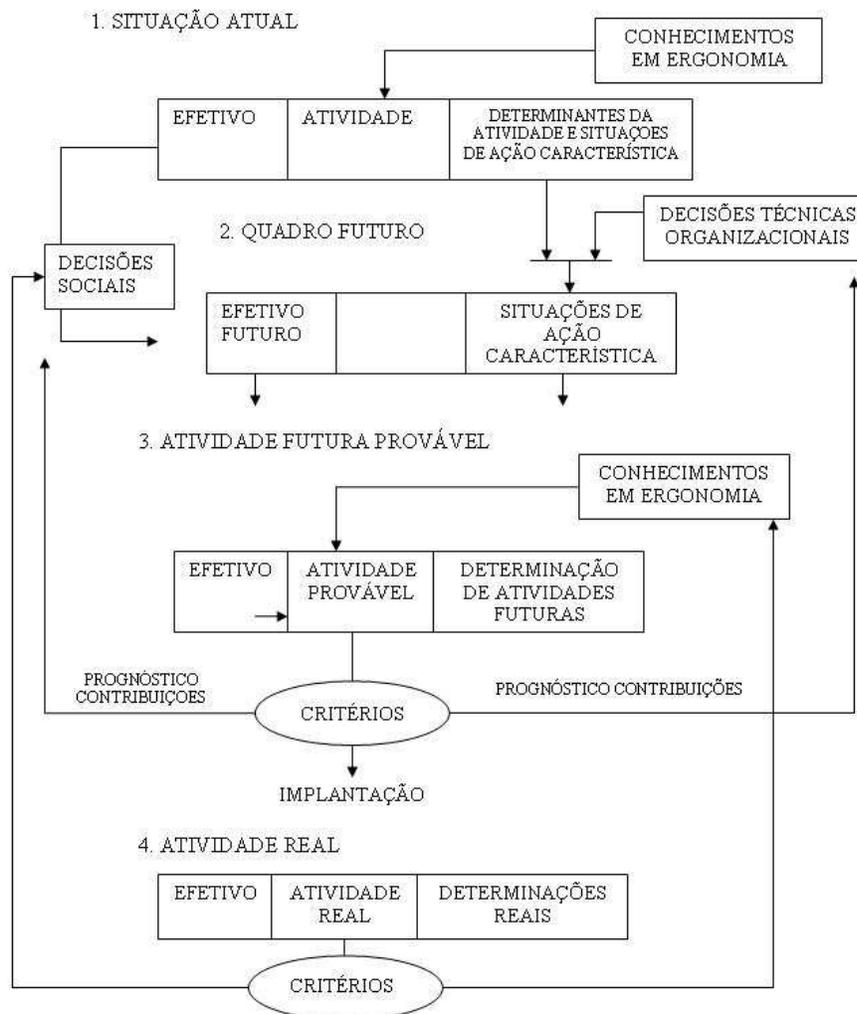


Figura 27 – Representação de uma metodologia para ergonomia de concepção<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Figura retirada de nota de aula. (Marçal 2001)

A Figura 27 exibe um diagrama esquemático que parte de uma situação ideal, onde os conhecimentos em ergonomia são aplicados sobre três elementos: o efetivo, a atividade e aos determinantes da atividade e situações de ação características. A partir deste primeiro cenário, podemos montar o quadro futuro, juntando os elementos anteriores as decisões sociais, técnicas e organizacionais. Assim poderá ser definido qual deverá ser o efetivo futuro e quais deverão ser as situações de ação característica para o projeto. A partir deste ponto poderá ser prevista a atividade futura provável. Assim será possível obter critérios para a implantação ou a obtenção de prognósticos que servirão como contribuição para um novo quadro futuro.

A ergonomia de concepção permite que se examinem vários tipos de alternativas através de simulações de situações de trabalho de acordo com a tarefa a ser executada, em busca da melhor opção, tanto no que se refere, por exemplo, ao mobiliário a ser utilizado como em questões relativas à organização do trabalho. Porém, por mais perfeitas que possam ser tais simulações, dificilmente se pode criar um ambiente de trabalho reproduzido com todas as suas influências e variáveis, em particular os aspectos psicológicos a que estarão sujeitos os trabalhadores.

#### **4. Dinâmica Projetual da Unidade Mecânica de Auxílio à Colheita - UNIMAC CANA**

Este capítulo irá tratar do auxílio mecânico Unimac Cana, no qual será discutido os principais elementos construtivos da máquina, como se deu a intervenção ergonômica no projeto, as mudanças ocorridas durante a execução do projeto e o relacionamento entre os membros da equipe de projeto e o ergonômista.

O primeiro passo a ser discutido para uma melhor compreensão do problema é o estágio em que o projeto Unimac se encontrava quando foi realizada a intervenção ergonômica.

A intervenção ergonômica ocorreu em um estágio em que o projeto já havia sido iniciado e já estava parcialmente construído. Entretanto, ainda existiam vários elementos estruturais que ainda não haviam sido elaborados pela equipe de projeto, que permitiam certa margem de manobra caso fosse necessário. Esta foi uma experiência desafiadora, já que na maioria dos casos a intervenção ergonômica é dada desde a concepção do projeto ou quando o projeto já se encontra totalmente construído e requer algumas alterações para se tornar aceitável do ponto de vista da ergonomia.

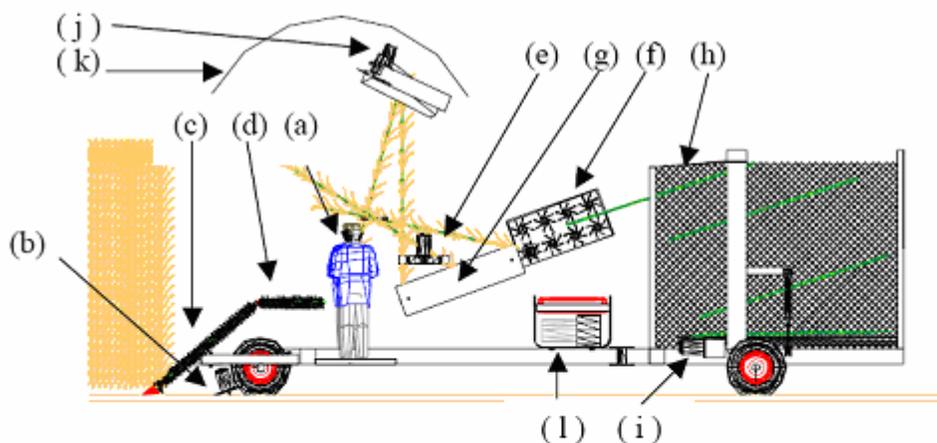
O auxílio proposto neste trabalho também é algo desafiador, pois não existe nenhum equipamento semelhante já construído no qual o projeto possa se basear diretamente para auxiliar na concepção do posto de trabalho.

O auxílio já sofreu algumas modificações desde o momento de sua concepção até o estágio atual, estas modificações de certo modo mudaram o rumo do projeto e até mesmo a análise sobre os operadores da máquina.

Como o auxílio mecânico tem a proposta de manter parte da mão de obra para a execução de tarefas na máquina, a preocupação ergonômica foi exatamente sobre as condições de trabalho destes operadores. Com isso ficou a cargo do ergonômista a concepção de um posto de trabalho respeitando as características dos operadores e garantindo a sua saúde e a sua segurança.

A equipe de projeto inicialmente já havia definido como seria a tarefa do operador no posto de trabalho e também a quantidade de operadores por linha, conforme a descrição a seguir.

A primeira proposta para o posto de trabalho pode ser vista nas Figuras 28, 29, 30, 31 e 32 que ilustram o referido conceito, onde cada componente foi identificado pela mesma letra na figura 28. A primeira proposta da unidade se constituía essencialmente de uma frente de corte com largura de três ou cinco linhas, incluindo um disco flutuante para o corte basal de cada linha, seguido de um conjunto de transportadores helicoidais rotativos que conduziriam o material até uma célula de trabalho com dois operadores por linha, que catariam manualmente os colmos, cortariam os ponteiros utilizando um disco cortador disponível para cada linha e encaixariam os colmos em um transportador lateral que os conduziria até um despalhador de rolos. O despalhador retiraria as folhas e lançaria os colmos inteiros até uma carreta de descarga vertical onde os mesmos seriam armazenados ordenadamente, na direção longitudinal de marcha, para manter a densidade de carga requerida pela operação posterior de transporte.



- |   |                                    |
|---|------------------------------------|
| (a) : Operadores                        | (b) : Cortador de base             |
| (c) : Roscas transportadoras-elevadoras | (d) : Mesa de catação              |
| (e) : Esteira lateral                   | (f) : Despilhador                  |
| (g) : Esteira alimentadora              | (h) : Carreta de descarga vertical |
| (i) : Moto-reductor elétrico            | (j) : Despontador                  |
| (k) : Cobertura (sombra)                | (l) : Moto-gerador                 |

Figura 28 – Vista lateral do auxílio mecânico com legenda (BRAUNBECK E MAGALHÃES, 2009).

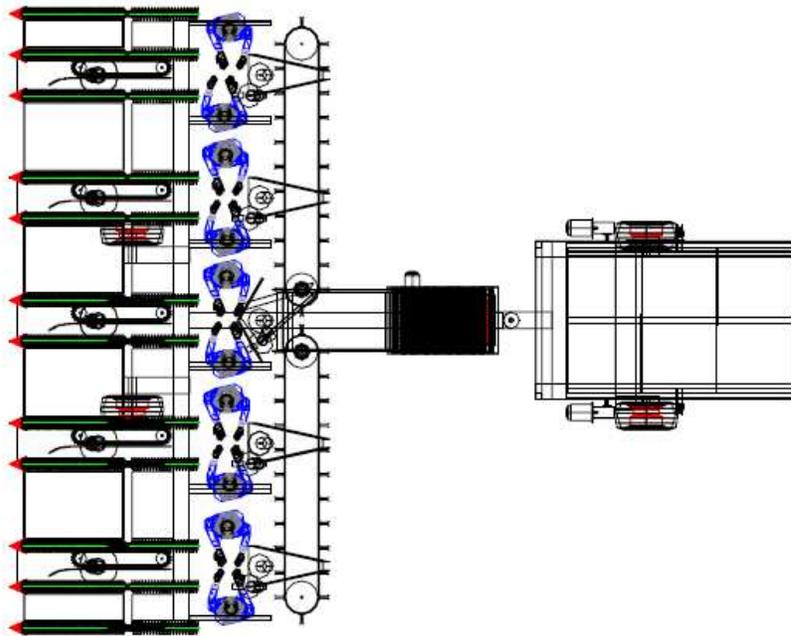


Figura 29 – Vista aérea Unimac (BRAUNBECK E MAGALHÃES, 2009).

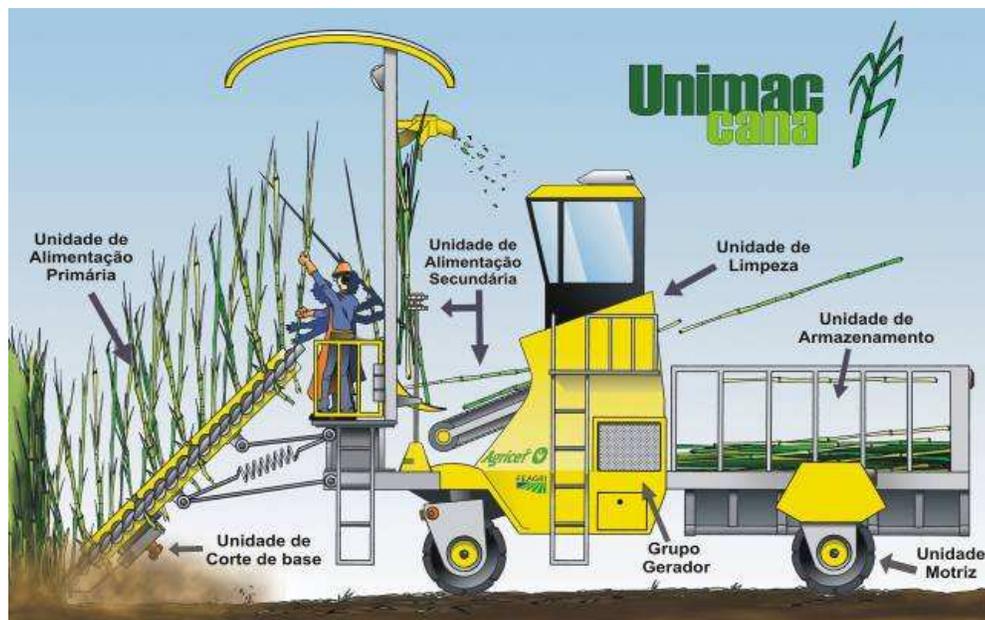


Figura 30 – Vista lateral UNIMAC CANA (AGRICEF, 2006).



Figura 31 – Vista panorâmica UNIMAC CANA (AGRICEF, 2006).

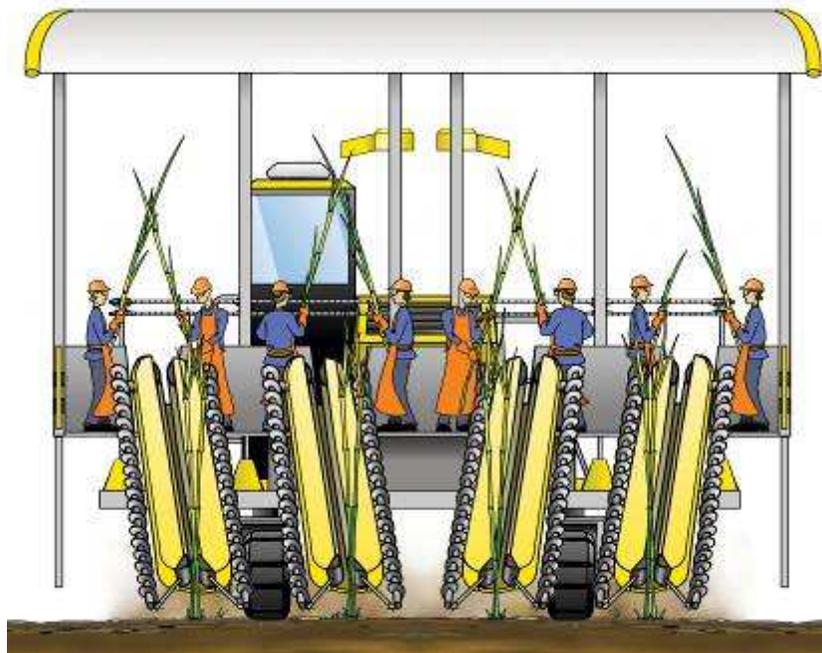


Figura 32 – Vista frontal UNIMAC CANA (AGRICEF, 2006).

Após algumas semanas, o próprio grupo de projeto encontrou limitações do sistema proposto. Primeiramente com relação às esteiras laterais concluiu-se que quando os operadores das extremidades colocavam colmos de cana, os outros operadores mais próximos do centro não conseguiam inserir seus colmos, gerando um gargalo na operação e dificultando a aplicação do projeto. Para solucionar este problema a idéia proposta foi a de colocar não apenas um despalhador para todas as fileiras, mas sim um por fileira, assim as fileiras não dependeriam uma das outras, facilitando muito a atividade e até mesmo simplificando a estrutura da máquina. Outro problema identificado logo de início foi com relação ao comprimento do posto de trabalho. Cinco linhas inicialmente projetadas fariam com que a máquina tivesse uma dimensão muito grande, tornando-a muito difícil de manobrar. A idéia então foi de limitar a apenas duas fileiras, diminuindo a dimensão da máquina de 8m para 3,5m de frente.

Foi a partir deste cenário que nosso trabalho começou a ser desenvolvido, já com os novos parâmetros foi possível ter uma idéia geral de como seria o trabalho prescrito do operador deste posto de trabalho.

A equipe de projeto também divulgou informações sobre a estrutura e funcionamento do equipamento para que desta forma o projeto do posto de trabalho, já considerasse algumas limitações estruturais do projeto. Uma primeira pesquisa teórica foi desenvolvida para buscar a normatização pertinente ao projeto e a base antropométrica da população brasileira, pois com estes dados já seria possível projetar as dimensões mínimas necessárias para o posto de trabalho. Estabeleceu-se um diálogo entre a equipe do projeto e o pesquisador, sobre as dimensões do posto de tal modo que respeitasse as normas de segurança e as medidas mínimas para a execução da tarefa dentro das limitações estruturais da máquina.

Após o dimensionamento do posto a atividade do operador passou a ser o principal foco de estudo. O grande problema foi definir como seria realizada uma atividade que ainda não existia. Devido a inexistência de informações, a análise da atividade futura foi de fundamental importância e a busca por situações de referências ajudou muito a compreender, através de outras experiências, como deveria ser o comportamento destes operadores nas condições prescritas.

Por meio dos dados passados pela equipe de projeto, foi possível calcular a frequência de trabalho que o trabalhador estaria sujeito levando-se em conta a produção desejada, a velocidade da máquina, quantidade de colmos por metro linear.

Os dispositivos de segurança necessários também seriam de fundamental importância para a adequação das dimensões ideais do posto de trabalho.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento deste projeto foi realizado a partir da interação entre diversos métodos, desde a metodologia projetual proposta por Clark e Corlet, os métodos de análise Antropométrica e Biomecânica, a aplicação das Normas Regulamentadoras de observância obrigatória, a elaboração de cenários e estudos da atividade futura.

### 5.1. Metodologia Projetual

A metodologia utilizada neste projeto seguiu o modelo proposto por Clark e Corlet, conforme foi tratado no capítulo 3.2 (Figura 12). A partir deste modelo, foi elaborada uma lista de verificação com o propósito de indicar os principais elementos ergonômicos e de segurança do trabalho pertinentes ao projeto do posto de trabalho.

Esta lista foi elaborada em forma de questionário e está apresentada na forma de quadro (Quadro1), com o objetivo de se evitar que alguns elementos fossem esquecidos ou passassem despercebidos durante o processo de elaboração do projeto. Vale lembrar que este questionário foi baseado na experiência dos envolvidos no projeto e também com a ajuda de alguns modelos de questionários e listas de verificações propostas na metodologia de projeto indicada pelos autores Clark e Corlet.

Quadro1

Questões Pertinentes	Descrição
O que o operador deve fazer? Ver? Alcançar?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Qual a atividade (tarefa) ?</li><li>• Quais são as condições de visualização do campo da tarefa (obstruções, contrastes, ofuscamentos)?</li></ul>
Quais são as condições ambientais de operação?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Existem órgãos em movimento?</li><li>• Vibrações?</li><li>• Ruído?</li><li>• Partes aquecidas?</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmosfera: poeira, gases?</li> <li>• Exposição a altas e baixas temperaturas?</li> <li>• Chuva?</li> </ul>
Como se dá o acesso ao posto de trabalho?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• corrimãos, estribos e degraus bem dimensionados?</li> <li>• Apoios?</li> </ul>
Como o operador se ajusta ao espaço de trabalho?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O dimensionamento do posto é compatível com características antropométricas dos usuários?</li> </ul>
Quais as posturas previstas a serem adotadas pelos operadores em serviço?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os operadores assumem posturas desconfortáveis?</li> <li>• Articulações em posições extremas?</li> <li>• Atividade dos membros superiores exercida acima da linha dos ombros?</li> <li>• A faixa de altura para a execução da tarefa está dentro das recomendações?</li> </ul>
Há facilidade de mudança postural durante a execução da tarefa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existem obstruções?</li> <li>• O dimensionamento permite movimentação dos operadores?</li> </ul>
Há trabalho muscular estático significativo?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O uso de grupos musculares está balanceado?</li> </ul>
Há algum dispositivo a ser operado durante a execução da tarefa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quais ferramentas?</li> <li>• Quais controles?</li> <li>• Com que frequência?</li> </ul>
Há situações de sobrecarga?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Física?</li> <li>• Cognitiva?</li> </ul>
Qual a frequência esperada de execução da tarefa?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Há esforço repetitivo?</li> <li>• Há riscos de DORT/LER?</li> <li>• Há algum tipo de pausa durante a</li> </ul>

	<p>execução da tarefa?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a produção esperada do operador (kg/h)?</li> <li>• Qual a velocidade de avanço?</li> </ul>
Quais os principais elementos que podem gerar riscos de acidentes?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Há riscos perfuro – cortantes?</li> <li>• Há risco de contato com animais peçonhentos?</li> <li>• Há risco de contato com partes móveis dos mecanismos?</li> <li>• Há pisos escorregadios?</li> <li>• Existe instabilidade da plataforma de operação e risco de queda?</li> <li>• Há riscos associados as variáveis ambientais (temperatura, ruído, clima)?</li> </ul>
Quais são as principais características do terreno?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qual a declividade do terreno?</li> </ul>
Quais são os EPI necessários para a execução da tarefa no posto de trabalho?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteção visual e facial?</li> <li>• Proteção para os membros superiores?</li> <li>• Proteção para os membros inferiores?</li> <li>• Proteção contra quedas?</li> <li>• Proteção auricular?</li> <li>• Proteção respiratória?</li> <li>• Proteção contra Insolação?</li> </ul>
Como é a organização do trabalho?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Como se darão os turnos?</li> <li>• Como será a jornada de trabalho?</li> <li>• Como serão as hierarquias?</li> <li>• Há necessidade de treinamento?</li> </ul>
Quais são os elementos de segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinalização?</li> </ul>

necessários para o operador?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rota de fuga?</li> <li>• Barreiras mecânicas?</li> <li>• Botão de emergência?</li> <li>• Dispositivos de alarme?</li> </ul>
------------------------------	--

Com este questionário foi possível construir um panorama dos principais elementos envolvidos no projeto e, deste modo, proporcionar uma elaboração de um roteiro preliminar de avaliação dos dados construtivos.

## **5.2. Adequação Antropométrica e Biomecânica**

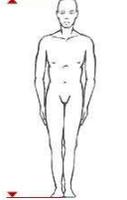
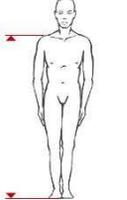
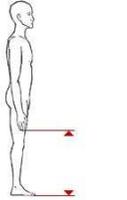
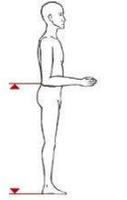
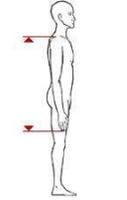
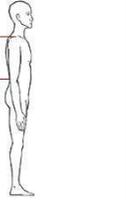
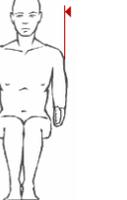
### **5.2.1. Dimensões Antropométricas**

Com a finalidade de projetar um posto de trabalho, considerando as medidas antropométricas da população brasileira, utilizou-se o Software ERGOKIT, produzido pelo INT (Instituto Nacional de Tecnologia).

Para o dimensionamento do posto de trabalho foram utilizadas as dimensões antropométricas que permitissem acomodar a maior faixa possível de operadores no posto de trabalho. Estas dimensões contemplam os usuários maiores (percentil 95% masculino) e os usuários menores (percentil 5% feminino). As medidas maiores foram empregadas para se determinar as dimensões físicas do posto de trabalho como tamanho da plataforma (largura, comprimento), evitando assim riscos de acidentes por contato com partes móveis e espaço insuficiente para a locomoção dos usuários. Já as dimensões antropométricas do menor usuário foram utilizadas para definições de alcance e altura.

As dimensões antropométricas pertinentes ao estudo dos postos de trabalho do UNIMAC CANA foram: estatura; altura do ombro em pé; distância vertical das pupilas ao solo em pé; alcance inferior máximo em pé; altura de cotovelo fletido em pé; comprimento do membro superior; comprimento interarticular ombro-cotovelo; largura bideltóide (sentado); alcance frontal máximo sentado; comprimento do antebraço-mão; comprimento máximo da mão. Estas dimensões, esquematizadas na Figura 33, têm relação direta com cada uma das partes do posto de trabalho. A estatura foi utilizada para determinar a altura mínima do posto

de trabalho, posição da plataforma com relação a cobertura e o solo. A altura do ombro foi utilizada para o posicionamento dos dispositivos da máquina. A distância vertical das pupilas ao solo foi utilizada para se determinar a linha de visão do trabalhador e evitar as possíveis obstruções visuais que pudessem prejudicar a execução da tarefa e a sua segurança. O alcance inferior máximo foi a medida utilizada para determinar a altura mínima de alcance da cana pelo operador sem que este tenha que se curvar para apanhá-la. A altura do cotovelo fletido, indicou a posição recomendada para a tarefa ser realizada. O comprimento interarticular ombro-cotovelo e comprimento do membro superior, foram as medidas utilizadas para a determinação dos alcances dos operadores e, conseqüentemente, do posicionamento e dimensões dos dispositivos do posto de trabalho. A largura bideltóide foi utilizada para o dimensionamento da largura do posto de trabalho. O alcance frontal máximo e comprimento do antebraço-mão, foram as medidas necessárias para se determinar o alcance máximo dos operadores. O comprimento máximo da mão foi utilizado para a construção de dispositivos de proteção para se evitar que o operador tenha contato com partes móveis da máquina.

 <p>Estatura</p>	 <p>Altura do ombro</p>	 <p>Distância vertical das pupilas ao solo</p>	 <p>Alcance inferior máximo em pé</p>
 <p>Altura de cotovelo fletido</p>	 <p>Comprimento do membro superior</p>	 <p>Comprimento interarticular ombro-cotovelo</p>	 <p>Largura bideltóide</p>

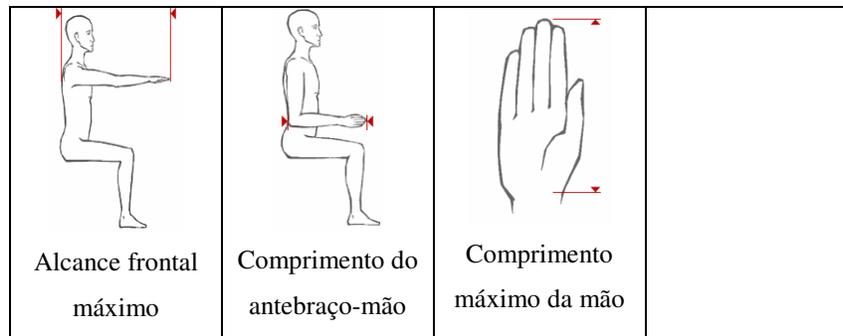


Figura 33 – Ilustração das medidas utilizadas no projeto.

### 5.2.2. Aspectos biomecânicos da tarefa

Para avaliar os aspectos biomecânicos da tarefa (postura corporal do operador e exigências ligadas à movimentação manual de cargas) foi necessária a aplicação de alguns métodos de análise correspondentes a cada um dos tópicos levantados.

Para avaliar a postura do operador, como ainda não existe um protótipo em funcionamento, foi necessária a busca por situações de referência que se aproximassem das condições esperadas para o operador do posto de trabalho. Procurou-se levantar dados posturais de trabalhadores de outros setores no qual o tipo de atividade se assemelhava com a esperada, foi possível encontrar as prováveis posturas que os operadores do posto deverão adotar durante a jornada de trabalho. Com estes dados foi possível modificar o posicionamento, a distância e outros elementos do posto para que fossem os mais adequados.

Já para a avaliação da carga de trabalho e frequência da atividade, foi necessário considerar os dados relativos a velocidade de deslocamento da máquina, produtividade esperada e quantidade média de cana por metro linear. Foi possível traçar um valor estimado da quantidade de cana que deverá ser manipulada pelos trabalhadores do posto na jornada de trabalho e os limites de velocidade da máquina, assim como a determinação das pausas.

### 5.3. Normas de Segurança

Foi necessário determinar a relação das normas com cada uma das etapas do projeto para que todo o trabalho seja orientado com relação à legislação vigente. Neste sentido considera-se:

- A norma NR 12, Máquinas e Equipamentos, foi utilizada para definir alguns elementos do projeto, tais como: pisos dos locais de trabalho, usando o melhor material para se evitar problemas relacionados a quedas ou falta de estabilidade; áreas de circulação, que implicarão nas dimensões do posto de trabalho; definição das partes móveis, para evitar acidentes; partida e parada de máquinas e equipamentos. Esta norma também teve um papel na definição dos dispositivos de proteção necessários para se evitar acidentes, e elementos para se evitar fadiga dos operadores, como apoios ou assentos no posto de trabalho.
- A norma NR 15, Atividades e Operações Insalubres, foi utilizada para avaliar os riscos ambientais prováveis a que estarão sujeitos os operadores no posto de trabalho e para sugerir os EPI necessários.
- A norma NR 17, Ergonomia, foi utilizada para se fazer um prognóstico das condições de trabalho, mais especificamente sobre: aspectos organizacionais; da natureza da tarefa; ritmos e frequências; sujeição a fatores ambientais adversos.
- A norma NR 6, Equipamentos de Proteção Individual, será utilizada para determinar quais seriam os equipamentos de proteção necessários aos trabalhadores levando-se em conta todos os elementos de riscos.
- A norma NR 31, Trabalho na Agricultura, foi consultada para se verificar a conformidade da tarefa.

#### **5.4. Cenários e Atividade Futura**

Com todo o embasamento do projeto na metodologia de Clark e Corlet, na antropometria e biomecânica e nas Normas Técnicas pertinentes, ainda ficam algumas lacunas a se preencher. Como construir um dispositivo de colheita de cana, se não há nada semelhante que revele como o trabalho poderá ser realizado e quais os possíveis riscos ao trabalhador?

Para solucionar este problema, a ergonomia de concepção aponta alguns métodos para que seja possível prever como será o trabalho no equipamento, mesmo que este ainda não exista para uma avaliação mais concreta.

O quadro da Figura 34 apresenta o método de análise da atividade futura empregado neste projeto:

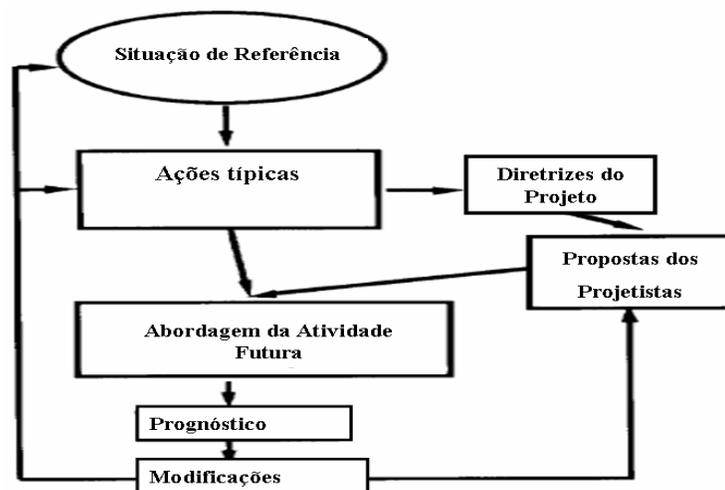


Figura 34 – Análise da atividade futura (Marçal, 2000).

O quadro, feito para uma análise de atividade futura, ajuda a indicar quais são os caminhos a se adotar para a elaboração deste projeto. Existem três elementos fundamentais apontados pelo quadro que são: a busca por situações de referência, as ações típicas e a abordagem da atividade futura.

Inicialmente foi necessária uma busca por situações de referência, que por sua semelhança com a tarefa prevista no posto de trabalho, auxiliassem na aplicação da metodologia de Clark e Corlet. Para o projeto em questão, foram encontradas poucas situações de referências que pudessem ser adotadas, justamente por ser um projeto com uma proposta muito diferente do que já existe até o momento, mas mesmo assim existem situações de referências que podem ajudar a compreender melhor a atividade do posto de forma individualizada.

Após este levantamento de possíveis atividades semelhantes às que se esperam no posto de trabalho, foi realizada uma análise da situação de referência para extrair os dados desejados para o projeto, como por exemplo, os possíveis riscos de acidentes, possíveis

posturas adotadas pelos operadores, como o operador reage a atividades com altas frequências e trabalho sob plataforma com inclinações.

O próximo passo seria avaliar as ações típicas. Inicialmente pensou-se em como se dariam cada uma das atividades envolvidas no posto de trabalho, com a ajuda das situações de referências encontradas. Então, foi possível definir os caminhos adotados para cada situação. O diagnóstico das atividades pôde ajudar a prever quais seriam os elementos com maior impacto dentro do processo.

Para Ilustrar as etapas do projeto foi criado um “*Storyboard*” apresentado nas páginas 78, 79 e 80.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Análise da Atividade Futura e a concepção do posto de trabalho**

A análise da atividade futura, das situações de referência e das ações características, auxiliaram o projeto do posto de trabalho sob a perspectiva da segurança e da ergonomia. O posto de trabalho do UNIMAC CANA foi dimensionado com base na metodologia proposta por Clark e Corlett e nos dados antropométricos e biomecânicos da população. Os métodos de análise da atividade futura da ergonomia de concepção foram de fundamental importância para o levantamento dos dispositivos de segurança, como guarda corpos, proteções para o despalhador e frente de corte e alimentação, além da recomendação de EPI para os trabalhadores.

As categorias da atividade futura que foram utilizadas na construção dos cenários foram: trabalho em pé e repetitivo, movimentação manual de cargas com altas frequências, velocidade da tarefa regida pela velocidade da máquina, movimento de torção do tronco e trabalho em plataforma com movimentos e inclinações. A partir destas categorias foi feita uma busca por atividades que apresentassem de forma completa ou parcial cada uma das condições listadas, para que a construção do dispositivo estivesse embasada em dados concretos, evitando o menor número possível de ajustes no projeto finalizado.

Categorias da Atividade:

- Trabalho em pé e repetitivo e movimentação manual de cargas com altas frequências: podem ser vistos em diversos setores e postos de trabalhos nos mais variados segmentos. Podemos dar como exemplo um posto de embalagem e expedição, onde é muito comum este tipo de situação. As situações mais comuns observadas nestes postos considerando toda uma jornada de trabalho são: desconforto que provoca diminuição da atenção e concentração, com reflexos imediatos na queda de ritmo e qualidade do trabalho, além de expor o funcionário a riscos de acidentes. A persistência dessas condições causa surgimento de doenças funcionais crônicas com inexoráveis efeitos no aumento de absenteísmo, afastamentos, substituições e necessidade de treinamento.

As enfermidades mais típicas decorrentes do trabalho em pé, estão associadas a distúrbios vasculares, como varizes, e osteomusculares - ou musculoesqueléticos, como desgastes de articulações, discos intervertebrais e tendões. Os pés são as partes dos membros inferiores mais afetadas pelos males da fadiga, vindo em seguida pernas e costas. É comum ocorrência de deformação por achatamento ou horizontalização dos pés – pronção – provocando tendinite de Aquiles, dores no calcanhar, arco do pé, joelho, tornozelo e quadril.

Uma comparação mais detalhada pode ser observada a seguir tendo como exemplo uma linha de produção em uma fábrica de macarrão caseiro.

- Movimento de torção do tronco: buscando por atividades que envolvam a torção do tronco, de forma semelhante a que se espera do operador do posto de trabalho, temos, por exemplo, a movimentação de um atleta em um caiaque. A movimentação do remo junto com o tronco revela um tipo de situação parecida com a da manipulação da cana feita pelo operador em determinadas condições. A tabela a seguir mostra a comparação entre o caiaquista e o projeto Unimac.

<b>Caiaquista</b>	<b>Unimac</b>
Postura: pernas levemente flexionadas, corpo ereto e levemente inclinado para frente.	Postura: trabalho em pé, corpo ereto.
Movimentos: O principal movimento nesta atividade é da torção do tronco. A remada é resultado do trabalho dos diversos grupos musculares, com a participação da musculatura de tronco (aprox. 75%) membros superiores (15%) e ainda (10%) do trabalho de membros inferiores.	Pela natureza da tarefa, os membros superiores serão aqueles que estarão sendo mais utilizados para o transporte dos colmos.

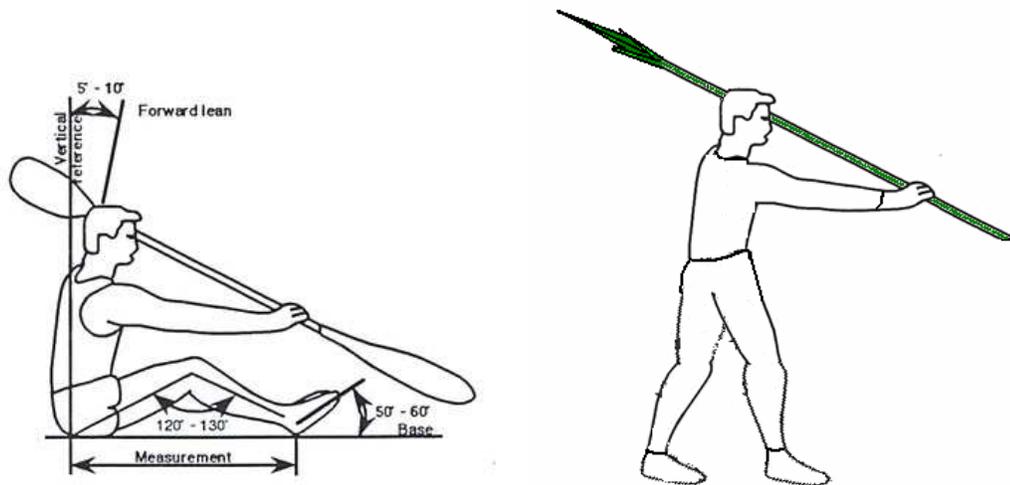


Figura 35 – Comparação entre a posição da Remada do Caiquista e o operador do posto de trabalho.

A comparação entre um atleta e um trabalhador comum pode ser complicada. É fato que um atleta treinado pode realizar uma quantidade de remadas maior que uma pessoa não treinada, e os grupos musculares estarão mais aptos para realização da tarefa. Considerando uma pessoa comum, é possível concluir que, caso a atividade tenha este tipo de movimentação deverá ser feita em intervalos maiores e possivelmente com a ajuda dos membros inferiores para que o tronco não tenha que se torcer a cada colmo que o operador deverá apanhar e levar ao despalhador. Porém, é possível que, dependendo da altura do despalhador com relação ao ponto de captação da cana, o operador faça o movimento como em uma remada (Figura 35), mesmo considerando que a remada parte de uma ação comandada pelo caiaquista e a atividade no posto de trabalho é uma ação de resposta à máquina.

Existem também muitos relatos sobre este tipo de problemas em trabalhos como telefonistas e também em alguns tipos de linhas de produção, onde o operador deve transferir material de um ponto a outro com distância pequena, mas fora do alcance direto.

- Trabalho em plataforma com movimentos e inclinações: os trabalhos em plataformas com inclinações não são muito comuns nem fáceis de encontrar. Algumas áreas apresentam situações parecidas, como, por exemplo, a de construção civil (elevadores de obra e andaimes), limpadores de janelas em andaimes (Figura 36), e também na área naval.



Figura 36 – Trabalhador em um andaime suspenso, riscos de quedas caso não seja utilizado o equipamento de segurança necessário.<sup>6</sup>

Para complementar esta pesquisa foi realizada também uma análise em embarcações de pequeno porte, onde o tripulante acaba trabalhando sobre uma superfície com inclinação variável e que se move conforme o movimento do oceano. Este tipo de situação pode ajudar a identificar alguns elementos quanto aos movimentos e inclinações que devem ocorrer no posto de trabalho. Os principais problemas relacionados à inclinação e movimentação do posto são os riscos de queda e acidentes, como tocar partes móveis da máquina por desequilíbrio.

Segundo pesquisa feita com embarcações de pequeno porte, os riscos de queda e ferimentos não representam elevados números de ocorrências (<2,5%), porém quando ocorrem situações deste tipo costumam ser fatais (ESTAÇÃO COSTEIRA CABO FRIO, 1998)<sup>7</sup>.

Foi realizada uma busca por situações semelhantes e que já possuíam estudos de natureza ergonômica. O trabalho prático “Análise Ergonômica da Atividade das Empacotadeiras de uma Fábrica de Macarrão Caseiro<sup>8</sup>” mostrou uma série de situações semelhantes com o posto de trabalho.

Este estudo de caso da fábrica de macarrão caseiro relatou as seguintes características: produção mínima esperada pelo empregador; ritmo de trabalho determinado pela máquina, trabalho em pé e repetitivo, espaço de trabalho limitado, posturas desconfortáveis. O quadro a

---

<sup>6</sup> Figura Retirada do site (<http://www.cidam.com.br/nivel3/andaimanual/andaimanual.gif>), 12/10/2010.

<sup>7</sup> Informação fornecida pelo rádio da estação costeira de Cabo Frio, publicado no trabalho de Marques e Pimenta (1998).

<sup>8</sup> Trabalho apresentado no curso de ergonomia e sistemas de produção POLI/USP (Setembro 2001)

seguir mostra um paralelo entre as condições de trabalho avaliadas na Fabrica de macarrão e no UNIMAC CANA.

**Quadro 2 - Comparação entre “Fábrica de Macarrão Caseiro” com UNIMAC.**

<b>Fabrica de macarrão</b>	<b>Unimac</b>
<p>Variedade de produtos, vários tipos de massas diferentes, este tipo de situação gera flutuações diárias na produção.</p>	<p>O produto sempre será o mesmo, porém existem variações entre as dimensões e formatos dos colmos de cana. Também deverão ocorrer oscilações na produção devido a estas variações.</p>
<p>Espaço físico insuficiente para a execução da tarefa, dificultando o trabalho.</p> <p>O espaço físico é insuficiente para movimentações de pessoas, equipamentos, embalagens e produtos, ocasionando incidentes e posturas constrangedoras que podem causar lesões músculo esqueléticas.</p>	<p>Situação que poderá ocorrer no posto de trabalho Unimac, devido às limitações das dimensões da máquina.</p>
<p>Turnos de 8 horas</p>	<p>Turno esperado em torno de 8 horas.</p>
<p>Atividade repetitiva e regida pela velocidade da esteira. O posto de empacotamento é o setor da empresa com maior número de queixas de problemas de saúde.</p> <p>Tarefas fragmentadas e repetitivas.</p>	<p>Atividade repetitiva e regida pela velocidade da máquina, quanto maior a velocidade da máquina maior a quantidade de colmos para o operador transportar de um ponto a outro.</p>
<p>A atividade permite que os funcionários possam fazer regulações e ajustes para cumprir as metas de produção e qualidade, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• acelerar o empacotamento das massas menos difíceis para compensar o tempo despendido nas massas mais difíceis;</li> <li>• acelerar o empacotamento quando tem</li> </ul>	<p>Algumas destas regulações e ajustes poderão ocorrer também no posto do Unimac, como, por exemplo, a aceleração da captação dos colmos mais eretos e fáceis de manusear, para compensar o tempo nos colmos mais complicados de manusear (cana torta).</p> <p>As posturas adotadas também deverão ser semelhantes, podendo ser alteradas conforme</p>

<p>que fazer recuperação dos pacotes que rasgam (mais freqüente), ou aproveitam as paradas da esteira ou devolvem matassas para a empacotadeira da posição anterior (menos freqüente);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• comunicar as mudanças de produtos/embalagens, problemas que ocorrem no empacotamento (embalagens que rasgam/recuperação, quantidade de matassas por pacote);</li> <li>• regular as posturas adotadas de acordo com os tipos de massas a serem empacotadas e as condições do dispositivo técnico.</li> </ul> <p>As posturas adotadas no trabalho oferecem risco de distúrbios osteomusculares e este risco pode ser agravado com a aceleração do ritmo de trabalho.</p>	<p>o estado da tarefa, assumindo posturas mais penosas ou acelerando o ritmo de trabalho.</p>
<p>A forma atual de organizar o trabalho determina pouca margem de manobra para regulações operacionais (as empacotadeiras não têm tempo para fazer recuperações de incidentes e disfunções). Aceleram o trabalho para cumprir o empacotamento previsto.</p>	<p>Metas são previstas para o auxílio mecânico, porém existirão algumas margens de manobra para regulações operacionais, mas que não estarão diretamente ligadas aos trabalhadores do posto e sim ao operador que dirigirá a máquina.</p>
<p>Os postos de trabalho tem altura fixa acarretando constrangimentos posturais diferentes para as pessoas mais altas (maior flexão de coluna) e mais baixas (maior abdução dos ombros).</p>	<p>O posto de trabalho deve conter semelhanças, pois a altura de chegada dos colmos será fixa.</p>

<p>Na cronologia da atividade da empacotadeira do final da esteira podemos observar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A sustentação de pesos é muito freqüente;</li> <li>• O peso pode variar de poucas gramas até 2 quilos, atingindo 4 quilos na arrumação da mesa da balança.</li> </ul>	<p>A quantidade de peso que deverá ser sustentado pelos operadores será bastante semelhante, já que um colmo de cana pode pesar por volta de 2kg, mas também pode variar conforme o tipo da cana colhida.</p>
---	---

O diagnóstico das atividades pode ajudar a prever quais são os elementos com maior impacto dentro do processo, desta forma é possível se precaver quanto a prováveis incidentes no posto de trabalho UNIMAC.

Em todas as atividades da fábrica de macarrão caseiro as tarefas são fragmentadas e repetitivas, e os funcionários fazem comunicações e regulações operatórias para cumprir as determinações da produção.

Todos trabalham na postura ortostática (em pé), em postos de trabalho com altura fixa e pouco espaço físico para movimentação, que condicionam posturas constrangedoras podendo ocasionar fadiga, problemas circulatórios e lesões osteomusculares.

A organização do trabalho determina pouca margem de manobra para regulações operacionais, ou seja, não somente as empacotadeiras, mas os outros funcionários não têm tempo para fazer recuperações de incidentes e disfunções.

Necessidade de acelerar o trabalho para cumprir a produção adotando posturas que levam risco osteomuscular, que é agravado pela aceleração do ritmo de trabalho.

Algumas recomendações feitas pelo estudo da Fábrica de Macarrão Caseiro podem também ajudar a definir alguns elementos para o projeto do posto de trabalho do UNIMAC:

- Na organização do trabalho a administração da empresa deve considerar todas as variações descritas para o processo ao determinar a produtividade individual e coletiva, com o objetivo de torná-la mais flexível a fim de permitir a recuperação de incidentes pelos funcionários do empacotamento. Deve-se pensar também para o posto de trabalho do UNIMAC como tornar a atividade mais flexível para que os operadores também consigam ter uma recuperação de incidentes sem maiores transtornos.
- Fazer alterações na organização da produção e do trabalho, de maneira que todos os postos de trabalho possam ser ocupados por diferentes trabalhadores (de diferentes

idades, condições físicas, sexo). O mesmo se aplica ao UNIMAC, a máquina deverá ser acessível a grande parte dos trabalhadores, respeitando tanto as condições físicas do trabalhador como do ponto de vista cognitivo, permitindo um fácil acesso a controles e *displays* da máquina.

- Envolver os funcionários da produção durante a fase de concepção de novos produtos, embalagens, dispositivos técnicos. Conhecer através destes quais são as dificuldades e os problemas que as diversas atividades envolvem para que as mudanças não tragam mais conseqüências negativas para o trabalho das pessoas.

Com o espaço físico insuficiente seria necessário repensar o fluxo da produção, pessoas, embalagens, produtos e equipamentos na tentativa de otimizar as atividades e evitar constrangimentos posturais e incidentes no trabalho

Instituir pausas para recuperação das pessoas, que estão expostas aos fatores biomecânicos citados, para prevenção de problemas de saúde (LER/DORT), inclusive, no estudo de caso, algumas pessoas já apresentavam os sintomas iniciais de lesões osteomusculares devido ao desgaste que a atividade impõe. No projeto Unimac, já se prevê a pausa natural da tarefa para o descarregamento dos colmos após o enchimento da carreta de armazenamento.

Promover mudança da postura em pé para a sentada em alguns momentos da jornada de trabalho conforme prevê a NR 17 no item 17.3.5: “Para as atividades em que os trabalhos devam ser realizados de pé, devem ser colocados assentos para descanso em locais em que possam ser utilizados por todos os trabalhadores durante as pausas”.

O principal resultado da análise das situações de referência é o de permitir repensar possíveis formas de variabilidade capazes de aparecer no futuro sistema. Após a definição dos principais elementos do projeto e suas implicações, torna-se possível traçar um plano com as ações características para cada parte do projeto.

Inicialmente pensou-se como se daria cada uma das atividades envolvidas no posto de trabalho (trabalho prescrito). Com a ajuda das situações de referências encontradas foi possível definir quais os caminhos a adotar para cada situação.

A tarefa prescrita idealizada considera que a cana deverá chegar na posição deitada para o operador, que deverá encaminha-la para a unidade de limpeza (despalhador), é importante relatar que será necessário o corte do ponteiro da cana, esta atividade poderá ser

realizada automaticamente na própria unidade de limpeza ou manualmente pelo operador, que deverá realizar esta tarefa munido de um facão ou um dispositivo de corte rotativo fixado à máquina. Para que o auxílio mecânico tenha uma produtividade relevante, o fluxo de colmos deverá ser de aproximadamente 40 canas por minuto, com uma velocidade de deslocamento da máquina próxima de 120m/h. Os operadores poderão enfrentar situações adversas, como colmos tortos e difíceis de direcionar, animais peçonhentos que podem estar junto à cana e velocidade da máquina superior à prevista. É importante levar em conta que o operador pode ter variações quanto à velocidade de execução da tarefa, pois o cansaço pode levar a uma maior lentidão.

As figuras 37 a 42 representam diferentes situações previstas na consecução da tarefa.

a) Situação 1 – Colmo reto na posição longitudinal, chegando para o ponto de pega na altura em torno de 70 cm da base da plataforma. O operador deverá conseguir agarrar a cana e encaminhá-la para o despalhador, sem que exista a necessidade de flexão do tronco.

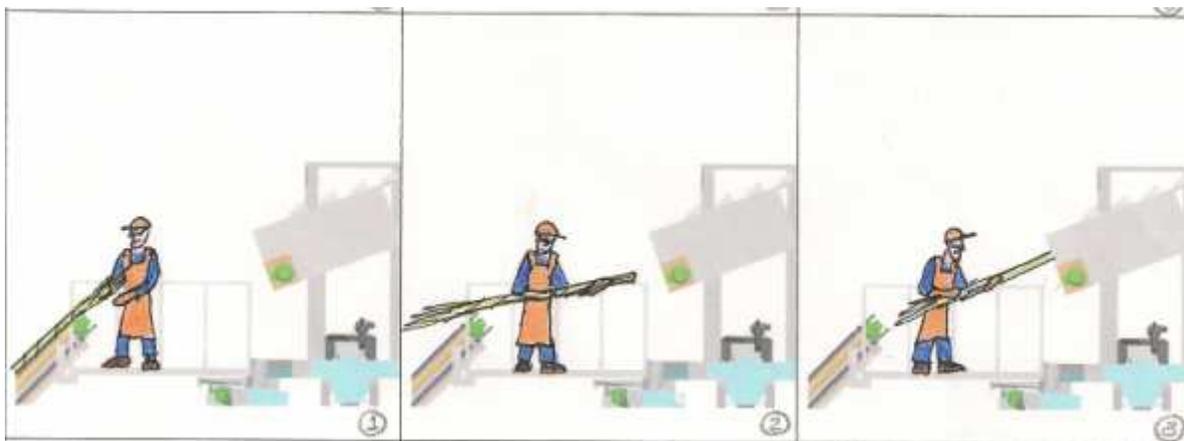


Figura 37 – Colmo reto na posição longitudinal

b) Situação 2 – Colmo na posição vertical, mesma atividade, porém o operador deverá girar o colmo para que seja inserido corretamente na unidade de limpeza.

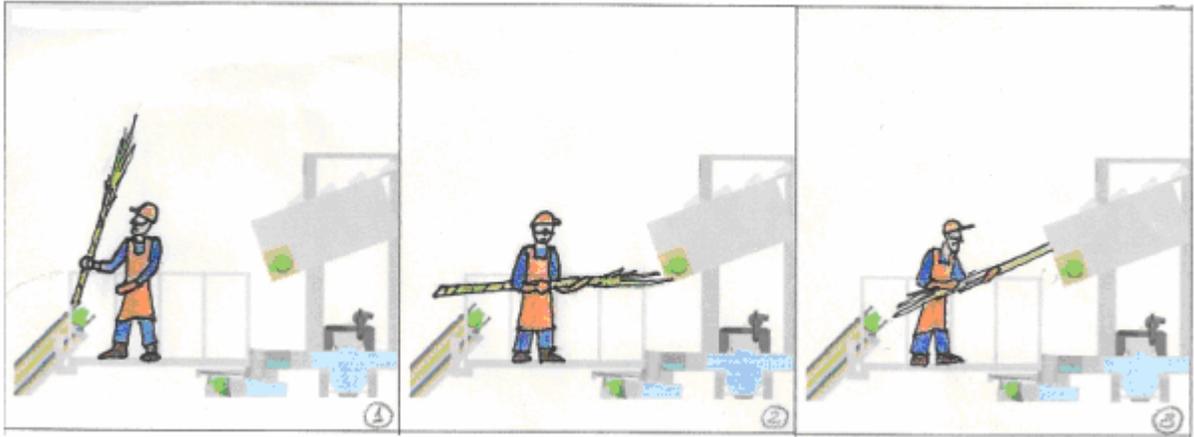


Figura 38 - Colmo reto na posição vertical

c) Situação 3 – Colmo torto. Deverá chegar para o operador de maneira singular, podendo ter seu ponto de pega em uma posição diferente do planejado. A cana torta poderá enroscar-se na máquina fazendo com que o operador tenha que se deslocar para uma posição menos segura a fim de ajudar o colmo a desenroscar-se da frente de alimentação e encaminhá-lo para a unidade de limpeza. Haverá uma dificuldade maior para o operador direcionar o colmo para o centro do despalhador.

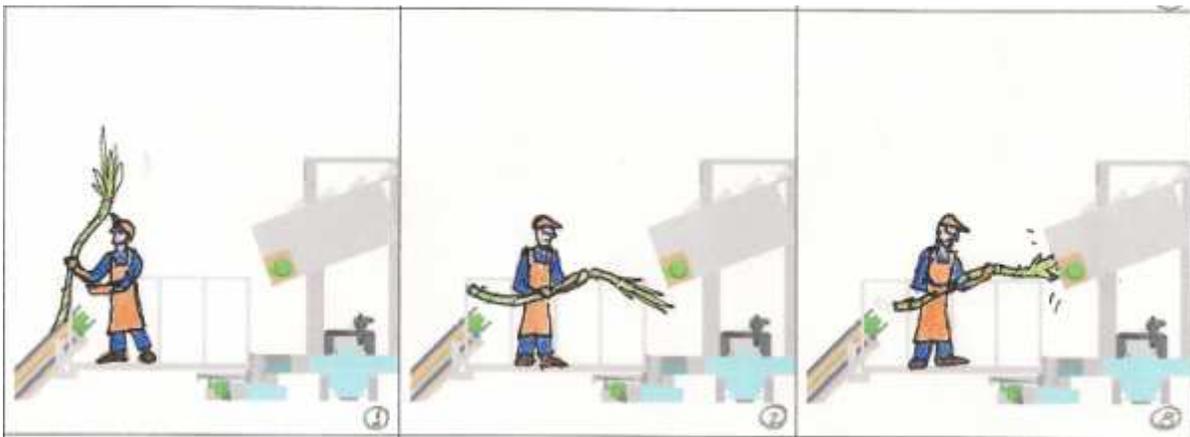


Figura 39 – Colmo Torto

d) Situação 4 – Colmo sobreposto / velocidade acima do esperado – Devido a velocidade da tarefa ser regida pela velocidade da máquina, poderá ocorrer a sobreposição de colmos. O operador se verá na posição de encaminhar uma carga mais volumosa e mais pesada para o

centro do despalhador, considerando os elementos de segurança para as partes móveis será muito difícil para o operador coordenar a inserção dos colmos nesta unidade de limpeza.

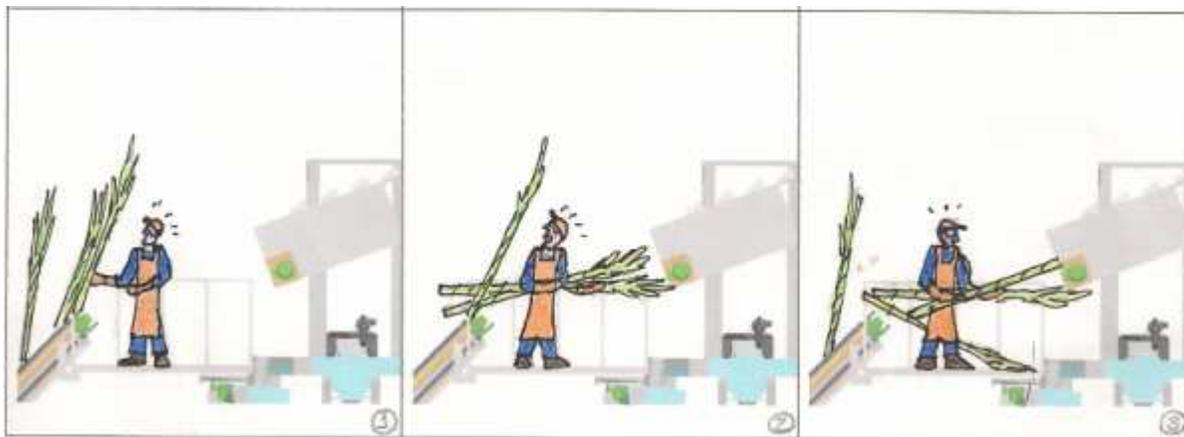


Figura 40 - Colmos sobrepostos / velocidade acima do esperado

e) Situação 5 – Existe o risco dos colmos trazerem consigo alguns tipos de animais peçonhentos, como cobras, aranhas e escorpiões. Esta situação tende a ocorrer porque não haverá queima prévia do canavial. É fundamental em uma situação destas que o operador esteja adequadamente protegido.



Figura 41 – Animais peçonhentos

f) Situação 6 – Inclinação, vibrações do posto de operação: também estão previstos para esta máquina operações em terrenos de alta declividade e acidentados. As inclinações na qual a máquina deverá trabalhar poderão apresentar risco de queda ou desequilíbrio.

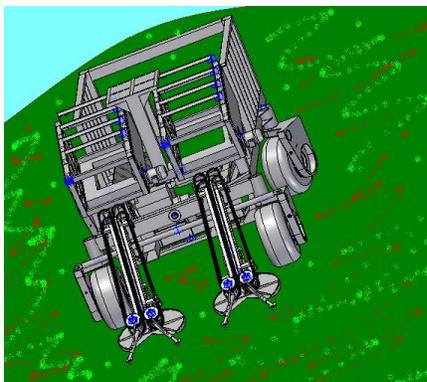


Figura 42 – Inclinação e vibrações do posto de operação.

O principal resultado da análise das situações de referência foi permitir repensar possíveis formas de variabilidade capazes de aparecer no futuro sistema. Após a definição dos principais elementos do projeto e suas implicações, torna-se possível traçar um plano com as ações características para cada parte do projeto.

Inicialmente pensou-se em como cada uma das atividades envolvidas no posto de trabalho serão realizadas; com a ajuda das situações de referências encontradas, foi possível definir quais os caminhos a se adotar para cada situação.

Devido a não definição sobre o corte do ponteiro da cana, esta etapa não foi ilustrada como parte da tarefa do operador.

## 6.2. Dimensionamento

### 6.2.1. Dimensões Antropométricas

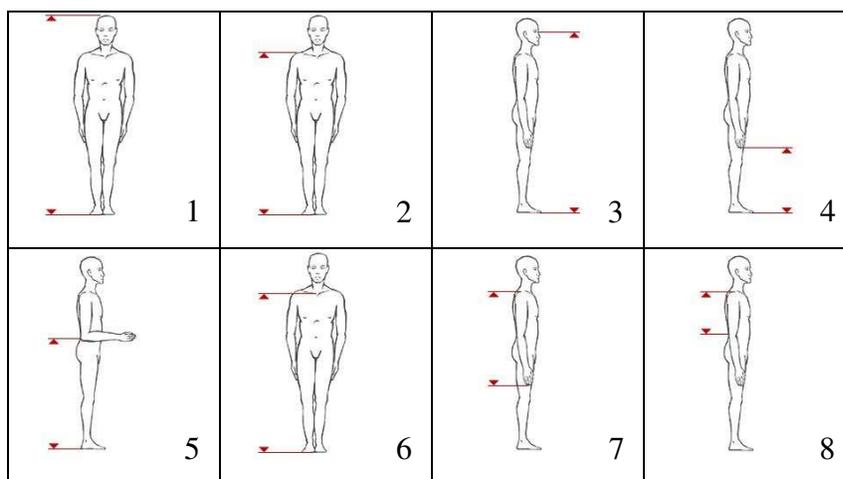
As dimensões antropométricas pertinentes ao estudo dos postos de trabalho do UNIMAC CANA podem ser observadas na Tabela 13 e Figura 43. A amostra para dados antropométricos é de 3100 homens, representantes da População Economicamente Ativa - PEA. Os indivíduos amostrados, de 18 a 65 anos, são operários e operárias de 26 empresas pertencentes aos setores industriais de alimentos e bebidas, editorial e gráfico, elétrico e de comunicações, farmacêutico, mecânico, metalúrgico, minerais não metálicos, plásticos, químico, têxtil, transporte e vestuário. A tabela 12 exhibe os percentis de 5, 50 e 95.

Tabela 13 – Dados Antropométricos utilizados no projeto do posto de trabalho.

Medida (cm)	Percentil		
	5	50	95
1 – Estatura	159,5	170	181
2 – Altura do ombro, em pé.	131,5	141	151
3 – Distância vertical das pupilas ao solo, em pé.	149	159,5	170
4 – Alcance máximo inferior, em pé.	56,5	62,5	69
5 – Altura do cotovelo fletido, em pé.	96,5	104,5	112
6 – Altura do supraesterno, em pé.	131,4	140,6	150,2
7 – Comprimento do membro superior	72,5	78,5	85
8 – Comprimento interartic ombro-cotovelo	24,3	28,8	31,8
9 – Largura bideltóide, sentado	40,0	44,4	49,9
10 – Alcance frontal máximo do homem, sentado (cm)	76,8	85,5	92,0
11 – Comprimento do antebraço-mão, sentado (cm)	43,5*	47,2	51,4
12 – Comprimento Máximo da Mão	16,1	18,6	20,7

\* Foi utilizado o percentil 5 masculino neste caso, pois não havia valores do feminino.

O percentil 5 refere-se a dimensões de indivíduos do sexo feminino, enquanto que os percentis 50 e 95 a dimensões corporais de indivíduos do sexo masculino.



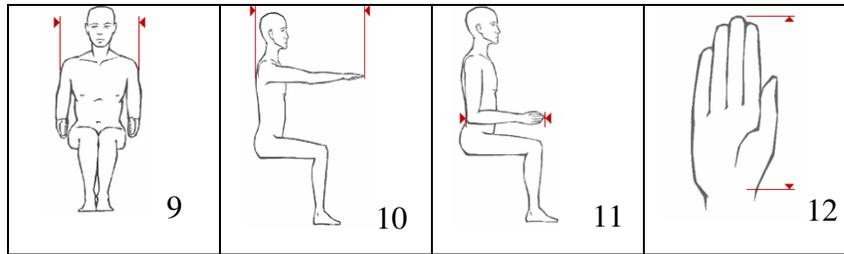


Figura 43 – Ilustração das medidas descritas na Tabela 2.

### 6.2.2. Posto de Trabalho de transferência dos colmos da UNIMAC CANA

As principais restrições dimensionais do posto de trabalho estão relacionadas às dimensões da máquina e ao espaçamento entre as fileiras de cana. Como a máquina irá dispor de duas frentes de corte, a distância máxima entre elas deve ser de 1,5m já que elas necessitam estar posicionadas conforme as fileiras de cana. Isso limita o espaço do operador em 1,5m no comprimento.

As figuras 44 e 45 mostram as dimensões do posto de trabalho inicialmente sugeridas pela equipe de projeto.

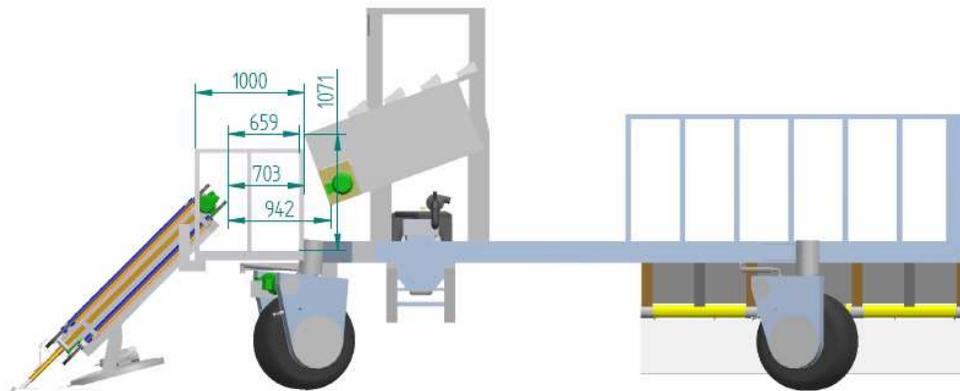


Figura 44 – Vista lateral do auxílio mecânico UNIMAC CANA

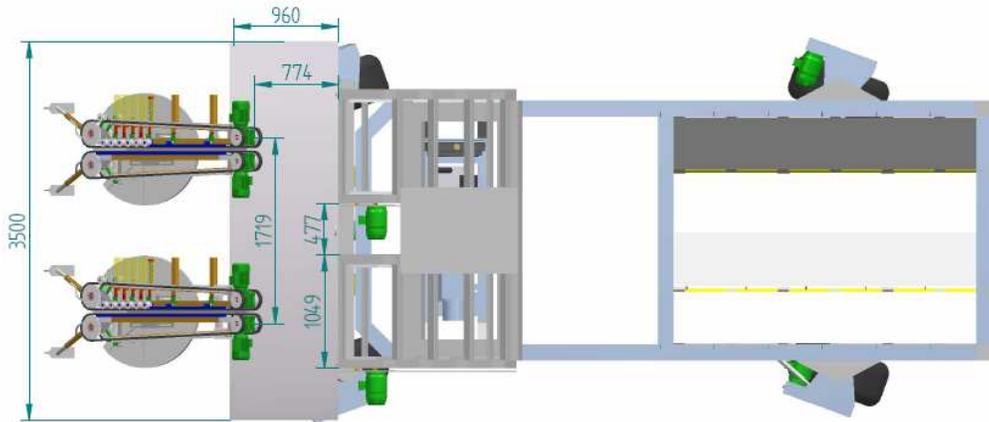


Figura 45 – Vista em planta do auxílio mecânico UNIMAC CANA (AGRIFEC, 2009).

Dimensões do posto de trabalho a partir de considerações ergonômicas e justificativas:

#### 6.2.2.1. Altura da frente de alimentação com relação ao piso do posto de trabalho

Para se definir o ponto de captura dos colmos (altura da frente de alimentação em relação ao piso do posto de trabalho), deve-se considerar, inicialmente, o alcance inferior máximo do homem (percentil 95). Segundo os dados antropométricos do Exército e da população economicamente ativa masculina, este valor é de 0,69m.

Portanto, a altura de saída da cana em relação ao piso do posto de trabalho tem que ter, no mínimo, 0,69 metros, para que os trabalhadores, do percentil 5 feminino ao percentil 95 masculino, possam executar a tarefa em posturas favoráveis dos segmentos corporais envolvidos

Ainda não se sabe com certeza em que posição a cana deverá chegar na descarga provavelmente a altura deverá oscilar dependendo do tipo de cana e de como é a plantação. Seria interessante que a maior parte dos colmos chegasse no ponto de captura na altura aproximada de 0,69m e na direção longitudinal com relação à frente de alimentação. Na prática teremos que avaliar se esta altura condiz mesmo com as condições de conforto do trabalhador, visto que teremos que levar em conta as angulações de tronco para os trabalhadores de maior estatura e as áreas de alcance para os trabalhadores de menor estatura.

A dimensão de 0,69m corresponde ao valor mínimo desejado para a captação da cana; como o trabalho deverá ser executado em pé, a altura ideal para esta atividade é aquela

executada próxima a altura do cotovelo, ou seja, baseado nos percentis 5 feminino e 95 masculino e fazendo-se ajustes, a cana deveria chegar para o operador na altura entre 0,92m à 1,12m.

#### **6.2.2.2. Características do piso de trabalho**

De acordo com a NR12, o piso do posto de trabalho deve ser de algum material não escorregadio (tipo borracha), para que este não apresente riscos provenientes de graxas, óleos e outras substâncias que o torne escorregadio. Com relação à inclinação do piso, será necessário buscar na literatura dados técnicos sobre o trabalho em pé sobre plataformas inclinadas e em movimento.

#### **6.2.2.3. Altura do despalhador em relação ao piso**

Para o dimensionamento da altura do despalhador, deve-se considerar inicialmente a altura do cotovelo fletido, do percentil 5 feminino, para sabermos a altura mínima confortável para executar atividades em que há deslocamento do braço. De acordo com os dados da TELERJ, a altura do cotovelo fletido, em pé, do sexo feminino é de 0,915m.

De acordo com o manual de aplicação dos dados antropométricos (ERGOKIT, 1998), para tarefas leves do ponto de vista da manipulação de cargas, como é o esperado do UNIMAC, é conveniente que a faixa de execução da tarefa esteja situada entre 5 e 10 cm abaixo da altura do cotovelo, medida usual para trabalhos leves em bancada. Logo, se nos basearmos na menor altura de cotovelo fletido, podemos satisfazer as condições de conforto para a maioria da população, desde a população de maior estatura até a mais baixa.

Porém, devemos considerar um ângulo de conforto para a menor altura (percentil 5 feminino), pois se dimensionarmos o despalhador somente de acordo com a altura do cotovelo feminino (percentil 5), o despalhador ficaria muito baixo para o homem percentil 95. Portanto, iremos dimensionar a altura do despalhador de acordo com a altura do cotovelo do trabalhador de menor tamanho acrescido da altura que é confortável para o mesmo em flexionar o braço-antebraço para cima, que, de acordo com os dados do manual de utilização dos dados antropométricos é de 80° (GRANDJEAN, 1998), como mostra a figura 46:

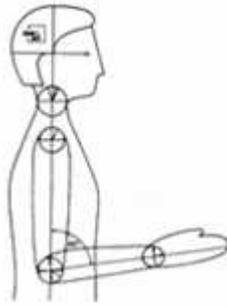


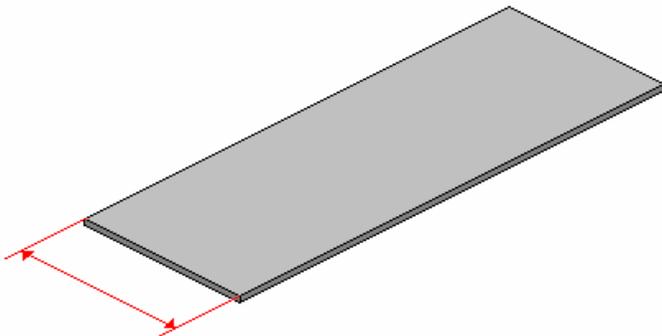
Figura 46 – Flexão do braço-antebraço em faixa de conforto (80°)

A altura vertical deslocada do antebraço, se este deslocar-se o máximo que permite o conforto ( $90^\circ - 80^\circ = 10^\circ$ ), é de 7,67cm. Utilizamos para este cálculo o comprimento do antebraço-mão do percentil 5 masculino do Exército. O ideal seria utilizar o comprimento do antebraço-mão do percentil 5 feminino, porém não haviam dados disponíveis para consulta.

Em suma, pode-se dizer que a altura máxima do despalhador para que atenda as condições de conforto, é de 1m (esta altura se refere desde o piso do posto de trabalho até o ponto médio do despalhador).

Pelos dados retirados da figura 44, o ponto central do despalhador com relação ao piso não deve chegar aos 0,8m. Seria interessante que para um melhor conforto o despalhador fosse erguido mais alguns centímetros.

#### 6.2.2.4. Largura do posto de trabalho



A largura do posto de trabalho deve ser dimensionada de forma a proporcionar conforto e segurança, tanto ao trabalhador homem (percentil 95) quanto para a mulher

(percentil 5). A dimensão corporal que pode auxiliar na determinação da largura do posto de trabalho é a largura bideltóide do homem percentil 95 que é de 0,499 metros. Esta medida corresponde a espaço mínimo ocupado pelo operador no posto, mas devemos levar em conta também a área de circulação e espaço exigido para a execução da tarefa.

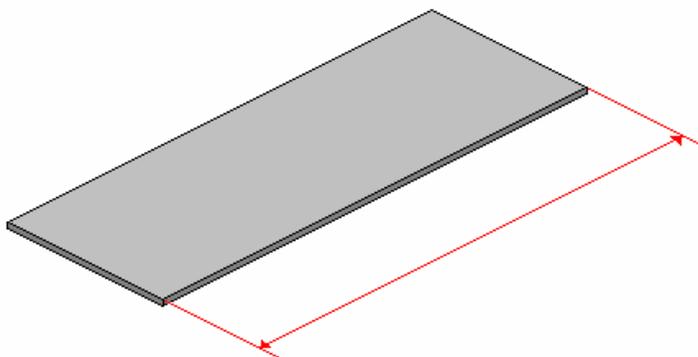
Outra consideração importante na definição da largura do posto de trabalho é a distância mínima dos trabalhadores das partes móveis da máquina, que deve ser de 0,7m (NR12).

Considerando um posto de trabalho onde o operador pode ter livre movimentação dos membros superiores a medida bideltóide deve ser acrescida das medidas dos membros superiores estendidos lateralmente, como a medida do braço para um percentil 95 masculino é de 85cm, a dimensão mínima para o posto deveria ser em torno de 2,2m. Somando a isso o espaço ocupado pelo guarda corpo e a margem exigida pela norma NR12, a largura do posto de trabalho deverá ser de aproximadamente 3m.

Esta medida já abrange a distância necessária para rotas de fuga, a largura necessária está relacionada à medida bideltóide do maior usuário duas vezes.

A proposta inicial da equipe de projeto para a largura do posto era de 0,96m; levando-se em conta os dados estudados, esta medida é incompatível, pois estaria fora das normas de segurança e também fora das dimensões antropométricas adotadas.

#### **6.2.2.5. Comprimento do posto de trabalho**



No posto de trabalho deverão trabalhar dois operadores por linha, totalizando quatro operadores na plataforma. Eles trabalharão um de frente para o outro. Segundo a

recomendação do Ergokit (INT, 1998), o alcance frontal máximo do homem percentil 95 é de 0,95m; já Clark e Corlett (1984), recomenda o máximo de 1,17m para trabalho em pé. Nesse caso, a plataforma deveria ter 4,68m.

Existe uma limitação para esta dimensão que é distância entre as fileiras de canas plantadas. As canas são plantadas com distâncias que variam de 1 a 1,5 m. Neste caso temos uma limitação da máquina na qual não é possível interferir, considerando o espaço de 1,5m entre as fileiras de cana, teríamos um espaço disponível por operador de 0,75m.

Devemos considerar que o operador não irá trabalhar na situação limite (braço estendido [0,92m]), que inclusive não seria uma posição confortável para o trabalho; segundo a literatura, a faixa de conforto deve estar entre a dimensão do antebraço (0,51m) e a do braço estendido (0,92m) fazendo-se uma média entre as duas medidas, o valor é de aproximadamente 0,71m; esta medida deverá ser suficiente para que o trabalhador execute sua tarefa sem maiores problemas. Outra consideração é o fato do trabalho ser executado por dois operadores por fileira que resultaria em uma faixa necessária entre eles para que um não atrapalhe o trabalho do outro. Para isso é importante que exista uma sincronia entre os operadores. Mesmo considerando estes valores, a medida de 0,75m deverá ser uma medida plausível até mesmo para o maior usuário.

O grupo responsável pelo projeto sugeriu a medida de 3,5m para o comprimento do posto, que, conforme os dados levantados, deverá ser suficiente para que o operador realize sua tarefa sem maiores complicações.

O dimensionamento do posto de trabalho com os valores ideais discutidos pode ser observado na figura 47.

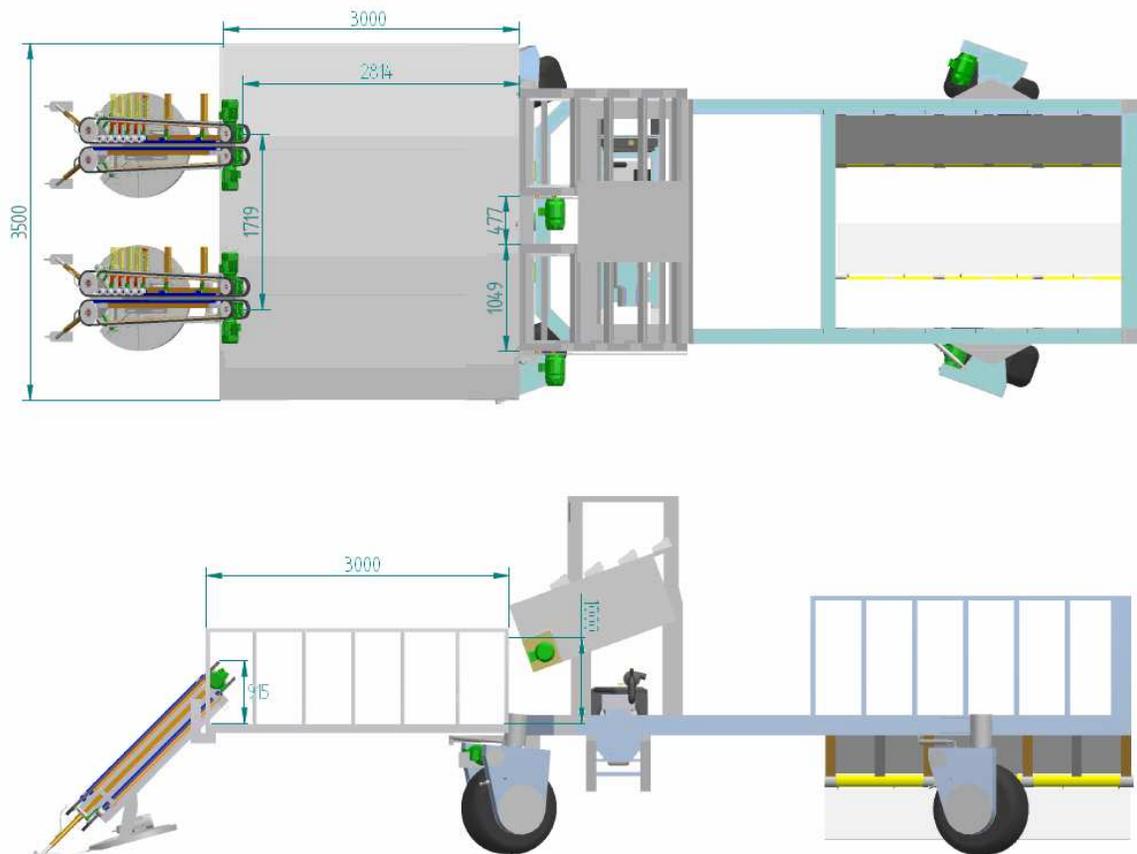


Figura 47 – Auxílio Mecânico com dimensões Ideais

### 6.3. Proteções

#### 6.3.1. Equipamento de Proteção Individual (EPI)

A partir de análises prévias, apresenta-se a seguinte lista de EPI indicados:

FINALIDADE	RISCO	EPI INDICADO
Proteção visual e facial	Impacto de partículas volante	Protetor facial (contra impacto)
Proteção dos membros superiores	Agentes cortantes e perfurantes	Luvas

Proteção dos membros inferiores e superiores	Agentes cortantes e perfurantes	Proteção de corpo inteiro (Macacão) e Botas
Proteção contra quedas com diferença de nível	Quedas em operações com movimento horizontal.	Dispositivo trava-queda e cinturão
Proteção auricular	Ruído proveniente das partes móveis e motores.	Protetor auricular

Em suma, conclui-se que será necessário o protetor facial aos trabalhadores, pois eles estarão em contato direto com os colmos, que além de partículas volantes de terra, trazem consigo palha (agente cortante), já que a cana não será previamente queimada.

A utilização de luvas, macacão e botas deve-se ao fato de que os trabalhadores serão os responsáveis por apanharem os colmos (que possuem agentes cortantes e perfurantes) e encaixar os mesmos em um despalhador de rolos individual que os conduz até o despontador e posteriormente até a unidade de limpeza.

A proteção contra quedas também é muito importante, pois o UNIMAC CANA deve operar em terrenos com declividade de até 50%, causando ao operador uma instabilidade sobre a plataforma que ainda poderá ter certa vibração devido ao tipo de terreno e algum tipo de vibração da própria máquina.

Presume-se que o ruído, em função das características da máquina (comparando com máquinas já existentes), será superior a 85dB, o que, segundo a NR15, obriga o uso de protetores auriculares.

### **6.3.2. Guarda Corpo**

As normas referem-se às dimensões dos gradis e seus componentes, ao desenho do parapeito, ao tratamento dos materiais e aos procedimentos de instalação, além de especificar testes para verificação de desempenho.

Principais exigências, segundo as normas NBR 14718 e NR18:

- Os gradis devem ter altura mínima de 1.100mm a partir do piso.

- Quando o tipo de fixação exigir execução de degrau, sua altura não poderá ultrapassar 200mm em relação ao piso.
- Muretas, quando necessárias para instalar o guarda corpo, deverão ter a altura mínima de 800mm.
- Não são permitidos travessas horizontais, barras, ou qualquer elemento decorativo que possa ser utilizado como degrau.
- Para guarda-corpos construídos por perfis verticais tipo gradil, a distância entre estes deve ser inferior a 110mm.
- O parapeito deve ter desenho arredondado, ou acentuadamente curvo, para impedir que seja usado como assento ou descanso de objetos sujeitos a queda.

Para o projeto Unimac foram elaborados dois tipos de guarda corpos. No primeiro caso (Figura 48) a cana deverá chegar na posição vertical, deste modo, foi necessário manter uma abertura na guarda corpo para que o operador pudesse coletar o colmo sem dificuldades, porém, esta abertura pode oferecer certo risco ao operador, caso exista um desequilíbrio ele poderá cair sobre a frente de corte e alimentação. A solução só é viável com a utilização de EPI como dispositivos trava-queda e cinturão.

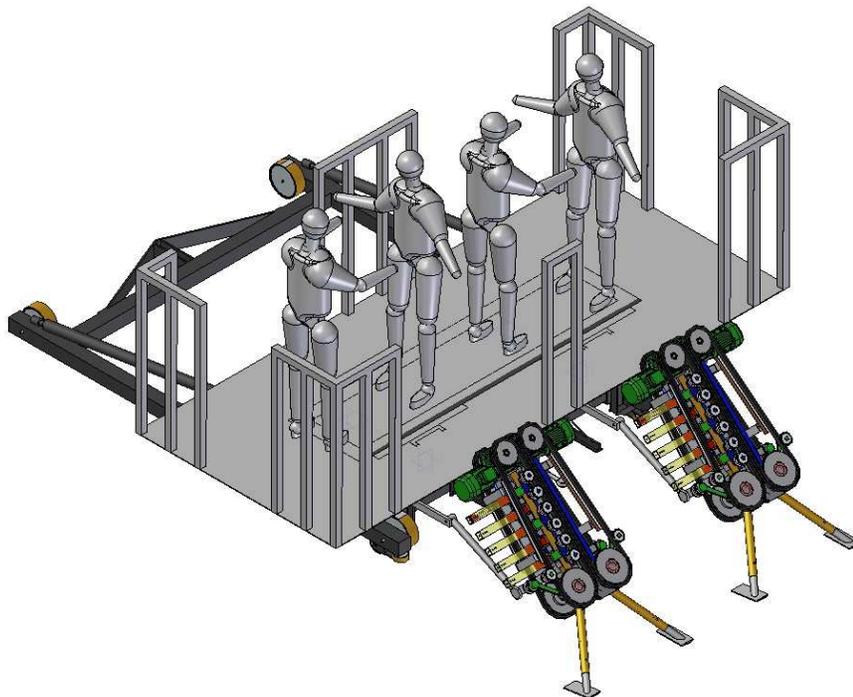


Figura 48 – Colmo na Vertical – sem barra de proteção

No segundo caso (Figura 49), a proteção é completa em todo entorno da plataforma de trabalho, porém existe a necessidade do colmo chegar na posição longitudinal para que o colmo passe pela abertura abaixo do parapeito. A ausência da abertura total do guarda corpo na linha da frente de alimentação deverá oferecer uma segurança maior para o operador.

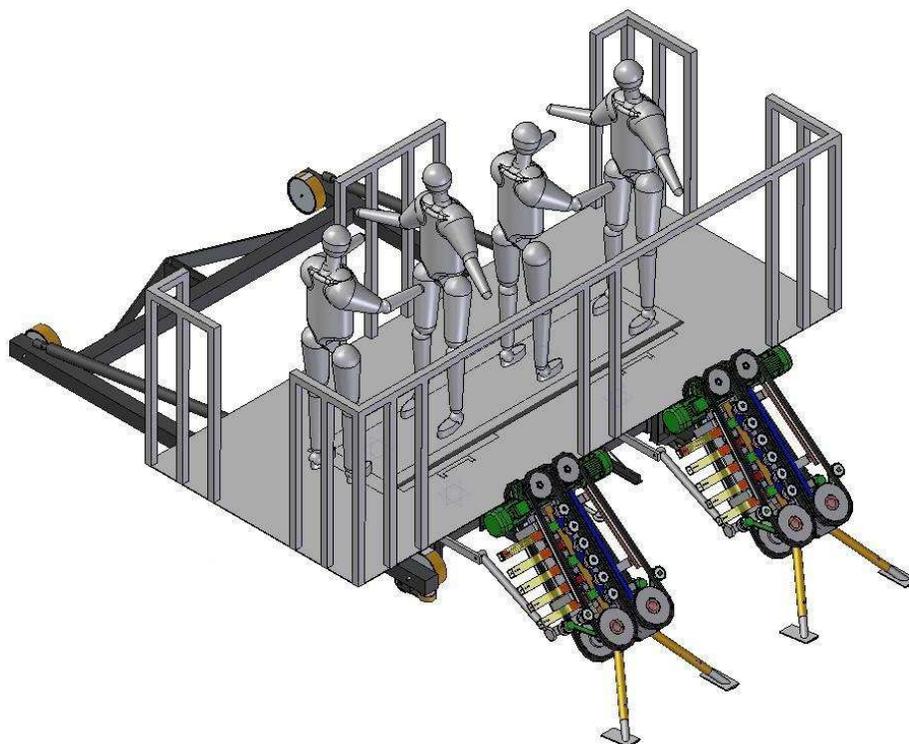


Figura 49 – Cana deitada – com barra de proteção

Em ambos os casos, para garantir a segurança dos trabalhadores o guarda corpo está seguindo a norma NR18, com altura recomendada de 1,2m, espaçamento entre as grades de 15cm, na vertical.

### 6.3.3. Proteções para partes móveis

A implementação de dispositivos de segurança para evitar o contato do operador com partes móveis da máquina é de extrema importância. O trabalho em superfície instável e uma alta carga de trabalho esperada podem agravar ainda mais a situação de risco de queda e

contato com partes móveis, já que o operador deverá trabalhar entre a frente de corte e o despalhador.

### 6.3.3.1. Proteção para a frente de corte e alimentação

O operador de fato não deverá ter qualquer tipo de contato com a frente de corte, já que deverá estar em uma plataforma em um plano superior e protegido por um sistema anti-queda, composto por EPI e pelo guarda corpo. Porém, a corrente que transporta os colmos da frente de corte até o operador na plataforma pode apresentar algum tipo de risco, principalmente se parte da roupa do operador enroscar neste dispositivo. O sistema de proteção para este caso pode amenizar bastante a situação, mas não eliminar o risco, já que uma parte da corrente ainda permanecerá exposta, pois a cana necessita de uma abertura para chegar até o operador.

O projeto consiste em uma caixa de proteção com apenas uma abertura para a passagem dos colmos. A Figura 50 mostra a proteção construída pela equipe de projeto.



Figura 50 – Proteção construída pela equipe de projeto.

Considerando o diâmetro da cana em torno de 4cm, a abertura poderá oferecer ainda algum risco ao operador. Mesmo utilizando os Equipamentos de Proteção Individual necessários, ainda existe o risco dos dedos passarem pela fresta e serem pegos pela corrente que deverá transportar a cana. Para solucionar este problema, o dispositivo de proteção deverá ter certa inclinação de forma que no centro, próximo à abertura, exista uma altura superior ao tamanho da mão de uma pessoa. Para definir esta altura, foi utilizada a dimensão do

comprimento da mão de homem de percentil 95. Esta dimensão deverá ser superior a 20cm de altura e pode ser vista na figura 51 e 52.

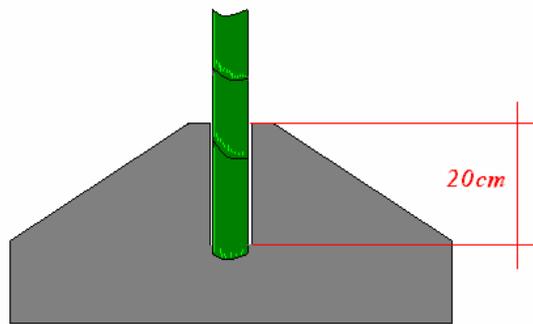


Figura 51 - Proteção em ângulo para dar suporte ao colmo e impedir contato com as correntes transportadoras.

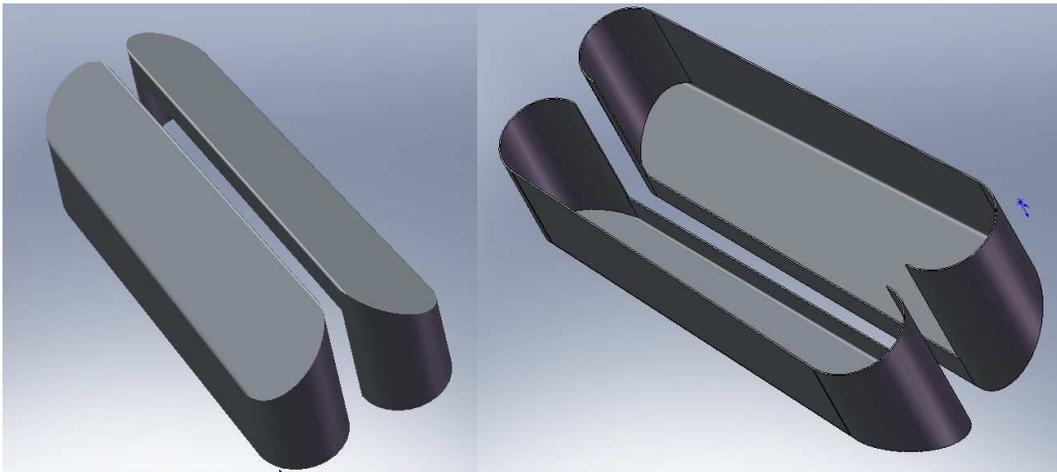


Figura 52 - Caixa de proteção das partes móveis da frente de corte e alimentação proposta.

### 6.3.3.2. Proteção para o despalhador

O despalhador é outro elemento que poderá trazer alguns riscos ao operador. O despalhador é o dispositivo no qual o operador deverá inserir os colmos de cana após serem retirados da frente de alimentação. Existe a necessidade de se criar para este dispositivo uma proteção que evite o contato do operador com as partes móveis e, ao mesmo tempo, não obstrua a inserção da cana.

Para este caso existem dois tipos de sistemas que podem ser implementados: uma proteção mecânica, conforme as figuras 53 e 54, ou a colocação de uma cortina de luz que

através de sensores, desligaria a máquina quando o operador se aproximasse demasiadamente dos rolos do despalhador. A vantagem do segundo sistema é que não haveria uma obstrução que provavelmente irá dificultar um pouco a colocação da cana no despalhador.

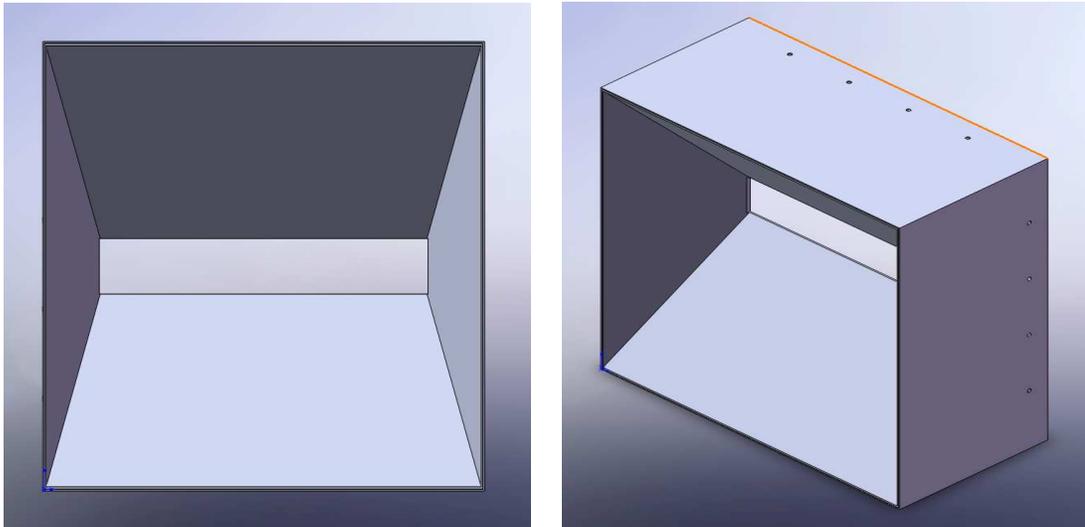


Figura 53 – Proteção Mecânica com abertura limitada para ser colocada na frente do despalhador.

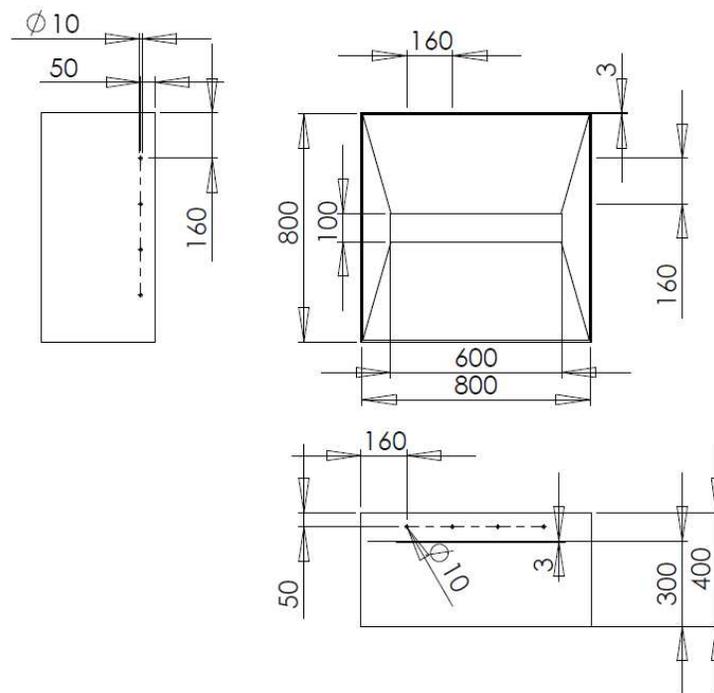


Figura 54 – Dimensionamento do dispositivo de proteção

#### 6.4. Avaliação das pausas naturais e do ciclo da tarefa na recuperação dos trabalhadores

Os dados operacionais da máquina permitiram uma apreciação inicial da carga de trabalho dos operadores do posto de trabalho. A velocidade de deslocamento da máquina oscilará entre 250 e 500 m/h. Já a densidade prevista de colmos é de 10 a 35 colmos por metro linear. As estimativas adotam 1,5 kg como a massa média de um colmo. A Tabela 14 apresenta as combinações de velocidade de deslocamento e densidade linear de colmos que geram diferentes freqüências de manipulação de colmos, fluxos mássicos e freqüências de pausa laboral, ditadas pelo tempo de enchimento da carreta nos diversos cenários.

Tabela 14 - Parâmetros da atividade em função de parâmetros operacionais.

<b>Velocidade de deslocamento (m/h)</b>	<b>Densidade linear (colmos/m)</b>	<b>Freqüência de captura (colmos/min.)</b>	<b>Fluxo mássico (kg/min.)</b>	<b>Freqüência de pausa (min.)</b>
250	10	41,7	62,5	48,0
250	35	145,8	218,75	13,7
500	10	83,3	125	24,0
500	35	291,7	437,5	6,9

Como a capacidade da carreta é de 3 toneladas, na média o equipamento deve interromper o corte a cada 8 a 10 minutos para realizar manobras de retrocesso e descarregar a cana, que de acordo com a NR17 e a norma técnica 006/2001, essa pausa natural da tarefa é benéfica, pois permite uma recuperação dos tecidos musculares dos operadores.

A grande variabilidade da carga de trabalho em função dos parâmetros operacionais do equipamento ressalta o papel da organização do trabalho na definição da velocidade de deslocamento da máquina, de forma a atribuir uma carga de trabalho razoável aos operadores equilibrada pelas freqüências de pausas.

## 7. CONCLUSÃO

A partir da análise da atividade futura e da busca por situações de referência, foi feito um esforço projetual para atender as especificações das normas regulamentadoras e contemplar as recomendações da ergonomia. O dimensionamento do posto de trabalho do UNIMAC CANA foi realizado com base na metodologia proposta por Clark e Corlett e nos dados antropométricos e biomecânicos da população. Os métodos de análise da atividade futura foram de fundamental importância para a definição dos dispositivos de segurança, além da recomendação de EPI para os trabalhadores. A contribuição ergonômica ao conceito proposto dependeu essencialmente dos estudos apontados pela metodologia projetual, como a busca por situações de referências, a análise da atividade futura e o levantamento das normatizações pertinentes ao desenvolvimento do projeto.

Apesar do posto mostrar viabilidade do ponto de vista da legislação de segurança do trabalho, as dificuldades previstas da tarefa como o excesso de EPI, a frequência de execução da tarefa, os riscos ambientais, permitem questionar a viabilidade efetiva do posto.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, Roberto F.; Ergonomia Biomecânica, 2009. Notas de Aula.

ANDERSSON, B.J.G; ORTENGREN, R. Lumbar disc pressure and myoelectric back muscle activity during sitting. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**, n.6, 1974.

AYOUB, M.M.; DEMPSEY, Patrick G. The psychophysical approach to manual materials handling task design. **Ergonomics**, 42 (1), p. 17-31, 1999.

ASIMOW, Morris. **Introdução ao Projeto de Engenharia**. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1968.

BRIDGER, R.S. **Introduction to Ergonomics**. 3ed. London: Editora Taylor & Francis, 2003.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Normas regulamentadoras**. <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/default.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/default.asp)>, 21/08/2008.

BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, Julieta T. A. Colheita de Cana-de-Açúcar com Auxílio Mecânico. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.12, Jan./Apr. 2006

BRAUNBECK, O. A.; MAGALHÃES, P.S.G. **Colheita de Cana-de-Açúcar com Auxílio Mecânico**.

<[http://www.feagri.unicamp.br/unimac/pdfs/Auxilio Mecanico Colheita Cana.pdf](http://www.feagri.unicamp.br/unimac/pdfs/Auxilio_Mecanico_Colheita_Cana.pdf)>, 05/10/2009.

CLARK, T. S.; CORLETT, E. N. **The Ergonomics of Workspaces and Machines: A Design Manual**. London and Philadelphia: Taylor & Francis, 1984.

COELHO, Luiza. Colheita manual de cana e a saúde. **Seção de cartas do Jornal Gazeta Mercantil**, 19/06/2008.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim agrometeorológico**. Brasília: Conab, p.25, mar/2009.

COUTO, Hudson de Araújo. **Ergonomia aplicada ao trabalho: manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo. v.1, p.353, 1995.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**. 1ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2007. DANIELLOU, F.; Capítulos 20 e 21.

EASTMAN KODAK COMPANY - Human Factors Section. **Ergonomic Design for People at Work**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1983.

GONZAGA, M. C. **O Uso de Luvas de Proteção no Corte Manual de Cana-de-açúcar**. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. 4ed. São Paulo: Artmed, 1998.

FERREIRA, L. L.; GONZAGA, M. C.; DONATELLI S.; BUSSACOS, M. A. **A análise coletiva dos cortadores de cana da região de Araraquara**. São Paulo: Fundacentro, 1998.

HAYASHI, Eiji. **Condições Ambientais em Escolas Municipais de Ensino Infantil da Cidade de Marília (São Paulo): Estudo de Caso**. 96p. Dissertação (Mestrado em Design) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo. 2007.

HERRIN, G. D.; CHAFFIN, D. B.; MACH, R. S.; **Criteria for Research on the Hazards of Manual Materials Handling**. Workshop Proceedings, Cincinnati, Ohio, 1974.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Produção**. 2ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2005.

INT – Instituto Nacional de Tecnologia. **Manual de Aplicação dos dados Antropométricos: ERGOKIT**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 1998.

LEAMON, T.B. Research to reality: a critical review of die validity of die various criteria for the prevention of occupationally induced low back pain. **Ergonomics**, 57(12), 1994.

LEAMON, T.B.; MURPHY, P.L. Ergonomie Losses in the Workplace: Their Reality. In F. Aghazadeh (ed.) **Advances in Industrial Ergonomics and Safen VI**. London: Taylor & Francis, 1994.

LUGLI, D. Ergonomia. **Apostila do Curso Técnico em Segurança do Trabalho –Colégio Rio Branco**, 2010.

MAIRIAUX, Ph. Polígrafo curso Ergonomia, UCL - Universidade Católica de Louvain: Cap. V: A postura de trabalho, Cap. VI: Concepção do posto de trabalho, Bélgica, 1992

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. Normas Regulamentadoras, <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras)>, 01/02/2008.

NACHEMSON, A.; ELFSTROM, G. Intravital Dynamic Pressure Measurements in Lumbar Discs. **Scan. J. Rehabilitation Medicine**, 1970.

OLIVER, Jean; MIDDLEDITH, Alison. **Anatomia funcional da coluna vertebral**. 1ed. São Paulo: Editora Revinter Ltda, 1998.

PAVANI, R. Aparecido; QUELHAS, O. L. Gonçalves. A Avaliação dos Riscos Ergonômicos como Ferramenta Gerencial em Saúde Ocupacional. In: XIII SIMPEP, Bauru, 06 a 08 de novembro de 2006.

PIMENTA, E. G.; MARQUES, F. R. **Condições de Trabalho e Segurança nas Embarcações Pesqueiras do Município de Cabo Frio-RJ no Contexto da Globalização**, 1998.

RIBEIRO, Ivan Augusto Vall; TERESO, Mauro José Andrade; ABRAHÃO, Roberto Funes. Análise ergonômica do trabalho em unidades de beneficiamento de tomates de mesa: movimentação manual de cargas. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v.39, n.4, mar/2009.

RICUPERO, Rubens. **Uma injustiça do tamanho do mundo**. Folha de São Paulo. Abril/2007 <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi1504200705.htm>>, 03/06/2009.

STEVENS, S. S. On The Psychophysical Law. **The psychological review**, v.64, n. 3, p. 153-81, 1957.

SNOOK, S.H.; IRVINE, C.H. Maximum acceptable weight of lift, **American Industrial Hygiene Association Journal**, 28, pp. 322-329, 1967.

WATERS, T.R. et al. **Applications manual for revised NIOSH lifting equation**. 1994. <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/94-110/pdfs/94-110.pdf> > 14/07/2009.

## **DEMAIS BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS**

BAPTISTA, Reynaldo Junior. **Segurança Inteligente de Máquinas**. Rockwell Automation do Brasil, São Paulo, 05/2002.

BRAUNBECK, O.; BAUEN, A.; ROSILLO-CALLE, F.; CORTEZ, L. Prospects for green cane harvesting and cane residue use in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 17, n. 6, p. 495-506, 1999.

EQUIPE ATLAS. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 53ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2003.

HUGO, V. Ministério Público confirma: cortador de cana morre em São Paulo por ter trabalhado 70 dias sem folga. <<http://www.reformaagraria.org/node/97>, 10/09/2009>.

KARHU, O., KANSI, P.; KUORINKA, I. Correcting working postures in industry. A practical method for analysis. **Applied Ergonomics**, 8, p.199-201, 1977.

PUC-RIO. **Exemplos de Riscos Ergonômicos**, <<http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/ergo.htm>>, 14/07/2007

TEIXEIRA, E.R. **Sistematização de procedimentos necessários à aplicação da equação de levantamento do NIOSH**: estudo descritivo da relação entre o índice de levantamento da equação revisada do NIOSH e a incidência de lombalgia numa amostra de trabalhadores. 239f. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2004.

VAN COTT, P.; KINKADE, R. G. **Human Engineering Guide to Equipment Design**. American Institutes for Research, Washington D. C., 1972.

WISNER, A. **Por Dentro do Trabalho** - Ergonomia: Métodos e Técnicas. São Paulo: FTD/Oboré, 1987.

## **9. APÊNDICES**

### **Normas Regulamentadoras**

#### **NR6 (Equipamento de Proteção Individual (206.000-0 / I0))**

**6.1** Para os fins de aplicação desta Norma Regulamentadora - NR, considera-se Equipamento de Proteção Individual - EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

**6.1.1** Entende-se como Equipamento Conjugado de Proteção Individual, todo aquele composto por vários dispositivos, que o fabricante tenha associado contra um ou mais riscos que possam ocorrer simultaneamente e que sejam suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.

**6.2** O equipamento de proteção individual, de fabricação nacional ou importado, só poderá ser posto à venda ou utilizado com a indicação do Certificado de Aprovação - CA, expedido pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego. (206.001-9 /I3)

**6.3** A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco, em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- a) sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças profissionais e do trabalho; (206.002-7/I4)
- b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas; e, (206.003-5 /I4)
- c) para atender a situações de emergência. (206.004-3 /I4)

**6.4** Atendidas as peculiaridades de cada atividade profissional, e observado o disposto no item 6.3, o empregador deve fornecer aos trabalhadores os EPI adequados, de acordo com o disposto no ANEXO I desta NR.

**6.4.1** As solicitações para que os produtos que não estejam relacionados no ANEXO I, desta NR, sejam considerados como EPI, bem como as propostas para reexame daqueles ora elencados, deverão ser avaliadas por comissão tripartite a ser constituída pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, após ouvida a CTPP, sendo as conclusões submetidas àquele órgão do Ministério do Trabalho e Emprego para aprovação.

**6.5** Compete ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho - SESMT, ou a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, nas empresas desobrigadas de manter o SESMT, recomendar ao empregador o EPI adequado ao risco existente em determinada atividade.

**6.5.1** Nas empresas desobrigadas de constituir CIPA, cabe ao designado, mediante orientação de profissional tecnicamente habilitado, recomendar o EPI adequado à proteção do trabalhador.

**6.6** Cabe ao empregador

**6.6.1** Cabe ao empregador quanto ao EPI :

- a) adquirir o adequado ao risco de cada atividade; (206.005-1 /I3)
- b) exigir seu uso; (206.006-0 /I3)
- c) fornecer ao trabalhador somente o aprovado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho; (206.007-8/I3)
- d) orientar e treinar o trabalhador sobre o uso adequado, guarda e conservação; (206.008-6 /I3)
- e) substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado; (206.009-4 /I3)
- f) responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica; e, (206.010-8 /I1)

g) comunicar ao MTE qualquer irregularidade observada. (206.011-6 /I1)

## **6.7 Cabe ao empregado**

### **6.7.1 Cabe ao empregado quanto ao EPI:**

- a) usar, utilizando-o apenas para a finalidade a que se destina;
- b) responsabilizar-se pela guarda e conservação;
- c) comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso; e,
- d) cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

## **6.8 Cabe ao fabricante e ao importador**

### **6.8.1 O fabricante nacional ou o importador deverá:**

- a) cadastrar-se, segundo o ANEXO II, junto ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho; (206.012-4 /I1)
- b) solicitar a emissão do CA, conforme o ANEXO II; (206.013-2 /I1)
- c) solicitar a renovação do CA, conforme o ANEXO II, quando vencido o prazo de validade estipulado pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde do trabalho; (206.014-0 /I1)
- d) requerer novo CA, de acordo com o ANEXO II, quando houver alteração das especificações do equipamento aprovado; (206.015-9 /I1)
- e) responsabilizar-se pela manutenção da qualidade do EPI que deu origem ao Certificado de Aprovação - CA; (206.016-7 /I2)
- f) comercializar ou colocar à venda somente o EPI, portador de CA; (206.017-5 /I3)
- g) comunicar ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho quaisquer alterações dos dados cadastrais fornecidos; (206.0118-3 /I1)
- h) comercializar o EPI com instruções técnicas no idioma nacional, orientando sua utilização, manutenção, restrição e demais referências ao seu uso; (206.019-1 /I1)
- i) fazer constar do EPI o número do lote de fabricação; e, (206.020-5 /I1)

- j) providenciar a avaliação da conformidade do EPI no âmbito do SINMETRO, quando for o caso. (206.021-3 /I1)

## 6.9 Certificado de Aprovação - CA

### 6.9.1 Para fins de comercialização o CA concedido aos EPI terá validade:

- a) de 5 (cinco) anos, para aqueles equipamentos com laudos de ensaio que não tenham sua conformidade avaliada no âmbito do SINMETRO;
- b) do prazo vinculado à avaliação da conformidade no âmbito do SINMETRO, quando for o caso;
- c) de 2 (dois) anos, quando não existirem normas técnicas nacionais ou internacionais, oficialmente reconhecidas, ou laboratório capacitado para realização dos ensaios, sendo que nesses casos os EPI terão sua aprovação pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, mediante apresentação e análise do Termo de Responsabilidade Técnica e da especificação técnica de fabricação, podendo ser renovado até dezembro de 2007, quando se expirarão os prazos concedidos (**Nova redação dada pela Portaria nº 194, de 22/12/2006 - DOU DE 28/12/2006**)
- d) de 2 (dois) anos, renováveis por igual período, para os EPI desenvolvidos após a data da publicação desta NR, quando não existirem normas técnicas nacionais ou internacionais, oficialmente reconhecidas, ou laboratório capacitado para realização dos ensaios, caso em que os EPI serão aprovados pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, mediante apresentação e análise do Termo de Responsabilidade Técnica e da especificação técnica de fabricação.

**6.9.2** O órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, quando necessário e mediante justificativa, poderá estabelecer prazos diversos daqueles dispostos no subitem 6.9.1.

**6.9.3** Todo EPI deverá apresentar em caracteres indelévels e bem visíveis, o nome comercial da empresa fabricante, o lote de fabricação e o número do CA, ou, no caso de EPI importado, o nome do importador, o lote de fabricação e o número do CA. (206.022-1/11)

**6.9.3.1** Na impossibilidade de cumprir o determinado no item 6.9.3, o órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho poderá autorizar forma alternativa de gravação, a ser proposta pelo fabricante ou importador, devendo esta constar do CA.

## **6.10** Restauração, lavagem e higienização de EPI

**6.10.1** Os EPI passíveis de restauração, lavagem e higienização, serão definidos pela comissão tripartite constituída, na forma do disposto no item 6.4.1, desta NR, devendo manter as características de proteção original.

## **6.11** Da competência do Ministério do Trabalho e Emprego / TEM

**6.11.1** Cabe ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho:

- a) cadastrar o fabricante ou importador de EPI;
- b) receber e examinar a documentação para emitir ou renovar o CA de EPI;
- c) estabelecer, quando necessário, os regulamentos técnicos para ensaios de EPI;
- d) emitir ou renovar o CA e o cadastro de fabricante ou importador;
- e) fiscalizar a qualidade do EPI;
- f) suspender o cadastramento da empresa fabricante ou importadora; e,
- g) cancelar o CA.

**6.11.1.1** Sempre que julgar necessário o órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, poderá requisitar amostras de EPI, identificadas com o nome do fabricante e o número de referência, além de outros requisitos.

**6.11.2** Cabe ao órgão regional do MTE:

- a) fiscalizar e orientar quanto ao uso adequado e a qualidade do EPI;
- b) recolher amostras de EPI; e,
- c) aplicar, na sua esfera de competência, as penalidades cabíveis pelo descumprimento desta NR.

## **6.12** Fiscalização para verificação do cumprimento das exigências legais relativas ao EPI.

**6.12.1** Por ocasião da fiscalização poderão ser recolhidas amostras de EPI, no fabricante ou importador e seus distribuidores ou revendedores, ou ainda, junto à empresa utilizadora, em número mínimo a ser estabelecido nas normas técnicas de ensaio, as quais serão encaminhadas, mediante ofício da autoridade regional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, a um laboratório credenciado junto ao MTE ou ao SINMETRO, capaz de realizar os respectivos laudos de ensaios, ensejando comunicação posterior ao órgão nacional competente.

**6.12.2** O laboratório credenciado junto ao MTE ou ao SINMETRO, deverá elaborar laudo técnico, no prazo de 30 (trinta) dias a contar do recebimento das amostras, ressalvados os casos em que o laboratório justificar a necessidade de dilatação deste prazo, e encaminhá-lo ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, ficando reservado a parte interessada acompanhar a realização dos ensaios.

**6.12.2.1** Se o laudo de ensaio concluir que o EPI analisado não atende aos requisitos mínimos especificados em normas técnicas, o órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho expedirá ato suspendendo a comercialização e a utilização do lote do equipamento referenciado, publicando a decisão no Diário Oficial da União - DOU.

**6.12.2.2** A Secretaria de Inspeção do Trabalho - SIT, quando julgar necessário, poderá requisitar para analisar, outros lotes do EPI, antes de proferir a decisão final.

**6.12.2.3** Após a suspensão de que trata o subitem 6.12.2.1, a empresa terá o prazo de 10 (dez) dias para apresentar defesa escrita ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho.

**6.12.2.4** Esgotado o prazo de apresentação de defesa escrita, a autoridade competente do Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho - DSST, analisará o processo e proferirá sua decisão, publicando-a no DOU.

**6.12.2.5** Da decisão da autoridade responsável pelo DSST, caberá recurso, em última instância, ao Secretário de Inspeção do Trabalho, no prazo de 10 (dez) dias a contar da data da publicação da decisão recorrida.

**6.12.2.6** Mantida a decisão recorrida, o Secretário de Inspeção do Trabalho poderá determinar o recolhimento do(s) lote(s), com a conseqüente proibição de sua comercialização ou ainda o cancelamento do CA.

**6.12.3** Nos casos de reincidência de cancelamento do CA, ficará a critério da autoridade competente em matéria de segurança e saúde no trabalho a decisão pela concessão, ou não, de um novo CA

**6.12.4** As demais situações em que ocorra suspeição de irregularidade, ensejarão comunicação imediata às empresas fabricantes ou importadoras, podendo a autoridade competente em matéria de segurança e saúde no trabalho suspender a validade dos Certificados de Aprovação de EPI emitidos em favor das mesmas, adotando as providências cabíveis.

## **ANEXO I**

### **LISTA DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**

#### **A - EPI PARA PROTEÇÃO DA CABEÇA**

##### **A.1 - Capacete**

- a) capacete de segurança para proteção contra impactos de objetos sobre o crânio;
- b) capacete de segurança para proteção contra choques elétricos;
- c) capacete de segurança para proteção do crânio e face contra riscos provenientes de fontes geradoras de calor nos trabalhos de combate a incêndio.

## **A.2 - Capuz**

- a) capuz de segurança para proteção do crânio e pescoço contra riscos de origem térmica;
- b) capuz de segurança para proteção do crânio e pescoço contra respingos de produtos químicos;
- c) capuz de segurança para proteção do crânio em trabalhos onde haja risco de contato com partes giratórias ou móveis de máquinas.

## **B - EPI PARA PROTEÇÃO DOS OLHOS E FACE**

### **B.1 - Óculos**

- a) óculos de segurança para proteção dos olhos contra impactos de partículas volantes;
- b) óculos de segurança para proteção dos olhos contra luminosidade intensa;
- c) óculos de segurança para proteção dos olhos contra radiação ultra-violeta;
- d) óculos de segurança para proteção dos olhos contra radiação infra-vermelha;
- e) óculos de segurança para proteção dos olhos contra respingos de produtos químicos.

### **B.2 - Protetor facial**

- a) protetor facial de segurança para proteção da face contra impactos de partículas volantes;
- b) protetor facial de segurança para proteção da face contra respingos de produtos químicos;
- c) protetor facial de segurança para proteção da face contra radiação infra-vermelha;
- d) protetor facial de segurança para proteção dos olhos contra luminosidade intensa.

### **B.3 - Máscara de Solda**

- a) máscara de solda de segurança para proteção dos olhos e face contra impactos de partículas volantes;
- b) máscara de solda de segurança para proteção dos olhos e face contra radiação ultra-violeta;
- c) máscara de solda de segurança para proteção dos olhos e face contra radiação infravermelha;
- d) máscara de solda de segurança para proteção dos olhos e face contra luminosidade intensa.

## **C - EPI PARA PROTEÇÃO AUDITIVA**

### **C.1 - Protetor auditivo**

- a) protetor auditivo circum-auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR - 15, Anexos I e II;
- b) protetor auditivo de inserção para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR - 15, Anexos I e II;
- c) protetor auditivo semi -auricular para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR - 15, Anexos I e II.

## **D - EPI PARA PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA**

### **D.1 - Respirador purificador de ar**

- a) respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra poeiras e névoas;
- b) respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas e fumos;
- c) respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas, fumos e radionuclídeos;
- d) respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra vapores orgânicos ou gases ácidos em ambientes com concentração inferior a 50 ppm (parte por milhão);

- e) respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra gases emanados de produtos químicos;
- f) respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra partículas e gases emanados de produtos químicos;
- g) respirador purificador de ar motorizado para proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas, fumos e radionuclídeos.

#### **D.2 - Respirador de adução de ar**

- a) respirador de adução de ar tipo linha de ar comprimido para proteção das vias respiratórias em atmosferas com concentração Imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde e em ambientes confinados;
- b) máscara autônoma de circuito aberto ou fechado para proteção das vias respiratórias em atmosferas com concentração Imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde e em ambientes confinados;

#### **D.3 - Respirador de fuga**

- a) respirador de fuga para proteção das vias respiratórias contra agentes químicos em condições de escape de atmosferas Imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde ou com concentração de oxigênio menor que 18 % em volume.

### **E - EPI PARA PROTEÇÃO DO TRONCO**

**E.1** - Vestimentas de segurança que ofereçam proteção ao tronco contra riscos de origem térmica, mecânica, química, radioativa e meteorológica e umidade proveniente de operações com uso de água.

**E.2** Colete à prova de balas de uso permitido para vigilantes que trabalhem portando arma de fogo, para proteção do tronco contra riscos de origem mecânica. **(Incluído pela PORTARIA MTE/SIT/DSST N° 191/2006)**

## **F - EPI PARA PROTEÇÃO DOS MEMBROS SUPERIORES**

### **F.1 - Luva**

- a) luva de segurança para proteção das mãos contra agentes abrasivos e escoriantes;
- b) luva de segurança para proteção das mãos contra agentes cortantes e perfurantes;
- c) luva de segurança para proteção das mãos contra choques elétricos;
- d) luva de segurança para proteção das mãos contra agentes térmicos;
- e) luva de segurança para proteção das mãos contra agentes biológicos;
- f) luva de segurança para proteção das mãos contra agentes químicos;
- g) luva de segurança para proteção das mãos contra vibrações;
- h) luva de segurança para proteção das mãos contra radiações ionizantes.

### **F.2 - Creme protetor**

- a) creme protetor de segurança para proteção dos membros superiores contra agentes químicos, de acordo com a Portaria SSST nº 26, de 29/12/1994.

### **F.3 - Manga**

- a) manga de segurança para proteção do braço e do antebraço contra choques elétricos;
- b) manga de segurança para proteção do braço e do antebraço contra agentes abrasivos e escoriantes;
- c) manga de segurança para proteção do braço e do antebraço contra agentes cortantes e perfurantes;
- d) manga de segurança para proteção do braço e do antebraço contra umidade proveniente de operações com uso de água;
- e) manga de segurança para proteção do braço e do antebraço contra agentes térmicos.

### **F.4 - Braçadeira**

a) braçadeira de segurança para proteção do antebraço contra agentes cortantes.

#### **F.5 - Dedeira**

a) dedeira de segurança para proteção dos dedos contra agentes abrasivos e escoriantes.

### **G - EPI PARA PROTEÇÃO DOS MEMBROS INFERIORES**

#### **G.1 - Calçado**

- a) calçado de segurança para proteção contra impactos de quedas de objetos sobre os artelhos;
- b) calçado de segurança para proteção dos pés contra choques elétricos;
- c) calçado de segurança para proteção dos pés contra agentes térmicos;
- d) calçado de segurança para proteção dos pés contra agentes cortantes e escoriantes;
- e) calçado de segurança para proteção dos pés e pernas contra umidade proveniente de operações com uso de água;
- f) calçado de segurança para proteção dos pés e pernas contra respingos de produtos químicos.

#### **G.2 - Meia**

a) meia de segurança para proteção dos pés contra baixas temperaturas.

#### **G.3 - Perneira**

- a) perneira de segurança para proteção da perna contra agentes abrasivos e escoriantes;
- b) perneira de segurança para proteção da perna contra agentes térmicos;
- c) perneira de segurança para proteção da perna contra respingos de produtos químicos;
- d) perneira de segurança para proteção da perna contra agentes cortantes e perfurantes;
- e) perneira de segurança para proteção da perna contra umidade proveniente de operações com uso de água.

#### **G.4 - Calça**

- a) calça de segurança para proteção das pernas contra agentes abrasivos e escoriantes;
- b) calça de segurança para proteção das pernas contra respingos de produtos químicos;
- c) calça de segurança para proteção das pernas contra agentes térmicos;
- d) calça de segurança para proteção das pernas contra umidade proveniente de operações com uso de água.

### **H - EPI PARA PROTEÇÃO DO CORPO INTEIRO**

#### **H.1 - Macacão**

- a) macacão de segurança para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra chamas;
- b) macacão de segurança para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra agentes térmicos;
- c) macacão de segurança para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra respingos de produtos químicos;
- d) macacão de segurança para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra umidade proveniente de operações com uso de água.

#### **H.2 - Conjunto**

- a) conjunto de segurança, formado por calça e blusão ou jaqueta ou paletó, para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra agentes térmicos;
- b) conjunto de segurança, formado por calça e blusão ou jaqueta ou paletó, para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra respingos de produtos químicos;
- c) conjunto de segurança, formado por calça e blusão ou jaqueta ou paletó, para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra umidade proveniente de operações com uso de água;

d) conjunto de segurança, formado por calça e blusão ou jaqueta ou paletó, para proteção do tronco e membros superiores e inferiores contra chamas.

### **H.3 - Vestimenta de corpo inteiro**

a) vestimenta de segurança para proteção de todo o corpo contra respingos de produtos químicos;

b) vestimenta de segurança para proteção de todo o corpo contra umidade proveniente de operações com água.

## **I - EPI PARA PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS COM DIFERENÇA DE NÍVEL**

### **I.1 - Dispositivo trava-queda**

a) dispositivo trava-queda de segurança para proteção do usuário contra quedas em operações com movimentação vertical ou horizontal, quando utilizado com cinturão de segurança para proteção contra quedas.

### **I.2 - Cinturão**

a) cinturão de segurança para proteção do usuário contra riscos de queda em trabalhos em altura;

b) cinturão de segurança para proteção do usuário contra riscos de queda no posicionamento em trabalhos em altura.

**Nota:** O presente Anexo poderá ser alterado por portaria específica a ser expedida pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho, após observado o disposto no subitem 6.4.1.

## **ANEXO II**

1.1 - O cadastramento das empresas fabricantes ou importadoras, será feito mediante a apresentação de formulário único, conforme o modelo disposto no ANEXO III, desta NR, devidamente preenchido e acompanhado de requerimento dirigido ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho.

1.2 - Para obter o CA, o fabricante nacional ou o importador, deverá requerer junto ao órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde no trabalho a aprovação do EPI.

1.3 - O requerimento para aprovação do EPI de fabricação nacional ou importado deverá ser formulado, solicitando a emissão ou renovação do CA e instruído com os seguintes documentos:

- a) memorial descritivo do EPI, incluindo o correspondente enquadramento no ANEXO I desta NR, suas características técnicas, materiais empregados na sua fabricação, uso a que se destina e suas restrições;
- b) cópia autenticada do relatório de ensaio, emitido por laboratório credenciado pelo órgão competente em matéria de segurança e saúde no trabalho ou do documento que comprove que o produto teve sua conformidade avaliada no âmbito do SINMETRO, ou, ainda, no caso de não haver laboratório credenciado capaz de elaborar o relatório de ensaio, do Termo de Responsabilidade Técnica, assinado pelo fabricante ou importador, e por um técnico registrado em Conselho Regional da Categoria;
- c) cópia autenticada e atualizada do comprovante de localização do estabelecimento, e,
- d) cópia autenticada do certificado de origem e declaração do fabricante estrangeiro autorizando o importador ou o fabricante nacional a comercializar o produto no Brasil, quando se tratar de EPI importado.

#### **-NR12 (Máquinas e Equipamentos (112.000-0))**

A norma regulamentadora 12 está intimamente associada aos aspectos gerais das máquinas e dos equipamentos. Ela está subdividida em:

### 12.1 – Instalações e áreas de trabalho:

- Os pisos dos locais de trabalho, para que estes não apresentem riscos provenientes de graxas, óleos e outras substâncias que os tornem escorregadios. (112.001-8 / I1)
- As áreas de circulação e os espaços em torno de máquinas e equipamentos devem ser dimensionados de forma que o trabalhador possa movimentar-se com segurança. (112.002-6 / I1)
- Entre partes móveis da máquina deve haver uma faixa livre de 0,70m a 1,30m, a critério da autoridade competente em segurança e medicina do trabalho.(112.003-4 / I1)
- As vias principais de circulação, no interior dos locais de trabalho, e as que conduzem às saídas, devem ter, no mínimo, 1,2m de largura e serem devidamente demarcadas e mantidas permanentemente desobstruídas.(112.007-7 / I1)
- As máquinas e os equipamentos de grandes dimensões devem ter escadas e passadiços que permitam acesso fácil e seguro aos locais em que seja necessária a execução de tarefas. (112.008-5 / I1)

### 12.2 – Normas de segurança para dispositivos de acionamento, partida e parada de máquinas e equipamentos:

- As máquinas e os equipamentos devem ter dispositivos de acionamento e parada localizado de modo que: seja acionado ou desligado pelo operador na sua posição de trabalho (112.009-3 / I2); não se localize na zona perigosa da máquina (112.010-7 / I2); possa ser acionado ou desligado em caso de emergência, por outra pessoa que não seja o operador (112.011-5 / I2); não possa ser acionado ou desligado, involuntariamente, pelo operador, ou de qualquer outra forma acidental (112.012-3 / I2); não acarrete riscos adicionais (112.013-1 / I2).

### 12.3 - Normas sobre proteção de máquinas e equipamentos:

- As máquinas e os equipamentos que ofereçam risco de ruptura de suas partes, projeção de peças ou partes destas, devem ter os seus movimentos, alternados ou rotativos, protegidos. (112,019-0 / I2)

- As máquinas e equipamentos que, no seu processo de trabalho, lancem partículas de material, devem ter proteção, para que essas partículas não ofereçam riscos. (112.020-4 / I2)

- Os materiais a serem empregados nos protetores devem ser suficientemente resistentes, de forma a oferecer proteção efetiva. (112.022-0 / I1)

- Os protetores devem permanecer fixados, firmemente à máquina, ao equipamento, piso ou qualquer outra parte fixa, por meio de dispositivos que, em caso de necessidade, permitam sua retirada e recolocação imediatas. (112.023-9 / I1).

#### 12.4 – Assentos e mesas:

- Para os trabalhos contínuos em máquinas, onde o trabalhador possa trabalhar sentado, devem ser fornecidos assentos conforme o disposto na NR17. (112.025-5 / I1).

- Os pontos de operação das máquinas devem estar na altura e posição adequadas, a fim de evitar fadiga ao operador, nos termos NR17. (112.026-3 / I1)

#### **-NR15 (Atividades e Operações Insalubres (115.000-6))**

A NR15 regula a exposição dos trabalhadores aos fatores de risco, portanto, deverão seguir algumas regulamentações, podendo assim influenciar diretamente na jornada de trabalho e em acordos com o empregador.

#### 15.1 – São consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem:

- Acima dos limites de tolerância revistos nos Anexos nº 1 e 2;
- Entende-se por “Limite de Tolerância”, para os fins desta Norma, a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

15.4 – A eliminação ou neutralização da insalubridade deverá ocorrer:

- Com a adoção de medidas de ordem geral que conserve o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância (115.002-2 / I4); e com a utilização de equipamentos de proteção individual.

**Anexo nº1**

**LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUIDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE**

<b>NIVEL DE RUIDO DB (A)</b>	<b>MAXIMA EXPOSIÇÃO DIARIA PERMISSÍVEL</b>
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 45 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

- Entende-se por ruído Contínuo ou Intermitente, para os fins de aplicação de Limites de Tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto.

- Os níveis de ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.

- Os termos de exposição aos níveis de ruído não devem exceder os limites de tolerância fixados no Quadro deste anexo. (115.003-0 / I4)
- Para os valores encontrados de nível de ruído intermediário será considerada a máxima exposição diária permissível relativa ao nível imediatamente mais elevado.
- Não é permitida exposição a níveis acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos.
- Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruídos de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a soma das seguintes frações:

$$\sum \frac{C_n}{T_n} = D$$

Onde, Cn é o tempo total de exposição a um determinado nível específico e Tn é a duração total permitida de exposição a esse nível (anexo nº1).

Se D for menor ou igual ao valor “1”, isto indica que o limite de tolerância ao ruído não foi ultrapassado. Porém, se o valor for superior a “1”, é necessário calcular o Nível Equivalente de Ruído (LEQ), que é calculado através da fórmula:

$LEQ = \frac{\log D + 5,117}{0,06}$ , onde D corresponde à dose de ruído anteriormente calculada.

- As atividades ou operações que exponham os trabalhadores a níveis de ruído, contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecerão risco grave e iminente.

## Anexo nº 2

### LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA EXPOSIÇÃO AO CALOR

A exposição ao calor deve ser avaliada através do “Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo” – IBUTG definido pelas equações que se seguem: (115.006.5 / I4)

- Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$IBUTG = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

- Ambientes externos com carga solar:

$$IBUTG = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg}$$

Onde: Tbn = temperatura de bulbo úmido natural.

Tg = temperatura de globo.

Tbs = temperatura de bulbo seco.

Deverá ser utilizado o termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum para estas medições. É necessário que estas medidas sejam feitas no local onde permanece o trabalhador.

Em função do índice calculado, o regime de trabalho será definido pelo quadro abaixo:

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	TIPO DE ATIVIDADE		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

Resultado obtido do IBUTG

### **Tabela – Regime de trabalho**

Os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para todos os efeitos legais. Considera-se como local de descanso o ambiente termicamente mais ameno, com o trabalhador em repouso ou exercendo atividade leve.

A determinação do tipo de atividade (Leve, Moderada ou Pesada) é feita consultando-se o quadro a seguir:

TIPO DE ATIVIDADE
<b>SENTADO EM REPOUSO</b>
<b>TRABALHO LEVE</b> Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia). Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir). De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.
<b>TRABALHO MODERADO</b> Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas. De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação. De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação. Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.
<b>TRABALHO PESADO</b> Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá). Trabalho fatigante

#### **-NR17 (Ergonomia (117.000-7))**

17.1 – Parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente:

- As condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho, e à própria organização do trabalho.
- Para avaliar a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, cabe ao empregador realizar a análise ergonômica do trabalho conforme estabelecido, devendo abordar, no mínimo, as condições de trabalho estabelecido por esta Norma Regulamentadora.

17.2 – Levantamento, transporte e descarga individual de materiais:

- O transporte manual de cargas designa todo transporte no qual o peso da carga é suportado inteiramente por um só trabalhador, compreendendo o levantamento e a deposição da carga.

- O transporte manual regular de cargas designa toda atividade realizada de maneira contínua ou que inclua, mesmo de forma descontínua, o transporte manual de cargas.
- Não deverá ser exigido nem admitido o transporte manual de cargas, por um trabalhador cujo peso seja suscetível de comprometer sua saúde ou segurança. (117.001-5 / I1)
- Todo trabalhador designado para o transporte manual regular de cargas, que não as leves, deve receber treinamento ou instruções satisfatórias quanto aos métodos de trabalho que deverá utilizar, com vistas a salvaguardar sua saúde e prevenir acidentes. (117.002-3 / I2)
- Com vistas a limitar ou facilitar o transporte manual de cargas, deverão ser usados meios técnicos apropriados.
- Quando mulheres e trabalhadores jovens forem designados para o transporte manual de cargas, o peso máximo destas cargas deverá ser nitidamente inferior àquele admitido para os homens, para não comprometer a sua saúde ou a sua segurança. (117.003-1 / I1)
- O transporte e a descarga de materiais feitos por impulsão ou tração de vagonetes sobre trilhos, carros de mão ou qualquer outro aparelho mecânico deverão ser executados de forma que o esforço físico realizado pelo trabalhador seja compatível com sua capacidade de força e não comprometa a sua saúde ou a sua segurança. (117.004-0 / I1)

### 17.3 – Mobiliário dos postos de trabalho:

- Sempre que o trabalho puder ser executado na posição sentada, o posto de trabalho deve ser planejado ou adaptado para esta posição. (117.006-6 / I1)
- Para trabalho manual sentado ou que tenha de ser feito em pé, deve proporcionar ao trabalhador condições de boa postura, visualização e operação e devem atender aos seguintes requisitos mínimos:
  - Ter altura e características da superfície de trabalho compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura do assento; (117.007-4 / I2)
  - Ter área de trabalho de fácil alcance e visualização pelo trabalhador; (117.008-2 / I2)

- Ter características dimensionais que possibilitem posicionamento e movimentação adequados dos segmentos corporais. (117.009-0 / I2)
- Os assentos utilizados nos postos de trabalho devem atender as seguintes requisitos mínimos de conforto:
  - Altura ajustável à estatura do trabalhador e à natureza da função exercida; (117.011-2 / II)
  - Características de pouca ou nenhuma conformação na base do assento; (117.012-0 / II)
  - Borda frontal arredondada; (117.013-9 / II);
  - Encosto com forma levemente adaptada ao corpo para proteção da região lombar. (117.014-7 / II)
  - Para as atividades em que os trabalhos devam ser realizados sentados, a partir da análise ergonômica do trabalho, poderá ser exigido suporte para os pés, que se adapte ao comprimento da perna do trabalhador. (117.015-5 / II)

#### 17.5 – Condições ambientais de trabalho:

- As condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.
- No posto de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade.
  - A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa.
  - A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.