

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**METODOLOGIA PARA CONCEPÇÃO DE CABINES  
DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS COM ENFOQUE NA  
SEGURANÇA E ERGONOMIA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Ulisses Benedetti Baumhardt**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2012**

# **METODOLOGIA PARA CONCEPÇÃO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS COM ENFOQUE NA SEGURANÇA E ERGONOMIA**

**Ulisses Benedetti Baumhardt**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Mecanização Agrícola, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção de grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Airton dos Santos Alonço**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2012**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Benedetti Baumhardt, Ulisses  
Metodologia para concepção de cabines de máquinas agrícolas com enfoque na segurança e ergonomia / Ulisses Benedetti Baumhardt.-2012.  
258 p. ; 30cm

Orientador: Airton dos Santos Alonço  
Coorientador: Marcos Alves dos Reis  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2012

1. Máquinas Agrícolas 2. Posto de Operação 3. Projeto do Produto I. dos Santos Alonço, Airton II. Alves dos Reis, Marcos III. Título.

---

© 2012

Todos os direitos autorais reservados a Ulisses Benedetti Baumhardt. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.  
Endereço: Rua Rádio Cultura nº 111, Jardim do Castelo, Bagé, RS. CEP 96415-610  
Fone (0xx) 53 99295490; E-mail: ulissesbb@brturbo.com.br

\* A citação de marcas e modelos comerciais neste trabalho não implica em recomendação e/ou aprovação das mesmas por parte do autor.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**METODOLOGIA PARA CONCEPÇÃO DE CABINES DE MÁQUINAS  
AGRÍCOLAS COM ENFOQUE NA SEGURANÇA E ERGONOMIA**

elaborada por  
**Ulisses Benedetti Baumhardt**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Airton dos Santos Alonço, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Antonio Domingues Brasil, Dr. (FURG)**

---

**Cristiano Vasconcellos Ferreira, Dr. (UFSC)**

---

**Reges Durigon, Dr. (UFSM)**

---

**Rudiney Soares Pereira, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 03 de dezembro de 2012.

Dedico este trabalho aos meus pais Rosemari e Sérgio, que nas maiores dificuldades sempre priorizaram os meus estudos, acreditando e investindo no conhecimento;

Ao meu grande amor, minha esposa Ellen, que vem nos abrilhantar com uma nova luz em nossas vidas, a nossa filha Arabella;

A minha família e meus antepassados, em especial a vó Nilsa (in memoriam) pelo exemplo de vida.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir mais este passo;

Ao meu orientador Airton dos Santos Alonço, não encontro palavras para expressar a minha profunda admiração e gratidão, pela amizade, ensinamentos, paciência, dedicação e motivação ao longo desta trajetória;

À UFSM e ao PPGEA pela oportunidade de aprendizado;

Aos meus grandes amigos conquistados e cultivados na pós-graduação, Vilnei Dias, José Gassen e Hendrigo Silveira (in memoriam);

Aos colegas e amigos do laboratório - LASERG, Iría, Otávio, Cristian, Dauto, Mateus Bellé, Tiago, Fernando, Mariana, e a todos os demais egressos que deixaram sua parcela de contribuição, em especial ao Gustavo Bonotto e ao Paulo Bedin, pelos valiosos auxílios prestado a este trabalho;

Aos acadêmicos da UNIPAMPA, Rafael e Rodrigo Alves, Alex Zonner, Douglas Mendes e Mateus Brandão;

Ao colega e amigo, professor Cristiano Corrêa Ferreira pelo apoio e sugestões nos momentos críticos;

Ao pessoal da equipe de engenharia da empresa parceira deste estudo, pelo incentivo;

Aos produtores rurais, operadores de máquinas e revendas que responderam aos questionários deste estudo;

A banca examinadora desta tese pelas valiosas contribuições;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFSM;

A todos que, embora não mencionados, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**“A mente que se abre a uma nova idéia  
jamais voltará ao seu tamanho original.”**

**Albert Einstein**

## **RESUMO**

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Universidade Federal de Santa Maria

### **METODOLOGIA PARA CONCEPÇÃO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS COM ENFOQUE NA SEGURANÇA E ERGONOMIA**

AUTOR: ULISSES BENEDETTI BAUMHARDT

ORIENTADOR: AIRTON DOS SANTOS ALONÇO

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 03 de dezembro de 2012.

Diante do atual processo de evolução tecnológica das cabines de máquinas agrícolas, impulsionada em grande parte pela agricultura de precisão, verifica-se a existência de falhas no provimento da segurança e ergonomia. Logo, o modo como as novas tecnologias estão sendo disponibilizadas ao usuário no posto de operação, bem como o ambiente envolvido, tornam-se fatores importantes a serem trabalhados. Neste sentido, esta tese objetivou o desenvolvimento de uma metodologia e ferramentas para a inserção de tais aspectos no projeto, como também a avaliação destas na aplicação de um estudo de caso, referindo-se ao projeto da cabine de um pulverizador autopropelido. Entre as metodologias que nortearam o embasamento do método proposto estão as destinadas à segurança (ALONÇO, 2004), a ergonomia (IIDA, 2005), ao projeto de máquinas agrícolas (ROMANO, 2003) e ao de sistemas modulares (MARIBONDO, 2000). Nos resultados deste trabalho, destacaram-se a apresentação de uma metodologia e de um software que contemplou as fases de planejamento, projeto informacional e conceitual, assim como de ferramentas virtuais voltadas a auxiliar no dimensionamento da cabine e de seus componentes. Na aplicação da metodologia proposta no projeto da cabine de um pulverizador autopropelido, com a realização de pesquisa em normas e material relacionado, foram identificadas 60 restrições de segurança referentes ao posto de operação em geral e, através da análise ergonômica, bem como dos dados coletados com os usuários do produto, tais informações foram transformadas, originando 60 especificações técnicas do produto. Posteriormente, caracterizaram-se 35 funções elementares, as quais, por meio da escolha dos princípios de soluções, originaram três variantes para a concepção, sendo uma destas julgada como a que melhor atendeu as especificações técnicas mencionadas. Por fim, averiguou-se que o uso da metodologia proposta e das ferramentas desenvolvidas contribuíram para a identificação e detalhamento das informações a serem consideradas no projeto de cabines, respeitando os princípios de segurança e ergonomia.

**Palavras-chave:** Máquinas Agrícolas. Posto de Operação. Projeto do Produto.

## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
Post-Graduate Program in Agricultural Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **METHODOLOGY FOR CONCEPTION OF CABINS OF AGRICULTURE MACHINERY EMPHASIZING SAFETY AND ERGONOMICS**

AUTHOR: ULISSES BENEDETTI BAUMHARDT

ADVISOR: AIRTON DOS SANTOS ALONÇO

Defense Place and Date: Santa Maria, December 03, 2012.

In today's technological evolution process of agricultural machinery cabins, driven largely by precision agriculture, there is the existence of failures in the provision of safety and ergonomics. So how new technologies are being made available to the user in operation station as well as the ambience involved, become important factors to be worked out. In this sense, this thesis aimed to develop a methodology and tools for the insertion of such aspects in the project as well as evaluation of these application in a case study, referring to the cabin design of a self-propelled sprayer. Among the methodologies that guided the proposed method are intended the safety (ALONÇO, 2004), ergonomics (IIDA, 2005), the project of agricultural machinery (ROMANO, 2003) and modular systems (MARIBONDO, 2000). In the results of this study, emphasized by the presentation of a methodology and software that included the phases of planning, project informational and conceptual as well as virtual tools directed to assist in the dimensioning of the cabin and its components. In application of the methodology proposed in cabin project of a self-propelled sprayer, with conducting research on standards and related material, we identified 60 security restrictions concerning the cabins in general and through the ergonomic analysis as well as data collected from users of the product, such information was processed resulting in 60 technical specifications of the product. Posteriorly, were characterized 35 elementary functions to the cabin, which, through the choice of the principles of solutions, originated three variants for the design, one of these being judged like that best met the technical specifications mentioned. Finally, it was found that the use of the proposed methodology and tools developed contributed to the identification and detailment of information to be considered in the project of cabins, respecting the principles of safety and ergonomics.

**Keywords:** Agriculture Machinery. Operation Station. Product project.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dispositivos utilizados para medição das distâncias dos comandos até o SIP: (a) Dispositivo para simulação do SIP; (b) Equipamento de medida do SIP aos órgãos de comando (Fonte: FONTANA, 2005).....	30
Figura 2 - Avaliação do campo visual de uma máquina florestal: (a) Lâmpada posicionada na altura dos olhos do operador; (b) Demarcação da área sombreada com bandeiras; (c) Divisão da área nos campos visuais do operador (Fonte: FONTANA, 2005).....	36
Figura 3 - Campos visuais do operador, sendo A – Campo visual estacionário, B – campo visual dos olhos e C – Campo visual obtido com o movimento da cabeça (Fonte: MENEZES et al., 1985) .....	37
Figura 4 - Acelerômetros do tipo capacitivo utilizados para medição da vibração em trator agrícola: (a) Acelerômetro instalados na interface operador-assento; (b) Acelerômetro instalado na base do assento (Fonte: FRANCHINI, 2007) .....	38
Figura 5 - Síntese comparativa entre metodologias de projeto (Fonte: ALONÇO, 2004) .....	46
Figura 6 - Fluxograma do PDMA referente à fase de planejamento do projeto (Fonte: ROMANO, 2003) .....	47
Figura 7 - Atividades em comum para a fase de projeto informacional para diferentes metodologias de projeto .....	48
Figura 8 - Atividades e tarefas evidenciadas na metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras (ALONÇO, 2004) para o provimento da segurança do produto na fase informacional.....	50
Figura 9 - Etapas do desenvolvimento de produtos com enfoque na ergonomia (Fonte: IIDA, 2005) .....	50
Figura 10 - Atividades empregadas para o desenvolvimento do conceito do produto .....	52
Figura 11 - Etapas e tarefas destacadas, na fase de projeto conceitual da metodologia de sistemas modulares (MARIBONDO, 2000), para a formulação de módulos e estruturas funcionais .....	53
Figura 12 - Metodologia proposta para o projeto de cabines de máquinas agrícolas.....	55
Figura 13 - Legenda empregada na representação da metodologia para o projeto de cabines de máquinas agrícolas .....	56
Figura 14 - Ilustração do posicionamento dos requisitos no diagrama de Mudge.....	68
Figura 15 - Configuração da primeira matriz do QFD "Casa da Qualidade".....	70
Figura 16 - Ferramentas virtuais para uso no projeto de cabines de máquinas agrícolas.....	74
Figura 17 - Exemplo de aplicabilidade das ferramentas virtuais: (a) Projeto das colunas da EPCC; (b) Disposição dos painéis de controle e monitoramento .....	75
Figura 18 - Interface do SAPROC para a tela inicial .....	77
Figura 19 - Interface do SAPROC para a aba "Seleção das Atividades" .....	79
Figura 20 - Interface do SAPROC para a aba "Fatores de Influência" .....	80
Figura 21 - Interface do SAPROC ao selecionar o fator de influência "Assento" .....	81
Figura 22 - Interface do SAPROC para o fator de influência "Segurança - Aspectos Gerais".....	82
Figura 23 - Interface do SAPROC para a pesquisa de símbolos gráficos.....	83

Figura 24 - Interface do SAPROC para a pesquisa de dados técnicos de pulverizadores autopropelidos.....	83
Figura 25 - Interface do SAPROC para a pesquisa de cabines de máquinas agrícolas .....	84
Figura 26 - Interface do SAPROC para a aba "Necessidades dos Clientes" .....	85
Figura 27 - Interface do SAPROC para a aba "Requisitos dos Clientes" .....	85
Figura 28 - Interface do SAPROC para a aba "Hierarquização dos Requisitos dos clientes - R.C." .....	86
Figura 29 - Interface do SAPROC para a aba "Requisitos dos Clientes Hierarquizados" .....	87
Figura 30 - Interface do SAPROC para a aba "Seleção dos Requisitos de Projeto - R.P" .....	88
Figura 31 - Interface do SAPROC para a aba "Requisitos de Projeto" .....	88
Figura 32 - Interface do SAPROC para a aba "Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 01/02" .....	90
Figura 33 - Interface do SAPROC para a aba "Consulta as Relações dos Requisitos de Projeto - R.P." .....	90
Figura 34 - Interface do SAPROC para a aba "Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 02/02" .....	92
Figura 35 - Interface do SAPROC para a aba "Requisitos de Projetos Hierarquizados" .....	93
Figura 36 - Interface do SAPROC para a aba "Especificações de Projeto" .....	94
Figura 37 - Interface do SAPROC para a aba "Seleção das Restrições de Segurança" .....	95
Figura 38 - Interface do SAPROC para a aba "Restrições de Segurança" .....	95
Figura 39 - Interface do SAPROC para a aba "Função Global" .....	96
Figura 40 - Interface do SAPROC para a aba "Função Parcial" .....	97
Figura 41 - Interface do SAPROC para a aba "Função Elementar" .....	97
Figura 42 - Interface do SAPROC para a aba "Elaborar Estrutura de Funções" .....	98
Figura 43 - Interface do SAPROC para a aba "Estruturas de Funções" .....	100
Figura 44 - Interface do SAPROC para a aba "Seleção da Estrutura de Função" ..	101
Figura 45 - Interface do SAPROC para a aba "Estrutura de Função Seleccionada" ..	102
Figura 46 - Interface do SAPROC para a aba "Princípios de Solução" .....	102
Figura 47 - Interface do SAPROC para a aba "Visualização das Variantes" .....	103
Figura 48 - Interface do SAPROC para a aba "Seleção do Conceito" .....	104
Figura 49 - Interface da aba "Descrição do Conceito" .....	105
Figura 50 - Perspectiva isométrica representando as referências para as restrições dimensionais do projeto (Fonte: EMPRESA A, 2012) .....	110
Figura 51 - Esquema dos vínculos existentes entre os fatores de influência e os parâmetros normativos.....	116
Figura 52 - Representação das medidas antropométricas coletadas (Fonte: SCHLOSSER et al., 2002) .....	127
Figura 53 - Esquema da coleta dos dados antropométricos: (a) Vista dos banners; (b) Posicionamento do quadro e da câmera digital na vista superior .....	127
Figura 54 - Sobreposição de dimensões antropométricas coletadas com as regiões especificadas pelas normas (NBR ISO 4253, 1993; ISO 15077, 1996): (a) Vista superior; (b) Vista lateral .....	129
Figura 55 - Relação entre o grau de contração muscular e o tempo suportável (Fonte: KROEMER, 1999 apud IIDA, 2005) .....	130

Figura 56 - Tipos de controles empregados na cabine do pulverizador autopropelido avaliado .....	131
Figura 57 - Medição de forças para o acionamento de controles: (a) Deslocamento da máquina; (b) Aceleração .....	132
Figura 58 - Dispositivo SIP: (a) Projeto; (b) SIP em utilização .....	133
Figura 59 - Ponto de origem das coordenadas (x, y e z).....	134
Figura 60 - Posicionamento do volante e zonas de conforto, de acesso e inacessível para as mãos e pés: (a) Vista lateral; (b) Vista superior (Fonte: ISO 15077, 1996 e ISO 4253, 1993) .....	134
Figura 61 - Emprego da ferramenta virtual FV2 na avaliação da distribuição espacial dos controles em 3D: (a) Controles distribuídos na cabine; (b) Sobreposição da ferramenta - FV2 durante a análise .....	136
Figura 62 - Áreas de visão ótima e máxima (Fonte: IIDA, 2005).....	138
Figura 63 - Emprego da ferramenta virtual FV1 para avaliação da disposição dos mostradores em 3D .....	140
Figura 64 - Avaliação do espaço interno com as diretrizes da ISO 4252 (2007): (a) Vista superior; (b) Vista lateral; Unidades (mm) .....	142
Figura 65 - Recomendações e dimensões para a porta da cabine: (a) Dimensões mínimas (ISO 4252, 2007); (b) Esboço das medidas averiguadas .....	144
Figura 66 - Dispositivo construído para teste do campo de visão do operador: (a) Detalhe da furação para ajuste do posicionamento das lâmpadas; (b) e (c) Rotação da barra luminosa .....	147
Figura 67 - Posicionamento da barra luminosa em relação ao SIP (Fonte: NBR ISO 5006, 2008) .....	147
Figura 68 - Locais para ensaio de visibilidade (Adaptado da NBR ISO 5006, 2008) .....	148
Figura 69 - Encobrimentos da máquina avaliada medidos sobre o círculo e o RB ..	149
Figura 70 - Encobrimentos medidos sobre o círculo e o RB .....	152
Figura 71 - Regiões do RS abrangidas na coleta de dados .....	158
Figura 72 - Distribuição das marcas de pulverizadores autopropelidos avaliados ..	158
Figura 73 - Respostas dos usuários quanto à existência de desconforto/dores no uso do produto .....	160
Figura 74 - Esquema da estrutura global do posto de operação do pulverizador autopropelido.....	171
Figura 75 - Funções do posto de operação do pulverizador autopropelido.....	172
Figura 76 - Estruturas de funções do posto de operação do pulverizador autopropelido.....	174
Figura 77 - Disposição dos painéis na cabine do pulverizador autopropelido avaliado .....	177
Figura 78 - Funções e características dos principais tipos de controles (Fonte: GRANDJEAN, 1983) .....	178
Figura 79 - Dispositivo de proteção contra acionamento acidental disponibilizado no joystick.....	180
Figura 80 - Conceito desenvolvido para o painel lateral.....	181
Figura 81 - Coluna de direção selecionada para as variantes do projeto.....	182
Figura 82 - Perspectiva isométrica posterior do conceito da cabine desenvolvido para o pulverizador autopropelido .....	194
Figura 83 - Parte interna superior da cabine .....	194
Figura 84 - Perspectiva isométrica frontal do conceito da cabine desenvolvido para o pulverizador autopropelido .....	195

Figura 85 - Painel lateral direito e frigobar .....	196
Figura 86 - Visualização do ambiente interno da cabine .....	196
Figura 87 - Perspectiva do ambiente interno do conceito proposto para a cabine ..	197
Figura 88 - Etapas do processo de desenvolvimento do conceito da cabine do pulverizador autopropelido: (a) Esboço inicial baseado na biônica do sapo; (b) Formulação da variante; (c) Variante apresentando os princípios de solução; (d) Detalhamento final para o conceito do produto .....	198
Figura 89 - Projeto do pulverizador autopropelido: (a) Cabine atual; (b) Conceito proposto .....	198

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado da avaliação antropométrica de operadores de pulverizadores .....	128
Tabela 2 - Relações para comparação dos dados antropométricos com as normas para percentil de 5%.....	128
Tabela 3 - Relações para comparação dos dados antropométricos com as normas para percentil de 95%.....	129
Tabela 4 - Avaliação da distribuição dos oitenta controles em “2D” .....	136
Tabela 5 - Avaliação da distribuição dos oitenta controles em “3D” .....	137
Tabela 6 - Avaliação da distribuição dos nove controles de ajustes em “2D” .....	137
Tabela 7 - Avaliação da localização dos mostradores no campo visual em “2D” ....	139
Tabela 8 - Avaliação da localização dos mostradores no campo visual em “3D” ....	140
Tabela 9 - Distâncias verticais de acesso à cabine confrontadas com as especificações na NBR ISO 4254-1 (1999).....	144
Tabela 10 - Avaliação dos níveis de ruído para as quatro condições pré-estabelecidas .....	146
Tabela 11 - Avaliação do campo de visão do pulverizador e parâmetros de desempenho para a retroescavadeira .....	150
Tabela 12 - Avaliação da iluminação externa do pulverizador autopropelido “Modelo X” .....	151
Tabela 13 - Caracterização da localização da amostragem dos questionários.....	158

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Documentos da fase de planejamento com breve conceitualização.....	57
Quadro 2 - Lista das ferramentas do projeto.....	66
Quadro 3 - Aplicabilidade no projeto sugerida para as ferramentas virtuais .....	75
Quadro 4 - Pesos atribuídos aos requisitos na aplicação do diagrama de Mudge....	86
Quadro 5 - Pesos empregados no relacionamento do telhado da casa da qualidade .....	89
Quadro 6 - Pesos empregados na parte central da casa da qualidade.....	91
Quadro 7 - Critérios para seleção da estrutura de função.....	101
Quadro 8 - Parâmetros para avaliação das variantes de concepção do projeto .....	104
Quadro 9 - Parte da carta de projeto referente a cabine do pulverizador autoprope- lido.....	108
Quadro 10 - Grupos de participação e número de integrantes no projeto.....	109
Quadro 11 - Principais marcos e cronograma de execução do projeto.....	112
Quadro 12 - Descrição dos itens relacionados ao custeio do projeto.....	112
Quadro 13 - Descrição dos itens relacionados ao capital do projeto.....	113
Quadro 14 - Exemplo de restrições de segurança relacionadas aos fatores de influência no projeto de cabine de máquinas agrícolas.....	117
Quadro 15 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Controles"	118
Quadro 16 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Mostradores" .....	119
Quadro 17 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Assento"...	120
Quadro 18 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Acesso" ....	121
Quadro 19 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Símbolos".	121
Quadro 20 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Estrutura".	121
Quadro 21 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Saída de Emergência" .....	122
Quadro 22 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Espaço Interno".....	122
Quadro 23 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Campo de Visão" .....	123
Quadro 24 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Ambiente: Vibração e Ruído" .....	123
Quadro 25 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Ambiente: Iluminação, Partículas Suspensas e Condições Climáticas" .....	124
Quadro 26 - Especificações técnicas do pulverizador autopropeleido "Modelo X"....	126
Quadro 27 - Avaliação das forças empregadas e parâmetros de referência para o acionamento dos controles.....	132
Quadro 28 - Conceitos utilizados na avaliação espacial dos controles em "2D" .....	135
Quadro 29 - Conceitos utilizados na avaliação espacial dos controles em "3D" .....	135
Quadro 30 - Conceitos utilizados na avaliação espacial "2D" dos mostradores.....	138
Quadro 31 - Conceitos utilizados na avaliação espacial "3D" dos mostradores.....	139
Quadro 32 - Itens contemplados e parâmetros normativos na análise das dimensões .....	141
Quadro 33 - Análise da cabine com relação às dimensões mínimas para o espaço interno (Fonte: Adaptado da ISO 4252, 2007).....	141
Quadro 34 - Avaliação das dimensões de folga para os controles de mão (Adaptado da ISO 4252, 2007) .....	142
Quadro 35 - Ajustes do assento em relação à ISO 4253 (1999).....	143

Quadro 36 - Condições no momento de avaliação do ruído .....	145
Quadro 37 - Exemplos de símbolos adotados e recomendados para pulverizadores autopropelidos (ISO 3767-2, 2008) .....	153
Quadro 38 - Símbolos desenvolvidos pelo fabricante Empresa A: a) Travar/destravar quadro; b) Ligar/desligar luzes frontal; c) Ligar/desligar luzes teto cabine .....	154
Quadro 39 - Conformidades e não conformidades verificadas quanto à segurança .....	155
Quadro 40 - Perguntas e percentuais de respostas relativos a aspectos de uso, segurança e ergonomia.....	159
Quadro 41 - Necessidades gerais dos clientes do pulverizador autopropelido .....	161
Quadro 42 - Requisitos dos clientes vinculados aos fatores de influência no projeto .....	163
Quadro 43 - Requisitos dos clientes hierarquizados .....	164
Quadro 44 - Requisitos de projeto não contemplados nos fatores de influência.....	165
Quadro 45 - Terço superior dos requisitos de projeto hierarquizados.....	166
Quadro 46 - Exemplos de especificações de projeto da cabine do pulverizador autopropelido.....	169
Quadro 47 - Matriz de decisão para seleção da estrutura funcional .....	175
Quadro 48 - Operações contempladas na análise da tarefa do pulverizador autopropelido.....	177
Quadro 49 - Análise da tarefa da preparação da máquina para pulverização .....	178
Quadro 50 - Conceito desenvolvido para o painel superior, sistemas contemplados e suas respectivas regiões .....	179
Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido .....	183
Quadro 52 - Variantes para a concepção da cabine do pulverizador autopropelido .....	189
Quadro 53 - Matriz de decisão para seleção da concepção do projeto.....	191

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**AP:** Agricultura de Precisão

**BASIM:** Banco de Dados sobre Símbolos Gráficos para Máquinas Agrícolas

**BDASMA:** Banco de Dados Sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas

**cm:** Centímetro

**dB:** Decibéis

**DGPS:** Sistema de Posicionamento Global Diferenciado

**Dir.:** Direção desejável

**EAP:** Estrutura Analítica do Projeto

**E.P.:** Especificações de Projeto

**EPCC:** Estrutura de Proteção Contra Capotamento

**Ex. P.:** Exigências de Projeto

**EUA:** Estados Unidos da América

**F:** Ferramentas

**FV:** Ferramenta Virtual

**GPS:** Sistema de Posicionamento Global

**INPI:** Instituto Nacional de Propriedade Industrial

**ISO:** International Organization for Standardization

**Kg:** Kilograma

**LASERG:** Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas

**m:** Metro

**mm:** Milímetro

**N:** Newton

**NBR:** Norma Brasileira

**N.C.:** Necessidades dos Clientes

**NEMA:** Núcleo de Ensaio de Máquinas Agrícolas

**NR:** Norma Regulamentadora

**N.R.P.:** Número do Requisito de Projeto

**Ord.:** Ordem

**PAIR:** Perda Auditiva Irreparável

**PDMA:** Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas Seguras

**PDP:** Processo de Desenvolvimento de Produto

**pi:** Valor do Parâmetro

**PMI:** Instituto de Gerenciamento de Projetos (Project Management Institute)

**PPGEA:** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

**PRA:** Ponto de Referência do Assento

**QFD:** Desdobramento da Função Qualidade (Quality Function Deployment)

**r:** Raio

**RB:** Área delimitadora retangular de 1m

**R.C.:** Requisitos dos Clientes

**R.P.:** Requisitos do Projeto

**RS:** Rio Grande do Sul

**R\$:** Reais

**SAPROC:** Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas

**SEAT:** Seat Effective Amplitude Transmissibility (Eficiência do assento na transmissibilidade da amplitude)

**SIP:** Ponto de Indexação do Assento

**SIPr:** Ponto de Indexação do Assento (posição recuada)

**SIPc:** Ponto de Indexação do Assento (posição central)

**SIPa:** Ponto de Indexação do Assento (posição afastada)

**SM:** Sistema modular

**UFSM:** Universidade Federal de Santa Maria

**Unid.:** Unidade

**UNIPAMPA:** Universidade Federal do Pampa

**vi:** Peso Atribuído

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Documentação do desenvolvimento do SAPROC: Fluxograma do software.....	215
Apêndice B - Exemplo de imagens de pulverizadores autopropelidos contempladas no banco de cabines .....	221
Apêndice C - Nomenclatura das normas apresentadas no esquema Fatores de influência X Normas .....	222
Apêndice D - Restrições de segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas .....	225
Apêndice E - Lista de identificação dos controles e mostradores empregados no pulverizador autopropelido “Modelo X” .....	230
Apêndice F - Exemplo da análise da distribuição espacial dos controles: Vista superior (eixos x e y), SIP - Posição Central.....	231
Apêndice G - Exemplo da análise da distribuição espacial dos mostradores: Vista superior (eixos x e y), SIP - Posição Central.....	233
Apêndice H - Sobreposição do pulverizador autopropelido na avaliação do campo de visão do operador e da iluminação externa.....	235
Apêndice I - Questionário estruturado para coleta das necessidades dos usuários do produto .....	236
Apêndice J - Diagrama de Mudge do projeto da cabine do pulverizador autopropelido .....	240
Apêndice K - Matriz da casa da qualidade do projeto da cabine do pulverizador autopropelido .....	241
Apêndice L - Requisitos de projeto hierarquizados da cabine do pulverizador autopropelido .....	242
Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido .....	244
Apêndice N - Funções elementares do projeto da cabine do pulverizador autopropelido e suas respectivas entradas e saídas .....	251
Apêndice O - Análise da tarefa em operações do pulverizador autopropelido .....	253
Apêndice P - Descrição dos princípios de solução apresentados na matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido .....	257

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>1.1 Objetivos</b> .....	22
1.1.1 Geral .....	22
1.1.2 Específicos .....	22
<b>1.2 Hipóteses</b> .....	23
<b>1.3 Contribuições da tese</b> .....	23
<b>1.4 Estrutura da tese</b> .....	24
<b>CAPÍTULO 2 - FATORES RELACIONADOS AO PROJETO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b> .....	25
<b>2.1 Aspectos inerentes a ergonomia e segurança</b> .....	25
2.1.1 Ergonomia .....	25
2.1.2 Sistema homem-máquina-ambiente .....	26
2.1.3 Posto de operação .....	27
2.1.4 Fatores ambientais .....	33
2.1.5 Análise ergonômica .....	41
2.1.6 Pulverizador autopropelido .....	43
<b>2.2 Questões metodológicas no desenvolvimento de cabines com enfoque na segurança e ergonomia</b> .....	44
2.2.1 Projeto do Produto .....	44
2.2.2 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) .....	45
2.2.3 Metodologias de projeto .....	45
<b>CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b> .....	54
<b>3.1 Introdução</b> .....	54
<b>3.2 Metodologia proposta</b> .....	54
3.2.1 Fase 1: Planejamento do projeto .....	57
3.2.2 Fase 2: Projeto informacional .....	58
3.2.3 Fase 3: Projeto conceitual .....	63
3.2.4 Registro das lições aprendidas .....	65
3.2.5 Ferramentas para o projeto .....	66
3.2.6 Ferramentas geradas neste trabalho .....	72
<b>CAPÍTULO 4 - FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO PROJETO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b> .....	76
<b>4.1 Introdução</b> .....	76
<b>4.2 O Software SAPROC</b> .....	76
<b>4.3 Menus suspensos</b> .....	78
<b>4.4 Menu “Novo Projeto”</b> .....	78
4.4.1 “Planejamento” .....	78
4.4.2 “Projeto Informacional” .....	79
4.4.3 “Projeto Conceitual” .....	95

4.5 Menu “Consultar Editar/Projeto” .....	106
4.6 Menu “Consultar/Editar Fatores de Influência no Projeto” .....	106
4.7 Requisitos para a instalação do SAPROC .....	106
<b>CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: PROJETO</b>	<b>108</b>
<b>CONCEITUAL DA CABINE DE OPERAÇÃO DE UM</b>	
<b>PULVERIZADOR AUTOPROPELIDO</b> .....	
<b>5.1 Fase 1: Planejamento do projeto</b> .....	<b>108</b>
5.1.1 Carta de Projeto .....	108
5.1.2 Partes Envolvidas .....	109
5.1.3 Plano das comunicações .....	109
5.1.4 Declaração do Escopo .....	110
5.1.5 Estrutura de Decomposição .....	111
5.1.6 Riscos de Projeto .....	111
5.1.7 Lista de Atividades e Cronograma de Execução .....	111
5.1.8 Lista de Recursos Físicos/Custos do Projeto .....	112
5.1.9 Registros das Lições Aprendidas .....	113
<b>5.2 Fase 2: Projeto Informacional</b> .....	<b>114</b>
5.2.1 Atividade 2.1 - Fatores de influência no projeto de cabines .....	114
5.2.2 Atividade 2.2 - Caracterizar o ambiente operacional da cabine .....	125
5.2.3 Atividade 2.3 - Identificar as necessidades e requisitos dos clientes/usuários .....	156
5.2.4 Atividade 2.4 - Definir os requisitos de projeto .....	165
5.2.5 Atividade 2.5 - Estabelecer as especificações de projeto .....	167
5.2.6 Atividade 2.6 - Selecionar/Registrar as restrições de segurança relacionadas ao projeto .....	170
<b>5.3 Fase 3: Projeto Conceitual</b> .....	<b>170</b>
5.3.1 Atividade 3.1 - Estabelecer a estrutura funcional .....	170
5.3.2 Atividade 3.2 - Desenvolver as concepções alternativas .....	176
5.3.3 Atividade 3.3 - Selecionar a concepção alternativa .....	190
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>200</b>
6.1 Introdução .....	200
6.2 Conclusões .....	200
6.3 Considerações sobre a aplicação da metodologia proposta .....	201
6.4 Recomendações para trabalhos futuros .....	202
<b>CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>204</b>

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

A evolução das máquinas agrícolas segue em ritmo acelerado, tendo como um dos principais fatores a agricultura de precisão, sistema que vem impulsionando o desenvolvimento tecnológico destes produtos.

Em meio a este contexto, destacam-se as máquinas autopropelidas para a aplicação de agrotóxicos, as quais caracterizam-se pela alta tecnologia embarcada na busca de uma aplicação mais eficaz, juntamente com a necessidade de pulverização de áreas cada vez maiores em um menor tempo. Para tanto, possuem cada vez mais autonomia, largura da faixa de aplicação e maiores velocidades de deslocamento.

Neste sentido, o controle das diversas funções presentes no posto de operação torna-se gradativamente mais complexo à medida do domínio e disponibilização de novas tecnologias ao usuário, como o emprego de mapas de aplicação a taxa variada.

No processo de mecanização, conforme Silva et al. (2011), para que o operário possa desempenhar suas funções, é preciso que esteja bem adaptado ao posto de trabalho, portanto, que o mesmo detenha conhecimento sobre a máquina que opera.

Assim, entende-se que o modo como estas “novas” informações/tecnologias são inseridas na rotina do operador é um fator importante a ser estudado, pois, na grande maioria dos produtos disponíveis, as interfaces não atendem satisfatoriamente a interpretação necessária das funções correspondentes, exigindo cada vez mais da habilidade do trabalhador quanto às interações existentes.

Somada às questões envolvendo a usabilidade, encontram-se aspectos de grande importância, como o uso de símbolos, seleção e dimensionamento dos controles e mostradores, fatores ambientais contemplando ruídos, vibrações, iluminação, clima, presença de substâncias químicas no posto de operação, entre outros.

As incompatibilidades verificadas no sistema homem-máquina-ambiente acabam por gerar uma série de prejuízos, desde o insuficiente aproveitamento tecnológico do produto, relacionado diretamente com o êxito da eficiência da aplicação até, em casos mais extremos, a segurança das pessoas envolvidas.

Diante de tais incompatibilidades, questiona-se acerca do por quê da deficiência no uso dos conhecimentos de ergonomia e segurança nos projetos de cabines de máquinas agrícolas.

Acredita-se que a ausência de uma adequada estruturação dos fatores envolvidos, o grande volume de informações disponibilizadas em publicações e normas, em conjunto com as restrições de tempo aceitável, considerando aspectos econômicos e competitivos para a atividade de projeto, sejam os principais responsáveis pela não incorporação das características preconizadas.

Desta forma, de modo a contemplar conhecimentos de ergonomia e segurança em uma abordagem de projeto, torna-se de fundamental importância a adoção de procedimentos metodológicos que orientem sobre o momento e o modo de aplicação dos mesmos, bem como a criação de meios para reunir e sistematizar tais conhecimentos, agilizando o processo.

Essas proposições motivaram o desenvolvimento desta tese, a qual contempla uma metodologia e ferramentas dedicadas a concepção de cabines de máquinas agrícolas, enfatizando aspectos de segurança e ergonomia.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Geral

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de uma metodologia e ferramentas de auxílio ao projeto informacional e conceitual de cabines de máquinas agrícolas, dando ênfase aos aspectos relacionados à segurança e à ergonomia.

### 1.1.2 Específicos

1) Apresentar, na metodologia proposta, as fases de planejamento, projeto informacional e conceitual, detalhando suas respectivas atividades e tarefas, bem como as ferramentas sugeridas para o seu desenvolvimento.

2) Identificar os fatores envolvidos no projeto do posto de operação, contemplando leis, normas e diretrizes, como também questões inerentes à usabilidade, segurança e conforto.

3) Desenvolver ferramentas para o auxílio ao projeto de cabines de máquinas agrícolas.

4) Aplicar e avaliar a metodologia proposta na realização de um estudo de caso, projeto da cabine de um pulverizador autopropelido.

5) Por fim, com os resultados do estudo de caso, apresentar as restrições de segurança, as especificações técnicas e a proposição de concepções para a cabine de um pulverizador autopropelido.

## **1.2 Hipóteses**

Tendo-se conhecimento da problemática envolvida, este trabalho traz as seguintes hipóteses:

"Se empregados os métodos e ferramentas propostos nesta tese, nas fases de planejamento, projeto informacional e conceitual, então as características de segurança e ergonomia em cabines de máquinas agrícolas serão adequadamente consideradas no projeto."

"Se desenvolvido um software que contemple a metodologia e as ferramentas propostas para o processo de projeto, então os usuários terão ganhos na agilidade dos procedimentos a serem seguidos, na observação e atualização dos diversos fatores envolvidos, bem como de seus respectivos parâmetros."

## **1.3 Contribuições da tese**

A partir da execução deste trabalho, almejam-se as seguintes contribuições:

1) Uma metodologia de projeto, contemplando as fases de planejamento, projeto informacional e conceitual, que facilite a identificação e implementação das características de ergonomia e segurança no projeto de cabines.

2) A disponibilização de um software, embasado na metodologia proposta, bem como de outras ferramentas para o auxílio e agilização do processo de projeto.

3) A caracterização de aspectos a serem observados no projeto de cabines, como os fatores de influência, as restrições de segurança, informações relativas as reais necessidades dos clientes/usuários do produto, exemplos de especificações

técnicas, entre outras pertinentes à concepção do posto de operação de máquinas agrícolas.

#### **1.4 Estruturada tese**

A fim de explorar os assuntos relacionados ao tema da tese, a mesma foi estruturada em sete capítulos.

Capítulo 1: Introdução acompanhada da descrição do problema e justificativas para o trabalho, objetivo geral e específicos, hipóteses norteadoras do estudo, contribuições e estrutura da tese.

Capítulo 2: Apresenta a revisão teórica dos fatores relacionados ao projeto de cabines de máquinas agrícolas, levantando informações dos aspectos inerentes à proposição de uma metodologia dedicada ao projeto de cabines com enfoque na segurança e ergonomia.

Capítulo 3: Aborda a proposição da metodologia desenvolvida nesta tese, contemplando as primeiras fases do processo de projeto de cabines de máquinas agrícolas, mais especificamente, o planejamento, o projeto informacional e o conceitual.

Capítulo 4: Traz o detalhamento da ferramenta "Software de auxílio ao projeto de cabine de máquinas agrícolas", apresentando a sua estrutura e modo de uso.

Capítulo 5: Corresponde à aplicação da metodologia proposta em um estudo de caso voltado ao projeto da cabine de operação de um pulverizador autopropelido.

Capítulo 6: Abrange à apresentação das conclusões finais e recomendações para trabalhos futuros.

Capítulo 7: Apresenta as referências bibliográficas consultadas para a realização desta tese.

## **CAPÍTULO 2 - FATORES RELACIONADOS AO PROJETO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

Nesta revisão de literatura buscou-se contextualizar aspectos inerentes a proposição de uma metodologia dedicada ao projeto de cabines de máquinas agrícolas com enfoque na segurança e ergonomia. Para tanto, a mesma segue dois tópicos centrais, sendo o primeiro voltado aos fatores de influência relacionados às condições de trabalho, os quais são representados por um conjunto de características interdependentes que atuam na qualidade de vida das pessoas e na produtividade dos serviços prestados (MARZIALE; CARVALHO, 1998), e o outro, abrangendo questões metodológicas do processo de desenvolvimento de produto.

### **2.1 Aspectos inerentes à ergonomia e à segurança**

Dentre as questões abordadas neste estudo, encontram-se algumas definições e contribuições da ergonomia no projeto, relações existentes no sistema homem-máquina-ambiente, o posto de operação e os fatores envolvidos, bem como uma contextualização da máquina utilizada no estudo de caso, o pulverizador autopropelido.

#### **2.1.1 Ergonomia**

Diversos autores definem a ergonomia como a ciência da configuração de trabalho adaptada ao homem (GRANDJEAN, 1998; KROEMER; GRANDJEAN, 2005; IIDA, 2005). Portanto, a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem, abrangendo desde o planejamento e projeto, ao controle e avaliação (IIDA, 2005).

A Associação Internacional de Ergonomia – IEA a caracterizou como uma disciplina científica que visa otimizar o bem-estar das pessoas e o desempenho global dos sistemas (FALZON, 2007).

A ergonomia estuda os sistemas homem-máquina-ambiente (MORAES; MONT'ALVÃO, 2003) para que as máquinas e ambientes possam funcionar harmoniosamente com o homem, proporcionando saúde, segurança e satisfação ao

trabalhador, tendo por consequência a eficiência nas atividades prestadas (IIDA, 2005).

A melhoria da eficiência, confiabilidade e qualidade da produção e serviços prestados, segundo Iida (2005), pode ser alcançada através de três vias: 1) o aperfeiçoamento do sistema homem-máquina; 2) a organização do trabalho e; 3) a melhoria das condições de trabalho.

Basicamente, a ergonomia segue dois princípios. O primeiro estaria centrado nas organizações e no seu desempenho, considerando eficiência, produtividade, confiabilidade, qualidade, durabilidade, entre outros. O segundo, nas pessoas, focalizado na segurança, saúde, conforto, satisfação, prazer, entre outros aspectos relacionados (FALZON, 2007).

Conforme Abrahão e Pinho (2002), a ergonomia vem trabalhando na introdução de novas tecnologias, demonstrando a transformação do conteúdo e da natureza do trabalho, bem como das consequências destas mudanças na saúde e na produtividade. No emprego de novas tecnologias, segundo as autoras, se essas não se integram às exigências da atividade, frequentemente são encontradas inadequações no processo de trabalho, que, por sua vez, geram cobranças de natureza cognitiva, demandando ações distintas das previstas na tarefa original.

### 2.1.2 Sistema homem-máquina-ambiente

Conforme Dul e Weerdmeester (2004), a probabilidade de ocorrência dos acidentes pode ser reduzida quando, no projeto do trabalho, são consideradas as capacidades e as limitações humanas, assim como as características do ambiente.

O “Sistema homem-máquina” visa a auxiliar no entendimento do modo como a informação é processada até a operação. De modo geral, corresponde às relações de reciprocidade entre a máquina e o ser humano que a opera. Basicamente, os caminhos percorridos nesse sistema são: o mostrador dá as informações sobre o andamento da produção; o homem as recebe e as interpreta com base na percepção e no seu conhecimento acumulado, decidindo e transferindo esta decisão através do correto manuseio dos controles; tal ação dá subsídios à máquina para realizar a sua função, concluindo o ciclo com a nova informação gerada no mostrador (GRANDJEAN, 1998; KROEMER; GRANDJEAN, 2005).

Diferentes aspectos interferem na forma e eficiência com que o sistema homem-máquina executa as suas atividades, sendo que uma das funções da ergonomia é agir sobre tais aspectos, trazendo benefícios ao homem (DEBIASI et al., 2004b).

Leta et al. (2006) acrescentam que o aperfeiçoamento deste sistema pode ocorrer tanto na fase de projeto de máquinas, equipamentos e postos de trabalho, como na introdução de modificações em sistemas já existentes, adaptando-os às capacidades e limitações humanas.

Por fim, as palavras de Abrahão e Pinho (2002, p. 51) parecem abordar de forma relevante as relações do sistema homem-máquina na atualidade:

[...] não se pode negar que estamos diante de um processo de regulação em face de uma nova situação que ultrapassa a simples relação homem-máquina, pois este quadro evoluiu transformando-se em um diálogo homem/homem mediado por um artefato tecnológico, em que a subjetividade perpassa todo processo, regida por modelos de organização do trabalho que abstraem desta dimensão e, por áreas do conhecimento que conceitualmente a integram, mas cuja operacionalização encontra ainda limites.

### 2.1.3 Posto de operação

O posto de trabalho é definido como a “configuração física do sistema homem-máquina-ambiente” (IIDA, 2005, p. 189). Tal unidade produtiva é formada pelo conjunto de dispositivos de informações, de órgãos de comando e equipamentos auxiliares, somado ao espaço gerado pelo deslocamento do operador ou de seus membros na execução da tarefa (FIEDLER, 1995; IIDA, 2005; BRITO, 2007).

Segundo Schlosser et al. (2002), a adaptação do posto de operação ao operador pode ocorrer de duas maneiras distintas: 1) colocando no projeto itens qualitativos, como, por exemplo, as cabines ou; 2) com a disposição e dimensionamento adequados dos componentes do posto de operação.

Uma das medidas mais efetivas para o controle das condições ambientais no posto de operação é o emprego da cabine (DEBIASI et al., 2004b), sendo um recurso capaz de proporcionar a redução dos níveis de ruído, vibrações, substâncias estranhas presentes no ar, bem como auxiliar na melhoria do conforto térmico do operador (SCHLOSSER et al., 2001; BRITO, 2007).

O dimensionamento do interior da cabine do posto de operação influencia no trabalho do operador, pois se tiver pouco espaço ou for mal projetada, pode levar o trabalhador a adotar uma postura fixa e cansativa, acarretando em prejuízos a sua saúde (BRITO, 2007).

No projeto de uma cabine deve ser previsto espaço suficiente para que o operador possa adotar posições confortáveis, independentemente de suas características físicas e sua massa (ROBIN, 1987; BRITO, 2007).

Com relação à influência de fatores ambientais no posto de operação, conforme alguns autores (PRASAD et al., 1995; SANTOS FILHO, 2002), o uso de cabines com suspensão é uma das medidas que podem ser adotadas para a redução da vibração, dispendo de outras utilidades, como: proteção do operador às variações de temperatura, acondicionamento de equipamentos eletrônicos, isolamento de vapores e gases produzidos pela máquina.

Desta forma, faz-se cada vez mais imprescindível ao trabalho na agricultura o emprego de máquinas adequadas, proporcionando conforto ao operador e auxiliando na manutenção da saúde e do bem-estar, o que, conseqüentemente, acarretará em diminuição dos riscos de acidentes e aumento de rendimento (SILVA et al., 2011).

Tendo em vista as questões envolvendo o sistema homem-máquina-ambiente, nos próximos tópicos são apresentadas algumas das características a serem consideradas no projeto do posto de operação, assim como as formas de avaliação empregadas. No entanto, salienta-se que os parâmetros críticos atualizados para tais itens estão contemplados ao longo da tese, visto serem resultado de uma das atividades da metodologia proposta.

#### 2.1.3.1 Controles e mostradores

Ao elaborar o projeto de uma máquina ou mesmo de um módulo, um dos principais aspectos a serem considerados são as características relacionadas aos controles e mostradores. Em estudo da literatura relacionada, Debiasi et al. (2004b) averiguaram que tais características encontram-se padronizadas e definidas por normas.

lida (2005) menciona que uma das principais regras da ergonomia tem sido tirar proveito do estereótipo da população para determinar a localização e os modos de operação de controles.

Quanto ao posicionamento de tais itens, existem diversas normas que apresentam recomendações, como a NR17, a qual especifica que a altura e as características da superfície de trabalho devem ser compatíveis com o tipo de atividade, com a distância requerida dos olhos ao campo de trabalho e com a altura do assento, entre outros.

Corroborando com a referida norma, Dul e Weerdmeester (2004) consideram que a altura da superfície de trabalho deve ser determinada pelo compromisso entre a melhor altura para as mãos e a melhor posição para os olhos. Em tarefas que exigem muita utilização dos olhos, mãos e braços, a altura da superfície deve estar situada de 0 a 15 cm do cotovelo.

Segundo lida (2005), a localização dos mostradores tem uma grande importância para facilitar a sua visualização pelo trabalhador, o que se tornará mais fácil se, no projeto, forem observados alguns critérios como: importância, associação, sequência e agrupamento.

A preocupação em propiciar as melhores condições para a visão pode ser atribuída ao fato de que, através desse sentido, passam a maioria das informações referentes ao mundo externo (GRIFFITH; LEONARD, 1997; KROEMER; GRANDJEAN, 2005). Leta et al. (2006) alertam que na vida moderna os olhos estão sendo cada vez mais sobrecarregados, desempenhando o papel de controladores constantes no discernimento de detalhes, no julgamento de diferenças e na leitura de telas de vídeo.

Ainda com relação à percepção visual, estudos revelam que a cor influencia o estado emocional, as impressões objetivas, subjetivas e o próprio estado de espírito, afetando também, a percepção que se tem de volume, peso, temperatura, tempo, odores e ruídos (LETA et al., 2002).

Quanto ao posicionamento dos comandos, de maneira geral, deve permitir um manejo fácil e seguro, sem a necessidade do operador se deslocar de sua posição normal de trabalho (MÁRQUEZ, 1990; IIDA, 2005).

Além dos aspectos levantados, também merecem destaque a seleção dos controles, quanto ao tipo, forma, materiais e forças necessárias para o acionamento,

a compatibilidade da interface projetada entre os sistemas de informação e os sentidos humanos, entre outros.

Dentre os procedimentos de avaliação dos controles e mostradores adotados em alguns estudos, podem ser citados os desenvolvidos na Universidade Federal de Viçosa (BRITO, 2007), Universidade de São Paulo (FONTANA, 2005; FONTANA; SEIXAS, 2007), na Universidade Estadual Paulista (SILVA, 2006; ROSSI, 2007).

Em avaliação ergonômica em cabines de máquinas florestais (FONTANA, 2005; FONTANA; SEIXAS, 2007), construiu-se um dispositivo para a determinação do ponto de indexação do assento (SIP) (Figura 1a), seguindo orientações da norma NBR NM-ISO 5353 (ABNT, 1999). Outro instrumento desenvolvido, composto por uma base de ferro maciça e duas hastes reguláveis (Figura 1b), foi utilizado para a medição das distâncias do SIP até os órgãos de comando nas três dimensões (x, y e z).



**Figura 1-** Dispositivos utilizados para medição das distâncias dos comandos até o SIP: (a) Dispositivo para simulação do SIP; (b) Equipamento de medida do SIP aos órgãos de comando (Fonte: FONTANA, 2005)

Nestes estudos, após o mapeamento da disposição, os dados foram inseridos em software de desenho e confrontados com as áreas de máximo e ótimo acesso (FONTANA et al., 2004).

Procedimento semelhante foi empregado para a avaliação do posicionamento dos mostradores (relógios de temperatura de arrefecimento, combustível, pressão do óleo, luzes de advertência, entre outros), que foram comparados com os ângulos de visão ótima e máxima do operador (FONTANA, 2005; BRITO, 2007).

Para a avaliação ergonômica em tratores agrícolas, Rozin (2004) utilizou uma adaptação realizada em um dispositivo para determinação do PRA (Ponto de Referência do Assento), transformando-o em um dispositivo para simulação do SIP.

Depois, mensurou as principais distâncias dos comandos de mão e de pés nas três dimensões. Outras medidas avaliadas no posto de operação foram o assento do operador, o volante de direção e o painel de instrumentos. Tais dados foram posteriormente comparados com os especificados nas normas ISO 15077 (1996), ISO 4253 (1993) e NBR ISO 4254-1 (ABNT, 1999).

### 2.1.3.2 Símbolos

A exigência de transmissão de informações através de símbolos obriga a conceber signos concisos, simples e rapidamente compreensíveis. O signo é composto pela sua forma física e por um conceito mental que lhe está associado, o qual é uma apreensão da realidade externa (NEVES, 2007).

De acordo com Lida (2005), a principal vantagem dos símbolos está na sua proximidade com os objetos/ações que visam representar, no entanto, nem todos apresentam um significado claro aos usuários. Portanto, torna-se necessário ter conhecimento prévio do que ele representa (BALESTRA, 2008).

Segundo Alonço et al. (2006a), a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) reuniu, na NBR 11379 (1990), 95 símbolos gráficos para máquinas agrícolas. Alguns destes também estão presentes na ISO 3767/1 (1982), ISO 3767/2-1 (1982), ISO 11684 (1995) e ASAE 5304.S (1984), de modo a permitir que a indústria brasileira os utilize de forma normatizada. Entretanto, como atualmente se tem diversos controles de acionamento de funções que não existiam em 1990 (ano da NBR 11379), surge a necessidade da criação e incorporação de novos símbolos às normas técnicas.

Alonço et al. (2006a) realizaram um estudo objetivando verificar a proporção do uso correto da simbologia empregada em máquinas agrícolas. Para tanto, empregaram a avaliação visual, o registro fotográfico e a consulta aos manuais. Posteriormente, tais dados foram comparados com os presentes nas normas NBR 11379 (ABNT, 1990) e na ISO 11684 (1995), revelando o parcial desconhecimento dos projetistas com relação às diretrizes normativas.

Em outro estudo, Alonço et al. (2007), através da aplicação de questionários, pesquisaram o grau de conhecimento acerca dos símbolos gráficos contidos na norma NBR 11379 (ABNT, 1990) junto aos principais clientes do ciclo de vida de

máquinas agrícolas. Nele, constatou-se o conhecimento reduzido sobre a simbologia dos comandos e controles destes produtos.

Desta forma, percebe-se que no projeto de um posto de trabalho, o estudo da simbologia empregada é um dos quesitos que devem ser considerados, verificando-se a compatibilidade da informação a ser transmitida com a interpretada pelo usuário.

### 2.1.3.3 Assento

Na interface de um sistema homem-máquina de um trator agrícola, o assento mostra-se um aspecto relevante de ser considerado, pois atua na diminuição das forças que causam danos ao corpo humano (PRASAD et al., 1995).

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), a posição sentada apresenta vantagens em relação à ereta quando o objetivo não é a aplicação de grandes forças ou movimentos do corpo, pois este fica melhor apoiado em diversas superfícies, como piso, assento, encosto, braço da cadeira e mesa.

Dentre as recomendações para projeto e/ou seleção de assentos, são encontradas diversas informações. A norma NR17, que trata de ergonomia, menciona que a altura deve ser ajustável à estatura do funcionário, a base deve sofrer pouca ou nenhuma conformação, a borda frontal deve ser arredondada e o encosto possuir uma forma levemente adaptada ao corpo, com a intenção de proteger a região lombar.

A norma ISO 4253 (1993) traz as dimensões de: largura e comprimento do assento; altura em relação à superfície de apoio; distância em relação ao volante de direção e aos pedais e; inclinação do assento e do encosto.

No momento da seleção ou projeto do assento, as especificações deverão ser compatíveis com as solicitadas pelas legislações vigentes do mercado consumidor, tendo em vista os diferentes níveis de exigência.

Fiedler (1995) averiguou que os assentos que oferecem melhores condições de conforto ao operador em tratores florestais são aqueles que empregam melhor material de construção, além de encosto e apoio para os braços. O autor caracterizou como menos indicados aqueles sem ajustes de altura e inclinação do encosto, bem como os que utilizam material de construção liso e fácil de esquentar.

O uso de almofada auxilia na distribuição da pressão, aumentando a tolerância do operador para se manter em determinada posição e evitando riscos à saúde do mesmo (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

Ainda com respeito ao material de revestimento, Lida (2005) salienta que o uso de mola ou espuma visa a distribuir a carga do corpo no assento, havendo redução na pressão em pontos isolados. No entanto, ressalta que se o revestimento for muito macio, haverá o perigo de o corpo não ter mais o apoio necessário e de o trabalho da estabilização cair sobre os músculos.

#### 2.1.3.4 Acesso

Observando-se as restrições de projeto relacionadas a um pulverizador autopropelido, como o vão livre necessário às aplicações de agrotóxicos em estágios mais avançados da cultura, o acesso a estas máquinas torna-se de fundamental importância para o provimento da segurança e ergonomia dos operadores.

Em estudo buscando avaliar as conformidades relacionadas ao acesso em tratores agrícolas, Mattar et al. (2010) basearam-se na norma “NBR/ISO 4252 - Tratores agrícolas - Local de trabalho do operador, acesso e saída – Dimensões” (ABNT, 2000). Os autores verificaram aspectos como altura da plataforma (piso) até o teto dos postos de operação, presença de batentes de proteção sobre os degraus, disponibilização de corrimão entre outros.

Corroborando com as questões apresentadas na norma NBR/ISO 4252, Robin (1987) acrescenta a necessidade da colocação de corrimãos em ambos os lados das vias de acesso do tratorista. Outra observação é quanto à disposição dos degraus, devendo esta ser de forma inclinada, em relação à vertical, para facilitar o acesso.

#### 2.1.4 Fatores ambientais

As características de um ambiente de trabalho refletem de maneira expressiva as qualidades do trabalhador, podendo ocasionar danos a sua saúde (ALVAREZ, 1996; IIDA, 2005). Dentre os fatores ambientais que exercem maior influência sobre o rendimento e a saúde do operador de uma máquina agrícola,

encontram-se os ruídos, vibrações mecânicas, condições climáticas, visibilidade, partículas e produtos químicos suspensos no ar (MÁRQUEZ, 1990; IIDA, 2005; MILLANVOYE, 2007).

Conforme, MÁRQUEZ (1990), embora não haja o estudo sobre o efeito conjunto desses fatores, sabe-se que a ação isolada de cada um é nociva ao operador.

Considerando-se a influência exercida pelos fatores ambientais na ergonomia e segurança do usuário da máquina agrícola, nos próximos tópicos cada um desses fatores são abordados individualmente.

#### 2.1.4.1 Ruídos

A presença de ruídos elevados no ambiente de trabalho acaba perturbando, e, com o tempo, provocando a surdez, trazendo como sintomas iniciais a dificuldade de entender a fala em ambientes barulhentos (DUL; WEERDMEESTER, 2004). Quando intensos, os ruídos podem acarretar prejuízos à concentração mental e tarefas que exigem atenção, velocidade e movimentos precisos (MINETTE et al., 1998).

Em sistemas produtivos com intenso uso de máquinas, o nível de ruído próximo ao ouvido do operador é um dos fatores que devem ser avaliados (BAESSO et al., 2008). Acima de 85dB, os mesmos começam a afetar psicologicamente o trabalhador, prejudicando a execução de tarefas que exijam atenção, velocidade ou precisão de movimentos e, em muitas situações, causando lesões auditivas irreversíveis (VENTUROLI et al., 2003).

Conforme Kroemer e Grandjean (2005), os operadores de máquinas que são expostos a níveis de ruídos elevados podem ter perda auditiva, a qual, inicialmente, é apenas temporária, podendo posteriormente ocorrer a PAIR (perda auditiva induzida pelo ruído).

Nesta tese, como exemplos de trabalhos empregando procedimentos de avaliação dos níveis de ruído, são citados alguns estudos com máquinas de colheita florestal (BRITO, 2007; MINETTE et al., 2007) e com máquinas agrícolas (ALONÇO et al., 2006b; BAESSO et al., 2008; RINALDI et al., 2008; SILVA et al., 2011).

Para avaliar os níveis de ruídos em máquinas de colheita florestal, Minette et al. (2007) empregaram um dosímetro instalado na altura do ouvido esquerdo do

operador. Posteriormente, os resultados foram confrontados com os limites de tolerância estabelecidos pela Norma Regulamentadora número 15. Em tal experimento, a medição foi realizada com a cabine fechada, ar condicionado ligado e com motor na máxima rotação.

Em procedimento semelhante, Alonço et al. (2006b) utilizaram um decibelímetro para medição do nível de ruído a que operadores de máquinas agrícolas estavam submetidos, tais dados também foram comparados com os especificados na NR15.

Desta forma, observa-se certa padronização quanto à metodologia adotada para esta avaliação, bem como quanto aos parâmetros mencionados, possivelmente justificados pelo caráter obrigatório que uma lei implica.

#### 2.1.4.2 Iluminação

Conforme Rio e Pires (2001), o desconforto visual pode provocar sensação de cansaço nos olhos, dor, irritabilidade e vermelhidão, levando o operador a buscar situações de conforto visual e a adotar posturas e movimentos inadequados.

Corroborando, Couto (1995) ressalta que a iluminação adequada constitui um dos principais itens para o conforto humano, produtividade e qualidade de vida, razão pela qual se torna relevante que o campo de trabalho e os mecanismos de acesso à máquina sejam devidamente iluminados.

A intensidade da luz que incide sobre uma determinada superfície de trabalho deve ser suficiente para garantir uma boa visibilidade (DUL; WEERDMEESTER, 2004). Por exemplo, uma iluminação deficiente sobre uma tarefa que exige precisão pode ser muito fatigante, enquanto focos de luz brilhantes colocados dentro do campo visual podem provocar ofuscamentos extremamente desconfortáveis (IIDA, 2005).

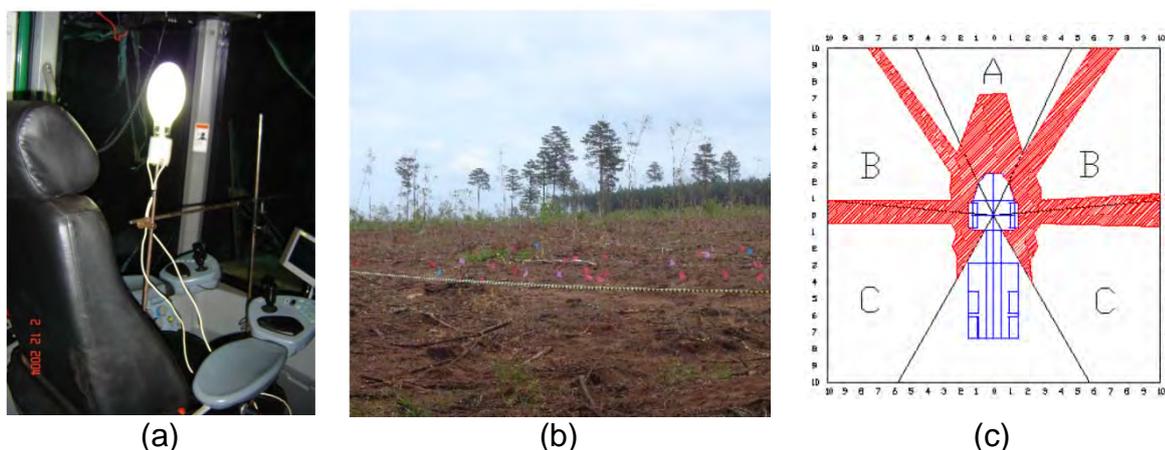
Segundo Souza e Minette (2002), é comum encontrar máquinas de colheita florestal incorretamente iluminadas, o que pode contribuir para o aumento da fadiga visual, erros e acidentes, além de uma influência psicológica negativa sobre os trabalhadores e, conseqüentemente, ocasionar a diminuição da produtividade da operação.

Ao avaliar a iluminação no posto de trabalho em máquinas de colheita florestal, Minette et al. (2007) usaram um luxímetro digital com fotocélula para

obtenção dos dados. Tais dados foram comparados com a Norma Brasileira NBR 5413 (ABNT, 1992), com base nos critérios de adequação apropriada à natureza da atividade do campo de trabalho.

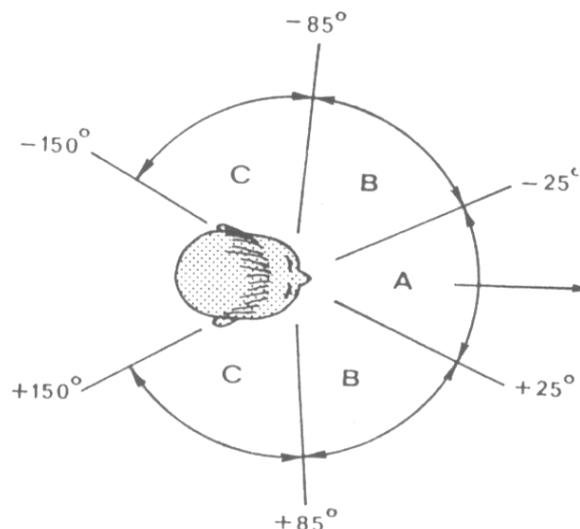
Para a avaliação do campo visual de máquinas florestais, Fontana (2005) seguiu procedimentos adotados por Menezes et al. (1985), construindo um dispositivo para alocação de uma lâmpada de filamentos na altura correspondente aos olhos do operador (Figura 2a), conforme a norma ISO 5721 (1989).

Após, com a máquina posicionada em um plano horizontal de área 20 x 20 metros e na ausência total de iluminação, foi acionada a referida lâmpada. As áreas sombreadas no terreno foram demarcadas com bandeiras (Figura 2b) e, depois, as medidas correspondentes foram inseridas em um software de desenho em duas dimensões, o que permitiu o cálculo das áreas iluminadas. Por fim, as áreas foram divididas conforme os campos visuais do operador (A, B e C) (Figura 2c).



**Figura 2** - Avaliação do campo visual de uma máquina florestal: (a) Lâmpada posicionada na altura dos olhos do operador; (b) Demarcação da área sombreada com bandeiras; (c) Divisão da área nos campos visuais do operador (Fonte: FONTANA, 2005)

Estes campos obedecem aos parâmetros propostos por Menezes et al. (1985), conforme pode ser visualizado na figura 3. Adotando metodologia similar, Menegas et al. (2006) e Schlosser et al. (2011) avaliaram o campo de visão do operador de tratores com e sem cabine. Já Lima et al. (2005) realizaram a mensuração da área livre do para-brisa frontal e do traseiro em tratores florestais buscando outro parâmetro para avaliação da visibilidade.



**Figura 3** - Campos visuais do operador, sendo A – Campo visual estacionário, B – campo visual dos olhos e C – Campo visual obtido com o movimento da cabeça (Fonte: MENEZES et al., 1985)

#### 2.1.4.3 Vibrações

As vibrações consistem de uma mistura complexa de diversas ondas, com frequências e direções diferentes. A partir da análise desses componentes, calcula-se o nível médio das vibrações, o qual pode ser usado para estimar o impacto dessas ondas no corpo humano (DUL; WEERDMEESTER, 2004).

Dentre os principais efeitos estão a visão turva, perda de equilíbrio, falta de concentração e, até mesmo, danificação permanente de determinados órgãos do corpo (GERGES, 1992; IIDA, 2005)

A norma ISO 2631 (1985) especifica que são três os tipos de exposição humana à vibração em operação de máquinas: as transmitidas simultaneamente à superfície de todo o corpo ou a partes substanciais dele; as transmitidas ao corpo como um todo, através da superfície de sustentação e; as aplicadas a uma parte do corpo. Já a ISO 2631 (1997) reconhece quatro parâmetros físicos relacionados à vibração que afetam o corpo humano, são eles: a intensidade, direção, frequência e duração.

Segundo Márquez (1990), os tratores e as máquinas agrícolas produzem vibrações de baixa frequência, as quais são transmitidas para o posto de operação, podendo gerar problemas de visão, irritabilidade, deformações lombares e problemas digestivos. Tais níveis excessivos de vibração encontrados em tratores

agrícolas geram uma sensação incômoda no operador, aumentando sua fadiga física e mental (FERNANDES et al., 2003).

Quanto à intensidade da vibração dos tratores agrícolas, essa depende da estrutura do solo, do projeto da suspensão, localização do assento, cabine, pneus, da técnica de dirigir, da velocidade, entre outros (SANTOS FILHO, 2002).

Entre as pesquisas avaliando as vibrações em tratores agrícolas, estão a de Fernandes et al. (2003), usando dois acelerômetros piezoelétricos (um instalado no assento e outro na base do assento do tratorista) para a determinação das faixas de frequência em que se verificava os maiores picos de vibração vertical, constatando-se valores de 2 a 4 Hz.

Em procedimento similar, também instalando acelerômetros no assento e na base do assento do tratorista (Figura 4), Franchini (2007) obteve valores de 4 a 8 Hz para as frequências que apresentaram maiores picos de vibração. É importante ressaltar que tais dados foram coletados com o trator realizando operação de semeadura, sendo consideradas somente as vibrações verticais.



**Figura 4** - Acelerômetros do tipo capacitivo utilizados para medição da vibração em trator agrícola: (a) Acelerômetro instalados na interface operador-assento; (b) Acelerômetro instalado na base do assento (Fonte: FRANCHINI, 2007)

Para avaliar a eficiência do assento perante características da vibração, a norma ISO 2631 (1997) adota um método numérico denominado de SEAT%. Nesse método, é averiguada a dose de vibração na estrutura de suporte do assento (piso) e posteriormente comparada com a medida na interface entre o assento e o operador. Com a aplicação da equação 1, é possível determinar a eficácia do isolamento.

$$\text{SEAT\%} = \frac{\text{VDV no assento} \times 100}{\text{VDV no piso}} \quad (1)$$

onde:

SEAT% - Seat Effective Amplitude Transmissibility (Eficiência do assento na transmissibilidade da amplitude)

VDV - valor da dose de vibração ( $\text{m/s}^{1,75}$ )

### **Equação 1 – Cálculo do SEAT%**

Ao aplicar tal fórmula, obtendo-se um valor de 100%, significa que não houve nem melhora nem degradação para o conforto do operador. Já valores abaixo desta referência significam eficiência no sistema de amortecimento, ou seja, que esse está isolando parte da vibração. Para valores acima de 100%, o assento aumenta a vibração transmitida ao usuário (SANTOS FILHO, 2002).

#### 2.1.4.4 Clima

O clima no posto de trabalho é um aspecto que merece especial atenção, pois em condições de desconforto, com excesso de calor ou frio, os operadores estão sujeitos a indisposição e fadiga. Quando o clima é desconfortável ao trabalhador, ocorre à diminuição da eficiência, aumento dos riscos de acidentes e danos à saúde do mesmo (GRANDJEAN, 1998; SOUZA; MINETTE, 2002).

O conforto térmico do posto de trabalho está vinculado ao rendimento de operadores, sendo relevante considerar a presença ou não de cabine de proteção, principalmente, se essa for fechada e com temperatura interna controlável (BRITO, 2007).

Para Lida (2005), a medida do possível, os postos de trabalho devem conter termostato para ajuste do clima, sendo a temperatura regulável de acordo com o esforço físico do trabalhador. Também, deve-se evitar a umidade ou secura exagerada, correntes de ar, superfícies muito quentes ou frias.

Dul e Weerdmeester (2004) determinam faixas de conforto para diversos tipos de atividade. Considerando-se o uso de roupas normais, são recomendados valores entre 30 e 70% para a umidade relativa do ar, sendo que, abaixo de 40%, pode ocorrer a irritação dos olhos e das mucosas, além de produzir a eletricidade estática.

Quanto à velocidade do ar, esta deve ficar abaixo de  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ , pois valores acima desse parâmetro tornam-se desconfortáveis em climas frios.

Márquez (1991) especifica valores climáticos ideais para o posto de trabalho quando a atividade é realizada pelas mãos e com o operador sentado, podendo haver variação da temperatura do ar entre 19 a 22 °C, umidade relativa entre 40 a 70% e velocidade do ar de  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . Para as operações em pé, a temperatura deve estar de 2 a 4 °C menor e a velocidade do ar acima de  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ .

Um exemplo de estudo analisando as condições do clima no posto de trabalho foi o efetuado por Minette et al. (2007) com as máquinas de colheita florestal utilizando o termômetro digital de IBUTG (temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, temperatura de globo e velocidade do vento) e, posteriormente, comparando os dados com os parâmetros limites estabelecidos pela Norma Regulamentadora 17.

#### 2.1.4.5 Substâncias químicas

Segundo Machado Neto et al. (2006), em qualquer atividade com agrotóxicos, há necessidade de se avaliar a segurança das condições de trabalho, pois estes podem atingir e intoxicar os trabalhadores expostos.

Ao empregar cabine no posto de operação, as avaliações das condições de exposição do operador deverão ser consideradas, tendo em vista que a intoxicação pela via respiratória geralmente ocorre devido à exposição prolongada em estufas e em locais de armazenamento mal ventilados (THAYER, 1998). Tal exposição também é causada pelo uso de herbicidas em locais de ventilação precária (AVERY, 2003).

Dentre as metodologias utilizadas para avaliação da possível intoxicação do usuário, a mais difundida é a quantificação da exposição dérmica e respiratória pelo uso de traçadores nas caldas de pulverização.

Machado Neto et al. (2006) empregaram macacões de tecido de algodão, com mangas compridas e com capuz, para quantificar as exposições na cabeça, pescoço, tronco, braços e pernas, e luvas de algodão para as mãos. Também usaram absorventes higiênicos femininos, os quais foram afixados sobre as máscaras semi-faciais e sobre a parte mediana superior dos pés, para quantificação da exposição na face e dos pés, respectivamente. Após as aplicações, o material

citado foi acondicionado em sacos identificados e levado ao laboratório para análises.

Para a exposição respiratória, os autores (MACHADO NETO et al., 2006) utilizaram uma bomba de fluxo de ar contínuo, regulada para succionar uma quantidade de ar compatível com a respiração do operador. Na bomba, conectou-se uma mangueira plástica com um cassete na extremidade, o qual continha filtro de éster celulose apoiado sobre uma lâmina circular de celulose. Esse material que foi transferido para recipientes plásticos tampados e conduzido para análises laboratoriais.

Na busca por referencial bibliográfico das metodologias empregadas para a avaliação da exposição do operador às substâncias tóxicas, também observou-se uma certa padronização quanto ao material e procedimentos adotados.

#### 2.1.5 Análise ergonômica

Está normatizado na NR 31, a responsabilidade do empregador ou equiparado em realizar avaliações dos riscos para a segurança e saúde dos trabalhadores e, com base nos resultados, adotar medidas de prevenção e proteção, a fim de garantir que todas as atividades, lugares de trabalho, máquinas, equipamentos, ferramentas e processos produtivos sejam seguros e em conformidade com as normas de segurança e saúde.

Tal norma atribuí ao empregador, após o momento da aquisição, a total responsabilidade no que se refere ao provimento da segurança do operador nas operações com a máquina.

Conforme Alonço (2004), a análise ergonômica visa a evidenciar a natureza dos compromissos que intervêm na elaboração dos modos operativos pelos trabalhadores e identificar como esses compromissos possam vir a fracassar e atingir a produtividade e a saúde dos envolvidos. Dentre os fatores a serem observados para a melhoria das condições de trabalho, estão a temperatura, ruídos e vibrações.

Com relação a análise dos aspectos ergonômicos, facilidade de uso, segurança, eficiência, conforto e confiabilidade, a ergonomia emprega métodos e técnicas científicas, como: as observações diretas e indiretas, escalas de avaliação,

checklists, vídeos, fotos, entrevistas, questionários, grupos de discussão, análise da tarefa, análise de especialistas, entre outros (MORAES, 2001; BRITO, 2007).

Em pesquisa ao referencial teórico sobre metodologias para avaliações ergonômicas, encontraram-se diversos trabalhos com diferentes abordagens dos fatores comentados até o momento.

Alonço et al. (2006b) realizaram análise ergonômica em atividades com roçadora manual motorizada. Para tanto, os autores fizeram observações de campo, registros sonoros e fotográficos para a coleta de dados, comparando-os com as exigências das normas relacionadas.

Debiasi et al. (2004b) avaliaram as condições ergonômicas em 175 tratores agrícolas no estado do Rio Grande do Sul, mediante observação in loco, quanto a presença de dispositivos como o isolamento térmico da transmissão e do motor, posicionamento das alavancas de câmbio e regulagem da inclinação do volante de direção.

Em outro artigo, Debiasi et al. (2004a) analisaram uma série de itens relacionados à segurança e a ergonomia, dentre eles: adequação da altura, largura e distância entre degraus de acesso à cabine, emprego de superfícies antiderrapante na plataforma de operação, pedais, entre outros. Tais itens serviram de parâmetro para o desenvolvimento de um coeficiente parcial de avaliação dos fatores de ergonomia e segurança em tratores.

Outra ferramenta amplamente utilizada é a aplicação de questionários (FONTANA, 2005; SILVA, 2006; BRITO, 2007; ROSSI, 2007). Fontana et al. (2007), além da avaliação ergonômica, valeram-se deste recurso junto aos operadores, averiguando aspectos como acesso às máquinas, regime de trabalho, facilidade de execução dos comandos e comparação de aspectos normativos com a opinião dos entrevistados.

Por fim, ressalta-se a importância da análise ergonômica considerando, sempre que possível, o maior número de fatores envolvidos, possibilitando assim, a implementação de medidas corretivas e preventivas eficazes à realidade do estudo.

### 2.1.6 Pulverizador autopropelido

De modo a conceituar o produto utilizado no estudo de caso desta tese, o pulverizador autopropelido, Matuo et al. (2005, p. 36) apresentam a seguinte definição:

Os equipamentos para a aplicação de defensivos agrícolas são numerosos e podem ser classificados segundo o material que aplica. Assim, polvilhadora aplica pó, a granuladora, os grânulos, o pulverizador, as gotas e o nebulizador, a neblina.

As máquinas agrícolas são divididas em grupos, estando entre eles o destinado a “Máquinas aplicadoras de defensivos” (SANTOS FILHO; SANTOS, 2001).

Conforme Alonço (1998), os defensivos agrícolas são produtos de ação biológica e visam a defender as plantas de agentes nocivos e alguns, como inseticidas, têm por fim combater formas de vida animal. Já a lei 7.802 de 11 de julho de 1989 define agrotóxicos como:

[...] agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (Art. 2º).

Neste sentido os pulverizadores autopropelidos ou automotrizes podem ser definidos como máquinas empregadas na aplicação de agrotóxicos, tendo como características o seu rendimento operacional e uso de tecnologia para o controle da pulverização.

Os primeiros pulverizadores autopropelidos construídos foram utilizados na Califórnia - EUA, por volta de 1900. Na década de 40, foi construído o primeiro pulverizador com 4 cilindros, barra de 80 pés e 250 galões. Contudo, foi somente a partir das décadas 70 e 80 que houve grande avanço na construção de tais máquinas, as quais passaram a abarcar dispositivos computadorizados para a agricultura de precisão (LOBO JUNIOR, 2012).

Atualmente, os modelos de pulverizadores autopropelidos são diversificados, variando quanto à forma, tamanho, quantidade de componentes, capacidade do

tanque, barras de pulverização, entre outros. Basicamente, os pulverizadores apresentam em sua estrutura: chassi, eixos, suspensão, motor, transmissão, cabine, sistema de sustentação, barras de pulverização e reservatórios de combustível, de água limpa e de produto químico (LOBO JUNIOR, 2012).

## **2.2 Questões metodológicas no desenvolvimento de cabines com enfoque na segurança e ergonomia**

Este tópico vem a apresentar alguns conceitos e metodologias empregadas no desenvolvimento de produtos, principalmente as dedicadas à segurança e ergonomia, abordando uma análise dos processos utilizados, de modo a embasar o método proposto para o projeto de cabines.

### **2.2.1 Projeto do Produto**

O projeto aplicado ao ramo da engenharia é uma atividade tecnológica, estruturada e gerenciável, que visa à solução de problemas, voltada ao futuro e usando a criatividade (FONSECA, 2000).

O termo projeto também pode ser entendido como um esforço temporário empreendido para a criação de um produto, serviço ou resultado exclusivo, consistindo em uma série de atividades e tarefas, visando ao alcance de um objetivo dentro de certas especificações, possui limites de orçamento, datas de início e fim definidas, exige recursos financeiros e de pessoal, equipamentos, entre outros (KERZNER, 2001; PMI, 2004).

Segundo Pahl e Beitz (1996), os projetos podem ser classificados em três tipos: original, adaptativo e de variantes. Projeto original é aquele que envolve a elaboração de princípio de solução original para um sistema; projeto adaptativo adapta-se a sistemas conhecidos com a intenção de mudar as tarefas para as quais foram inicialmente projetados, mantendo os princípios de solução e; o projeto de variante varia conforme o tamanho ou o arranjo de certos aspectos de um sistema escolhido, a função original e o princípio de solução do sistema não mudam.

Com relação ao produto, este pode ser definido como um objeto concebido, produzido industrialmente com características e funções, comercializado e usado

pelas pessoas ou organizações, de modo a atender a seus desejos ou necessidades (BACK et al., 2008).

O desenvolvimento do produto, de acordo com Back et al. (2008), refere-se a todo o processo de transformação de informações necessárias para a identificação da demanda, a produção e o uso do produto.

### 2.2.2 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

De acordo com Pahl e Beitz (1996), o processo de desenvolvimento do produto é onde todo o conhecimento individual, grupal e organizacional é consolidado e transformado em ação até a materialização em produto final, correspondente à fase de concepção até a comercialização do mesmo.

Corroborando, Santos e Forcellini (2003) caracterizam o desenvolvimento de produtos como o processo pelo qual uma organização transforma as informações técnicas em informações para a fabricação de um produto comercial.

Rozenburg e Eekels (1995), definem o processo de projeto de produtos como um processo mental orientado, no qual problemas são analisados, objetivos são definidos e ajustados, propostas de solução são desenvolvidas e a qualidade destas são medidas.

Neste sentido, Ulrich e Eppinger (1995 apud REIS; FORCELLINI, 2006) consideram que uma metodologia de projeto estruturada (sistemática) oferece uma série de benefícios, como: tornar o processo de decisão explícito, atuar com lista de verificação das principais etapas e ser auto documentável.

### 2.2.3 Metodologias de projeto

Para Rozenburg e Eekels (1995, p. 40), o método consiste em um "estrutura sequencial resultante da organização temporal, consciente, das ações de transformação dos elementos materiais de um sistema", estando associado a definição de função organizacional.

Quanto as metodologias do projeto, conforme Maribondo (2000), são uma coleção de ferramentas e documentos de apoio ao processo de projeto, que tem por objetivo maior auxiliar os projetistas na tomada das melhores decisões, empregando mecanismos de avaliação e retroalimentação de dados, que, juntos, terminam por

dar suporte às tomadas de decisões, em busca da melhor solução do problema de projeto.

Tendo em vista a proposição de diversas metodologias de projeto, as quais apresentam similaridades, Alonço (2004) elaborou uma síntese (Figura 5) dos modelos propostos por: Back (1983), Ullman (1992), Pahl e Beitz (1996) e Hubka e Eder (1996).

	<b>PROJETO INFORMACIONAL</b>	<b>PROJETO CONCEITUAL</b>	<b>PROJETO PRELIMINAR</b>	<b>PROJETO DETALHADO</b>
<b>Autor</b>	<b>BACK (1983)</b>			
<b>Fases</b>	Estudo de Viabilidade		Projeto Preliminar	Projeto Detalhado
<b>Saídas</b>	Conjunto de Soluções Possíveis		Solução Otimizada	Descrição do Produto
<b>Autor</b>	<b>ULLMAN (1992)</b>			
<b>Fases</b>	Planejamento e Desenvolvimento de Especificações	Projeto Conceitual	Projeto de Produto	
<b>Saída</b>	Especificações de Projeto	Concepções	Produto Final	
<b>Autor</b>	<b>PAHL &amp; BEITZ (1996)</b>			
<b>Fases</b>	Planejamento e Desenvolvimento da Tarefa	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Projeto Detalhado
<b>Saída</b>	Lista de Requisitos	Concepção do Produto	Leiaute definido do Produto	Documentos do Produto
<b>Autor</b>	<b>HUBKA &amp; EDER (1996)</b>			
<b>Fases</b>	Elaboração do Problema Atribuído	Projeto Conceitual	Projeto Preliminar	Detalhamento
<b>Saída</b>	Especificações de Projeto	Estrutura de Órgãos Concepção	Leiaute Dimensional	Descrição do Sistema Técnico

**Figura 5** - Síntese comparativa entre metodologias de projeto (Fonte: ALONÇO, 2004)

Devido as similaridades verificadas, apesar das especificidades quanto à terminologia empregada e o detalhamento dos processos de projeto, Ogliari (1999) desenvolveu um modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos, englobando, basicamente, o Projeto Informacional, o Projeto Conceitual, o Projeto Preliminar e o Projeto Detalhado (ALONÇO, 2004). Tais fases também são referenciadas nas metodologias de Maribondo (2000), Romano (2003), Alonço (2004), entre outros.

Tendo em vista o exposto, buscou-se elucidar os conceitos e características de tais fases, bem como as especificidades mais relevantes das metodologias utilizadas para o embasamento do método proposto nesta tese. Entre elas

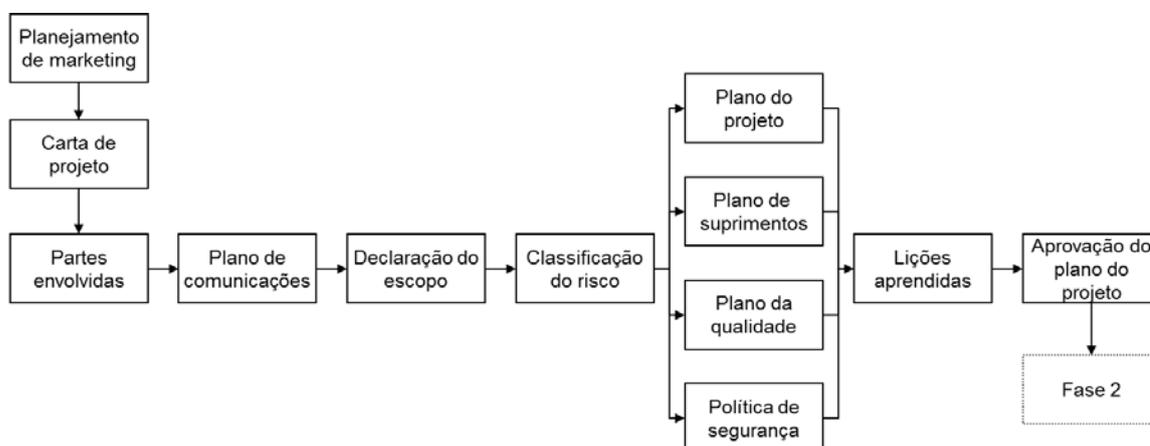
destacam-se a Metodologia de Projeto para a Concepção de Máquinas Agrícolas Seguras (ALONÇO, 2004), Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares (MARIBONDO, 2000), Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – PDMA (ROMANO, 2003) e considerações da obra Ergonomia Projeto e Produção (IIDA, 2005).

Salienta-se que nesta seleção, considerando que existem metodologias específicas para determinados tipos de produtos e enfoques, buscou-se a contemplação dos principais parâmetros almejados, a ergonomia e a segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas.

### 2.2.3.1 Planejamento do projeto

Esta fase destina-se ao planejamento de um novo projeto frente às estratégias de negócio da empresa, e à organização do trabalho a ser desenvolvido ao longo do processo. Para tanto, entre as atividades encontram-se a definição dos trabalhos necessários, suas relações, custos, restrições, entre outras informações, as quais irão orientar e conduzir as ações e decisões gerenciais ao longo da execução do projeto e formarão base para as medições e ações corretivas que se fizerem necessárias aos rumos do projeto (ROMANO, 2003; BACK et al., 2008).

Diante a importância do planejamento do projeto, a mesma é apresentada como sendo uma das três macrofases da metodologia do PDMA (ROMANO, 2003), abordando as atividades apresentadas na figura 6, resultados estes que compõem o plano do projeto, necessário para o gerenciamento do mesmo.



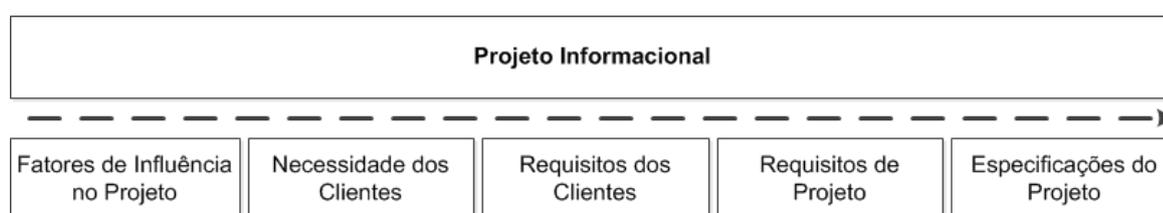
**Figura 6** - Fluxograma do PDMA referente à fase de planejamento do projeto (Fonte: ROMANO, 2003)

Quanto ao gerenciamento, Kerzner (2001) e PMBOK (PMI, 2004) referem-se que este trata da aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, a fim de atender aos seus requisitos. Neste são planejados, organizados, direcionados e controlados os recursos para atender, em um determinado tempo, os objetivos e metas pré-estabelecidos.

### 2.2.3.2 Projeto informacional

A partir da análise detalhada do problema de projeto, nesta fase busca-se a identificação das necessidades dos vários clientes do produto, com posterior transformação num conjunto de objetivos ou metas que o produto deve atender, denominadas de especificações técnicas do projeto (MENEGATTI, 2004; SANTOS, 2004; REIS; FORCELLINI, 2006).

Por meio da análise das metodologias mencionadas anteriormente, verifica-se certa similaridade quanto à essência empregada na sequência e transformação das informações ao longo do projeto, diferindo, basicamente, nas especificidades abordada no escopo de sua proposição. Tais transformações são realizadas pelas atividades apresentadas na figura 7.



**Figura 7** - Atividades em comum para a fase de projeto informacional para diferentes metodologias de projeto

Seguem algumas das proposições e contextualização das atividades em consenso apresentadas para a fase de projeto informacional.

Os fatores de influência no projeto, são os aspectos que interferem no desenvolvimento do processo de projeto como, por exemplo, os fatores-chaves para o sucesso, as ameaças, os relacionados à segurança, ao desempenho funcional da máquina, parâmetros agrônômicos e mecânicos, entre outros (ROMANO, 2003).

Quanto às necessidades dos clientes/usuários, estas referem-se aos atributos que o cliente deseja encontrar no produto, aparecendo sob a forma de declarações

diretas, geralmente expressas em linguagem subjetiva (REIS, 2003; REIS; FORCELLINI, 2006). Conforme Back et al. (2008), o termo usuário representa todas as pessoas e organizações que, de alguma forma, têm interesse ou que serão afetadas pelo produto ao longo de seu ciclo de vida.

Os requisitos dos clientes podem ser entendidos como as necessidades dos clientes expressadas em linguagem de engenharia (REIS, 2003). Essa conversão, visa a transformar a linguagem “bruta” em uma linguagem mais técnica (MENEGATTI, 2004), facilitando a visualização e adoção destas pelos planejadores e membros da equipe do projeto (BACK et al., 2008).

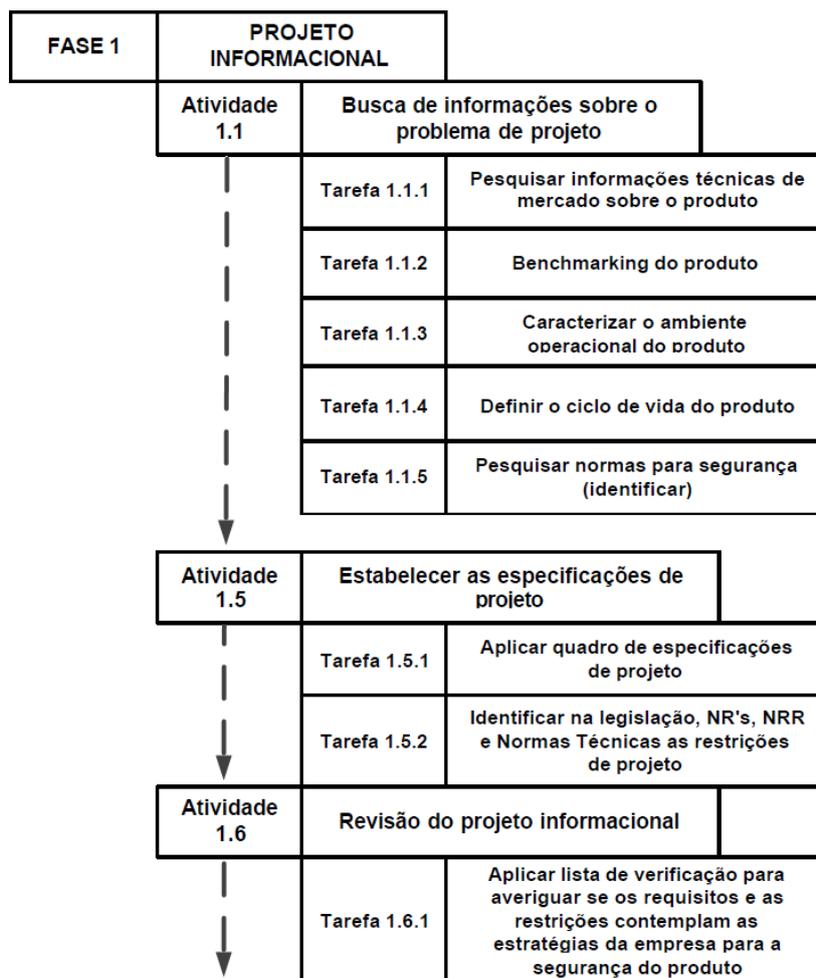
Já os requisitos do projeto apresentam o "Como" atender aos requisitos dos clientes, empregando características técnicas mensuráveis no produto. Sempre que possível, os requisitos de projeto devem conter expressões associadas a unidades de medida, apresentando, de forma física, as condições relacionadas ao projeto (MENEGATTI, 2004).

Por fim, as especificações do projeto contemplam a lista dos objetivos que o produto deve atender (ROOZENBURG; EEKELS, 1995). Tal atividade, além de propiciar o entendimento e a descrição do problema na forma funcional, fornece a base sobre a qual serão montados os critérios de avaliação e de todas as tomadas de decisão realizadas nas próximas etapas do projeto (BACK et al., 2008).

Com relação às metodologias, verifica-se na destinada a concepção de máquinas agrícolas seguras (ALONÇO, 2004), a importância das tarefas voltadas à identificação das características necessárias ao provimento da segurança ao usuário do produto (Figura 8).

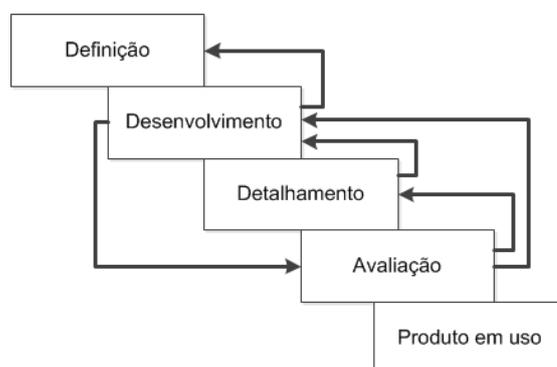
Entre essas, a caracterização do ambiente operacional do produto, buscando as relações existentes no sistema homem-máquina-ambiente, de modo a aproximar os projetistas dos riscos e exposições a que o usuário está ou será submetido. Informações estas que trazem subsídios à formulação das soluções para contemplar a segurança considerando a realidade de uso do produto.

A identificação dos parâmetros normativos e, por meio destes, a formulação das restrições de projeto, que são as características a serem adotadas de modo "obrigatório" no produto para o provimento da sua segurança, são outras particularidades de grande valia ao embasamento do método proposto.



**Figura 8** - Atividades e tarefas evidenciadas na metodologia para a concepção de máquinas agrícolas seguras (ALONÇO, 2004) para o provimento da segurança do produto na fase informacional

Quanto à abordagem ergonômica no desenvolvimento do produto, Lida (2005) apresenta o processo em cinco etapas não lineares (Figura 9), sendo elas a definição, o desenvolvimento, o detalhamento, a avaliação e o produto em uso.



**Figura 9** - Etapas do desenvolvimento de produtos com enfoque na ergonomia (Fonte: IIDA, 2005)

Em tal estruturação, pode-se visualizar a importância da atividade de avaliação, visto seu relacionamento direto com os procedimentos de reformulação do projeto, ou seja, identificando a partir de qual etapa o mesmo deverá ser reiniciado e, apresentando quais as características e parâmetros a serem aperfeiçoados e/ou mantidos no sistema. Já a realização da avaliação durante o desenvolvimento, vai ao encontro da proposta de caracterização do ambiente operacional, mencionada anteriormente.

### 2.2.3.3 Projeto conceitual

Nesta fase, a partir da identificação e esclarecimento de uma necessidade, são tomadas as decisões a respeito da concepção do produto, buscando satisfazer essa necessidade, sujeita às limitações de recursos e às restrições de projeto (FERREIRA, 1997; REIS; 2003; SANTOS, 2004, SANTANA et al., 2004).

No projeto conceitual são geradas as soluções físicas para atender às necessidades dos clientes do projeto (NOVAES, 2005), por isso é considerada como a mais importante no processo de projeto, pois as decisões tomadas influenciam diretamente os resultados das demais etapas. Para tanto, deve-se utilizar abstração, aplicar recursos que despertem a criatividade de modo a buscar a fuga do convencional (BRASIL, 1997).

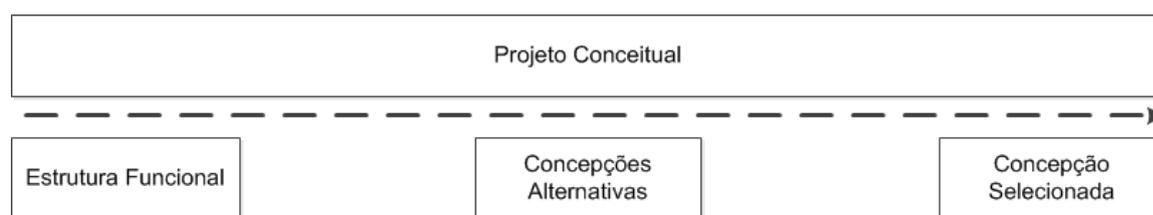
Segundo Pahl et al. (2005), a concepção é a parte do projeto que, após o esclarecimento do problema, por meio da elaboração de estruturas da função, busca de princípios de funcionamento apropriados e sua posterior combinação, ocorre a definição da solução preliminar.

De acordo com Dias et al. (2011), quando a estrutura de funções é elaborada para um novo produto, projeto de inovação, o processo de desdobramento recebe a denominação de síntese funcional. Já para os casos de projeto em que o produto já encontra-se disponível, ou seja as funções dos componentes e subsistemas já estão previamente definidas, o processo de desenvolvimento, da estrutura de funções, é denominado de análise funcional.

Back et al. (2008) elucidam que o método da síntese funcional, teve a sua origem na década de 1970 nos trabalhos dos pesquisadores alemães Koller (1985), Pahl; Beitz (1996), Rodenacker (1991) e Roth (1982), e traz os seguintes procedimentos:

- Formular o problema ou a função global do sistema em desenvolvimento;
- Estabelecer uma estrutura ou um fluxo de funções do problema ou processo;
- Pesquisar ou criar princípios de soluções alternativos para cada função da estrutura;
- Combinar o princípio de cada função da estrutura para formar concepções alternativas para o problema global;
- Selecionar as concepções viáveis.

Os referidos passos norteiam o desenvolvimento do conceito do produto e, basicamente, podem ser agrupados em atividades que buscam a estrutura funcional, a elaboração de concepções alternativas, e, por fim a seleção da concepção (Figura 10).

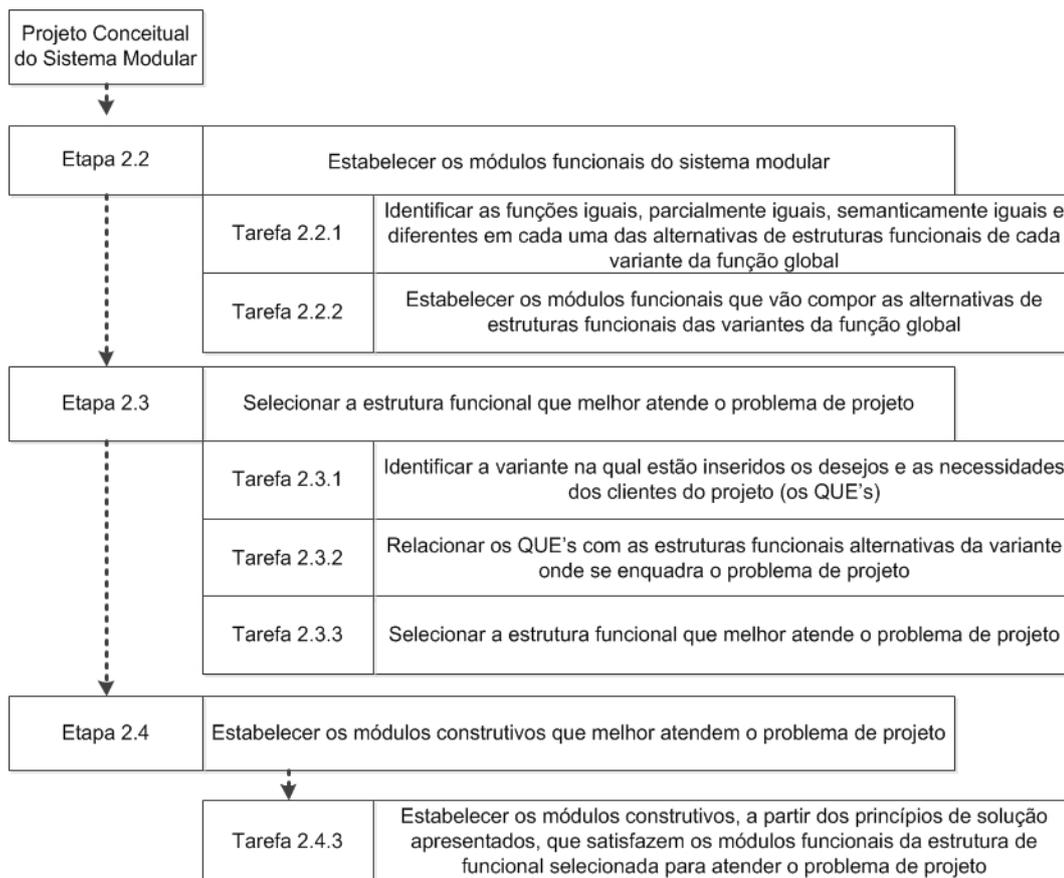


**Figura 10** - Atividades empregadas para o desenvolvimento do conceito do produto

Por considerar que a metodologia proposta nesta tese destina-se ao projeto de cabine de máquinas agrícolas, a qual pode ser entendida como um módulo dentre vários que compõem o sistema técnico do produto final, a máquina, buscou-se enfatizar alguns procedimentos apresentados na metodologia de projeto de sistemas modulares (MARIBONDO, 2000).

O referido autor conceitua o módulo como sendo, blocos distintos com interfaces padronizadas intercambiáveis entre si que, quando combinados uns com os outros, geram uma família de produtos que atendem a diferentes desejos e necessidades. Neste sentido observa-se ainda a existência de módulos presentes dentro do posto de operação "cabine", o que vem ao encontro da definição "*produtos dentro de produtos*" apresentada por Erixon et al. (1996) apud por Maribondo (2000).

Dentre as etapas e tarefas destacadas na metodologia de sistemas modulares (Figura 11), estão as de elaboração dos módulos funcionais e da estrutura funcional e, por fim, da apresentação dos módulos construtivos, nomenclatura dada ao princípio de solução que atende ao referido módulo funcional.



**Figura 11** - Etapas e tarefas destacadas, na fase de projeto conceitual da metodologia de sistemas modulares (MARIBONDO, 2000), para a formulação de módulos e estruturas funcionais

De acordo com Maribondo (2000), os módulos funcionais podem ser desenvolvidos analisando as funções elementares e verificando as similaridades entre as mesmas, de modo a verificar se as funções, que apresentam objetivos em comum, podem ser combinadas, definindo um módulo funcional.

Para a elaboração das estruturas de funções, o referido autor indica a averiguação da possibilidade de supressão e/ou reposicionamento (série e/ou paralelo) de funções ou módulos funcionais, de modo a criar possibilidades para o atendimento do problema de projeto.

Com esta revisão, buscou-se expor ao leitor a diversidade de fatores envolvidos no projeto de cabines de máquinas agrícolas, bem como a apresentação de conceitos relacionados ao processo de desenvolvimento de produtos. Tal referencial teórico vem a reforçar a necessidade da proposição de métodos que integrem os aspectos de segurança e ergonomia, contemplando as suas devidas especificidades.

## **CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE PROJETO PARA A CONCEPÇÃO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

### **3.1 Introdução**

Este capítulo aborda a proposição de uma metodologia voltada às primeiras fases do desenvolvimento do processo de projeto de cabines de máquinas agrícolas, mais especificamente, o planejamento, o projeto informacional e o conceitual.

Esta foi fundamentada, principalmente, em estudos acerca das seguintes metodologias: Metodologia de Projeto para a Concepção de Máquinas Agrícolas Seguras (ALONÇO, 2004), Metodologia de Projeto de Sistemas Modulares (MARIBONDO, 2000), Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – PDMA (ROMANO, 2003), bem como no livro Ergonomia Projeto e Produção (IIDA, 2005). Saliencia-se que tal seleção buscou enfatizar os aspectos norteadores deste trabalho, a segurança e a ergonomia.

### **3.2 Metodologia proposta**

De modo a detalhar e facilitar o entendimento acerca da metodologia proposta, a mesma foi estruturada em fases, atividades e tarefas, assim como a apresentação das ferramentas sugeridas para o seu desenvolvimento, as quais estão detalhadas nos tópicos 3.2.5 e 3.2.6. Tal esquema (Figura 12) segue a simbologia voltada ao processo de projeto (MARIBONDO, 2000) apresentada na legenda (Figura 13).

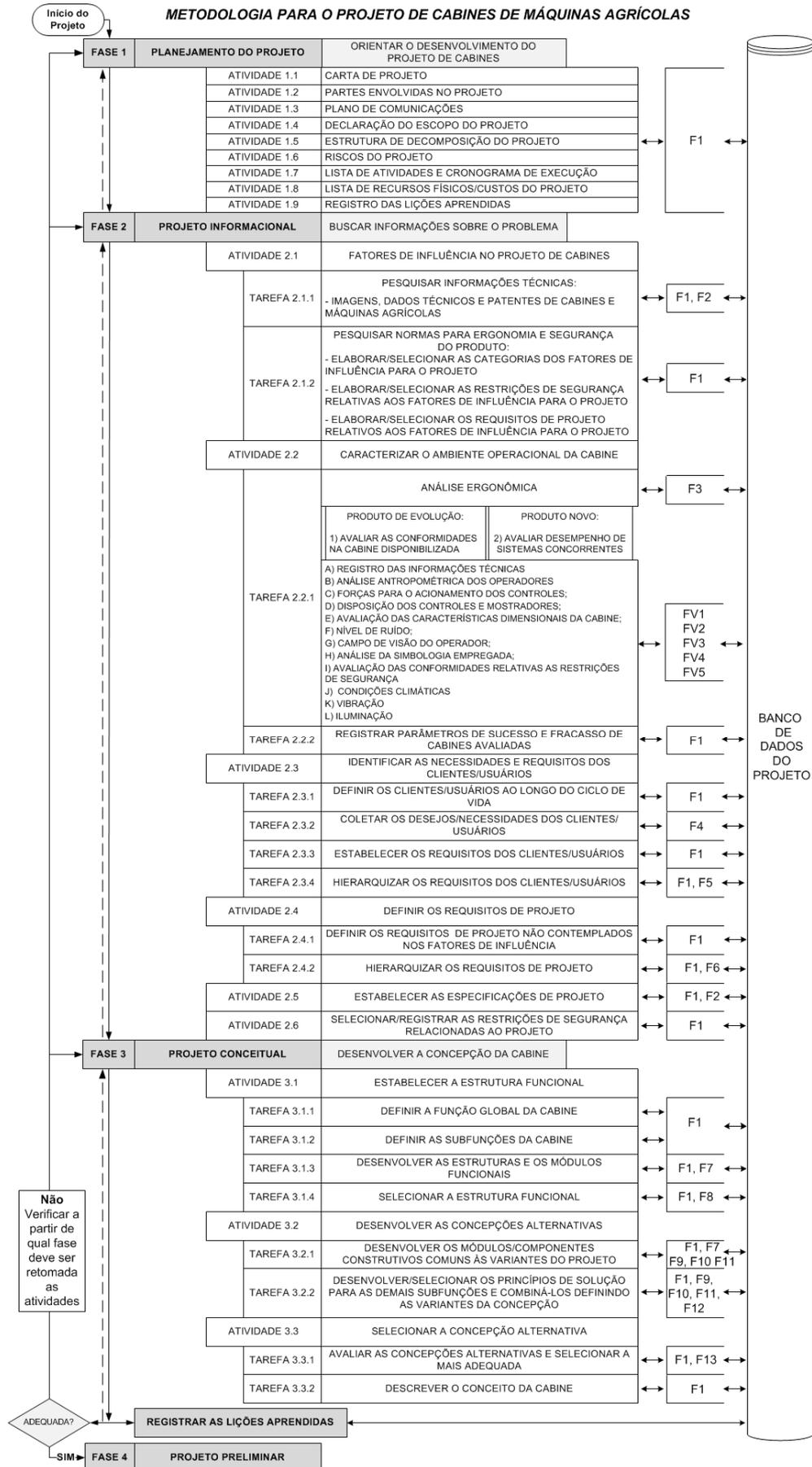
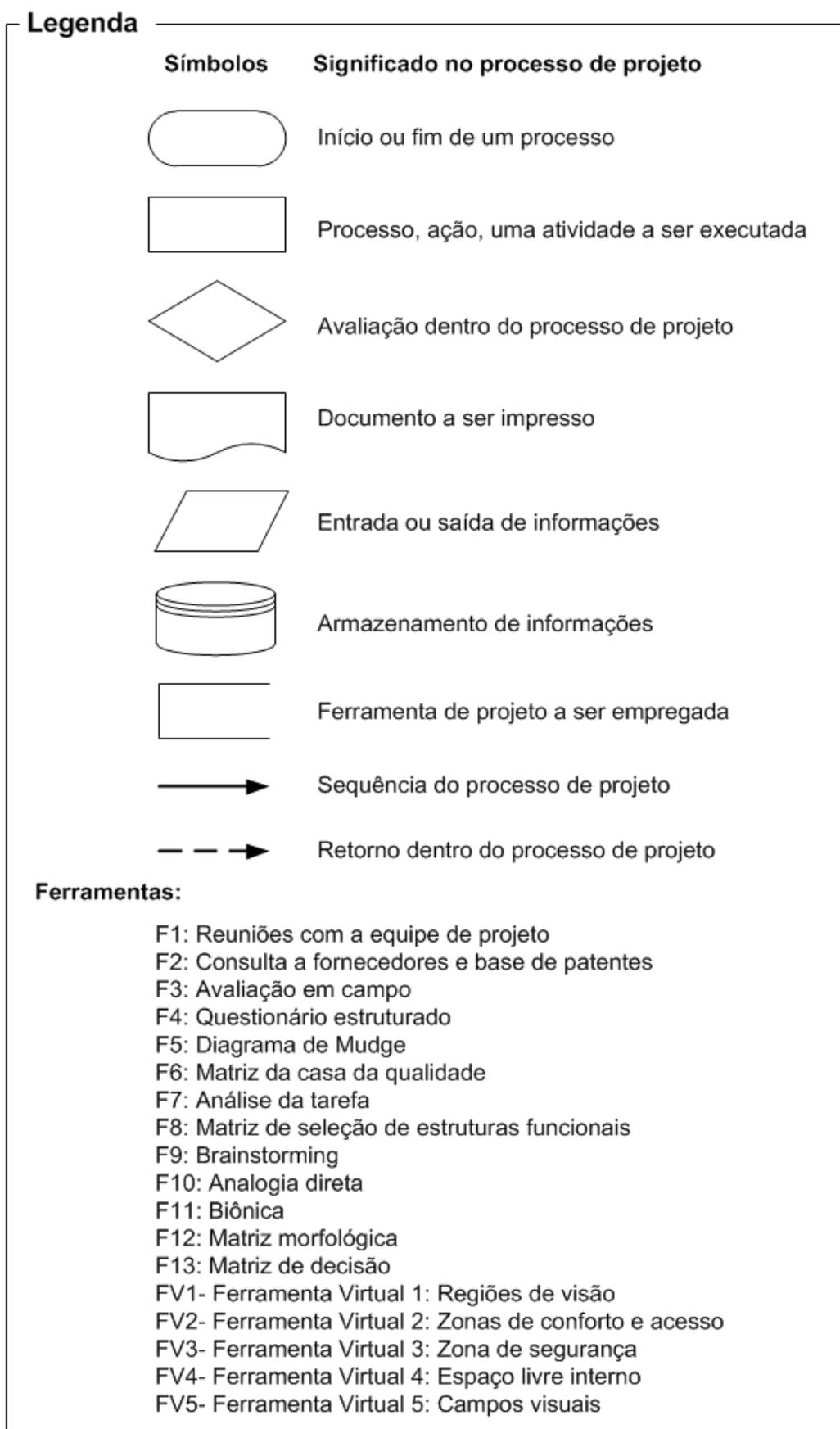


Figura 12 - Metodologia proposta para o projeto de cabines de máquinas agrícolas



**Figura 13** - Legenda empregada na representação da metodologia para o projeto de cabines de máquinas agrícolas

### 3.2.1 Fase 1: Planejamento do projeto

Sabe-se que o gerenciamento do projeto torna-se imprescindível para o monitoramento “status” do trabalho e do modo como serão conduzidas as ações e decisões ao longo da execução do mesmo.

Nesse sentido, a fase de planejamento apresenta as atividades consideradas mais relevantes face ao desenvolvimento do projeto de cabine, tanto para o ambiente acadêmico, quanto para as diversidades organizacionais encontradas no contexto empresarial.

Tais atividades compreendem a elaboração dos documentos “Carta de Projeto”, “Partes Envolvidas”, “Plano de Comunicações”, “Declaração do Escopo”, “Estrutura de Decomposição”, “Riscos de Projeto”, “Lista de Atividades e Cronograma de Execução”, “Lista de Recursos Físicos/Custos do Projeto” e “Registros das Lições Aprendidas”. Uma breve descrição e os objetivos das mesmas podem ser visualizados no quadro 1.

Ressalta-se que a seleção das atividades baseou-se no Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas (ROMANO, 2003), evidenciando o vínculo criado entre a lista de atividades e o cronograma de execução, como também entre a lista de recursos físicos com os custos de projeto.

<b>Nome do documento</b>	<b>Descrição</b>
Carta de Projeto	Expõe as metas do projeto e do produto a ser desenvolvido.
Partes Envolvidas	Engloba a identificação dos clientes diretos e indiretos, como por exemplo, os membros da equipe de desenvolvimento.
Plano de Comunicações	Apresenta as informações que serão formalmente comunicadas, a frequência e os meios de transmissão a serem utilizados.
Declaração do Escopo	Traz a justificativa do projeto e as suas restrições, bem como as características do produto.
Estrutura de Decomposição	Abrange a Estrutura Analítica do Projeto – EAP, é a subdivisão dos resultados principais em componentes menores, até se chegar no nível de detalhamento das atividades.
Riscos do Projeto	Aborda os riscos inerentes ao projeto.
Lista de Atividades e Cronograma de Execução	Apresenta as atividades a serem desenvolvidas correlacionadas com o período previsto para a execução.
Lista de Recursos Físicos/ Custos do Projeto	Contempla a descrição dos materiais e insumos necessários ao desenvolvimento do projeto, tais como equipamentos, normas, entre outros, assim como seus custos.
Registro das Lições Aprendidas	Traz as considerações dos projetistas da equipe de desenvolvimento relativas às experiências vivenciadas ao longo do projeto.

**Quadro 1** - Documentos da fase de planejamento com breve conceitualização

Para a execução destas atividades, propõe-se que sejam realizadas reuniões com a equipe de projeto (F1).

### 3.2.2 Fase 2: Projeto informacional

O objetivo desta fase é definir as especificações de projeto e as restrições de segurança relacionadas ao escopo em desenvolvimento.

Esta fase é composta por seis atividades (Figura 12), visando a busca e a caracterização das informações sobre o problema de projeto. Segundo Back et al. (2008), no projeto informacional ocorre o entendimento e a descrição do problema funcional, de modo quantitativo e qualitativo, fornecendo a base para os critérios de avaliação e das tomadas de decisão.

#### 3.2.2.1 Atividade 2.1: Fatores de influência no projeto de cabines

A identificação dos fatores que interagem direta ou indiretamente com o produto que se pretende desenvolver pode ser considerada como uma das atividades mais importantes ao longo do desenvolvimento do projeto. Assim, para chegar aos objetivos a que ela se propõe, enfatizando o projeto de cabines de máquinas agrícolas, recomenda-se a realização de pesquisas relacionadas às informações técnicas do produto (Tarefa 2.1.1) e de normas para ergonomia e segurança (Tarefa 2.1.2).

Tarefa 2.1.1 – *Pesquisar informações técnicas*: busca, por meio do emprego da ferramenta F2 - Consulta a fornecedores e base de patentes, identificar parâmetros técnicos e de forma empregados em cabines de máquinas agrícolas como imagens, especificações técnicas e informações de patentes. Esses registros auxiliam na definição do produto meta a ser superado, dos parâmetros competitivos almejados (ALONÇO, 2004) e do desenvolvimento de novos conceitos, principalmente quanto à forma.

Tarefa 2.1.2 – *Pesquisar normas para ergonomia e segurança do produto*: corresponde ao estudo dos parâmetros normativos, visando identificar e caracterizar as categorias dos fatores de influência no projeto de cabines, bem como as relações

existentes entre os mesmos. Posteriormente, as informações relacionadas ao provimento da segurança do produto são transformadas em “restrições de segurança”, as quais devem ser de observância obrigatória (ALONÇO, 2004), não seguindo as atividades da fase informacional que passam por processos de hierarquização. Os demais parâmetros devem servir de embasamento para a formulação dos requisitos de projeto vinculados ao fator de influência correspondente.

Conforme o esquema apresentado na metodologia proposta (Figura 12), verifica-se a possibilidade de elaborar e/ou selecionar os procedimentos correspondentes a essa tarefa. Tal característica vincula-se ao desenvolvimento de um banco de informações, em que, uma vez efetuado o primeiro projeto de cabine, tais dados poderão ser utilizados em novos trabalhos.

Este aspecto abrange as categorias desenvolvidas para os fatores de influência e os seus respectivos requisitos de projeto e restrições de segurança. Neste sentido, as referidas informações podem ser visualizadas nos resultados do estudo de caso (Capítulo 5), como também nos apêndices deste trabalho.

### 3.2.2.2 Atividade 2.2: Caracterizar o ambiente operacional da cabine

Esta atividade é voltada a averiguar o comprometimento do produto dentro do sistema homem-máquina-ambiente com os aspectos relacionados à segurança e ergonomia (ALONÇO, 2004).

Tarefa 2.2.1 - *Análise ergonômica*: durante a atividade de caracterização preconiza-se a realização de análise ergonômica, verificando como o produto a ser aprimorado, no caso de um produto de evolução, vem atendendo as restrições de segurança e os requisitos de projeto levantados na atividade anterior. Na realização desta tarefa emprega-se a ferramenta F3 - Avaliação em campo.

Para o projeto de um produto novo, recomenda-se que essa avaliação seja realizada em sistemas concorrentes existentes no mercado, com intuito de confrontar as características adotadas com os respectivos desempenhos.

Dentre os fatores inerentes à avaliação no projeto de cabine, sugerem-se:

A) Registro das informações técnicas - busca e armazenamento de dados técnicos da cabine em avaliação, assim como dos referentes à máquina.

B) Análise antropométrica dos operadores - coleta das medidas dos usuários diretos do produto para a posterior comparação com os parâmetros normativos estabelecidos, a fim de averiguar a compatibilidade entre os mesmos.

C) Forças para o acionamento dos controles - mede a resistência necessária à atuação dos controles no posto de operação.

D) Disposição dos controles e mostradores - analisa a distribuição espacial dos controles e mostradores, confrontando respectivamente com as zonas de acesso e as regiões de visão especificadas nas normas.

E) Avaliação das características dimensionais da cabine - averigua a compatibilidade das características dimensionais do espaço livre interno, acesso, assento e saída de emergência.

F) Nível de ruído - mede a exposição do operador ao ruído no posto de trabalho considerando a operação em diferentes cenários.

G) Campo de visão do operador - avalia as regiões inacessíveis à visão do operador na sua posição de trabalho.

H) Análise da simbologia empregada - verifica o emprego de ícones padronizados.

I) Avaliação das conformidades relativas às restrições de segurança - identifica a adoção das características para o provimento da segurança dos usuários do produto.

J) Condições climáticas - averigua as condições de temperatura, velocidade e umidade relativa do ar na cabine.

K) Vibração - avalia os níveis de vibração aos quais o operador está submetido.

L) Iluminação - quantifica a iluminância no interior da cabine.

Para a realização do item D, sugere-se o emprego das ferramentas virtuais FV1 (Regiões de visão), FV2 (Zonas de conforto e acesso) e FV5 (Campos visuais). Já para o item E, a FV3 (Zona de segurança) e a FV4 (Espaço livre interno). Tais ferramentas encontram-se especificadas no tópico 3.2.6 deste capítulo.

Ressalta-se que o uso das mesmas fica condicionado à obtenção de desenhos tridimensionais da cabine a ser avaliada e seus componentes, ou ao desenvolvimento, no ambiente tridimensional, das referências necessárias à avaliação, visto a necessidade de sobreposição das imagens para a análise.

Tarefa 2.2.2 - *Registrar parâmetros de sucesso e fracasso de cabines avaliadas*: objetiva o armazenamento das informações coletadas e trabalhadas, possibilitando a consulta de tais dados para futuros projetos. Para a sua realização utiliza-se a ferramenta F1.

3.2.2.3 Atividade 2.3 - Identificar as necessidades e requisitos dos clientes/usuários

Almeja, inicialmente, a identificação dos desejos e necessidades dos clientes/usuários de cabines de máquinas agrícolas, lapidando-as para uma linguagem mais condizente ao desenvolvimento do produto.

Tarefa 2.3.1 - *Definir os clientes/usuários ao longo do ciclo de vida*: identifica e registra os envolvidos ao longo dos diversos processos apresentados no ciclo de vida da cabine. Emprega-se a ferramenta F1 nesta tarefa.

Tarefa 2.3.2 - *Coletar os desejos/necessidades dos clientes/usuários*: busca captar as principais características a serem observadas, bem como avaliar as expectativas das partes envolvidas. Em sua realização, aplica-se a ferramenta F4 - Questionário estruturado.

Tarefa 2.3.3 - *Estabelecer os requisitos dos clientes/usuários*: transforma as necessidades em requisitos dos usuários, utilizando uma linguagem mais coerente com a da engenharia, procedimento em que se busca empregar frases simples e curtas com os verbos ser, ter ou estar anteriores aos substantivos. Nesta tarefa usa-se a ferramenta F1.

Tarefa 2.3.4 - *Hierarquizar os requisitos dos clientes/usuários*: visa valorar, por meio das ferramentas F1 e F5 - Diagrama de Mudge, os requisitos, de modo que sejam hierarquizados e priorizados de acordo com o grau de importância para o projeto.

#### 3.2.2.4 Atividade 2.4 - Definir os requisitos de projeto

Nesta atividade devem ser estabelecidas as características de engenharia que se referem aos parâmetros, grandezas físicas, funções e demais declarações relacionadas ao produto (MARIBONDO, 2000). Estas visam determinar como atender cada requisito de cliente.

*Tarefa 2.4.1 - Definir os requisitos de projeto não contemplados nos fatores de influência:* com o emprego da ferramenta F1, a equipe de projeto deve confrontar a lista dos requisitos dos clientes/usuários do produto (tarefa 2.3.3) com a dos requisitos de projeto relacionados aos fatores de influência (tarefa 2.1.2), de modo a apurar os parâmetros de engenharia ainda não contemplados para o atendimento dos desejos/necessidades dos clientes/usuários do produto.

*Tarefa 2.4.2 - Hierarquizar os requisitos de projeto:* organiza os esforços da equipe de desenvolvimento do produto, evitando que se gaste muito tempo na elaboração de concepções que venham a contemplar os requisitos de projeto de pouca importância para o mercado (ROMANO, 2003). Para esta hierarquização, são usadas as ferramentas F1 e F6 - Matriz da casa da qualidade, buscando relacionar os QUE's com os COMO's.

#### 3.2.2.5 Atividade 2.5 - Estabelecer as especificações de projeto

Esta atividade busca o detalhamento dos requisitos de projeto, atribuindo informações como os valores meta desejáveis, a forma de avaliação e os aspectos a serem evitados na implementação do requisito. Conforme Back et al. (2008), esta é uma das etapas mais importantes do desenvolvimento do produto.

Para a atribuição dos valores metas aos requisitos de projeto contemplados nos fatores de influência, a equipe de projeto deve utilizar como referência os parâmetros normativos já registrados (tarefa 2.1.2). Para os demais, devem ser consultados os resultados da tarefa 2.1.1, que apresenta informações técnicas de produtos disponíveis no mercado. Em tal procedimento, faz-se uso das ferramentas F1 e F2.

3.2.2.6 Atividade 2.6 - Selecionar/registrar as restrições de segurança relacionadas ao projeto

Considerando que a lista de restrições de segurança, provenientes da tarefa 2.1.2, baseia-se em normas com diferentes aplicabilidades de máquinas agrícolas, faz-se necessária a realização de uma filtragem direcionada ao escopo do projeto em desenvolvimento. Saliencia-se que as características selecionadas devem ser de observância obrigatória, pois visam o provimento da segurança dos usuários do produto. Nesta atividade é utilizada a ferramenta F1.

### 3.2.3 Fase 3: Projeto conceitual

Conforme apresentado na revisão (Capítulo 2), no projeto conceitual, buscase o desenvolvimento de soluções físicas para atender às necessidades dos clientes/usuários do projeto. Para tanto, são apresentadas três atividades, estabelecer a estrutura funcional, desenvolver as concepções alternativas e selecionar a concepção alternativa.

#### 3.2.3.1 Atividade 3.1 - Estabelecer a estrutura funcional

Objetiva representar as entradas, saídas e outras restrições que especificam a missão principal do produto, abrangendo a descrição geral do sistema, desdobramento em subsistemas/componentes e identificação das funções (DIAS et al., 2011).

Tarefa 3.1.1 - *Definir a função global da cabine*: expressa a relação entre as entradas e as saídas de todas as quantidades envolvidas, assim como as suas propriedades, sendo a função última do sistema técnico (REIS, 2003). Nesta tarefa emprega-se a ferramenta F1.

Tarefa 3.1.2 - *Definir as subfunções da cabine*: ocorre o desdobramento da função global em funções parciais, que apresentam menor grau de complexidade, e estas em funções elementares, que por sua vez, representam o último nível de desdobramento. Para as funções elementares deve ser identificado ao menos um

princípio de solução no campo físico capaz de atendê-la (REIS, 2003). Aplica-se a ferramenta F1 nesta tarefa.

Tarefa 3.1.3 - *Desenvolver as estruturas e os módulos funcionais*: a partir das funções elementares, identificadas na tarefa anterior, inicia-se o desenvolvimento das estruturas de funções, buscando o relacionamento entre as mesmas. Sugere-se a utilização de blocos para a representação gráfica das estruturas.

A formulação das estruturas ocorre a partir da eliminação de uma ou mais das funções, rearranjos entre os relacionamentos funcionais, série e/ou paralelo, e ainda, no desenvolvimento dos módulos, em que ocorre a união de funções, tanto pela similaridade entre os objetivos quanto pela existência de módulos construtivos (princípios de soluções) que as satisfaçam (MARIBONDO, 2000).

Para a realização desta tarefa sugere-se a ferramenta F1 e a F7 - Análise da tarefa, em que, por meio da observação ou simulação das ações desempenhadas pelo operador, desde o acesso até a efetiva operação da máquina, torna-se possível o entendimento, a relação e a descrição das funções inerentes no sistema técnico, bem como as entradas e saídas envolvidas.

Tarefa 3.1.4 - *Selecionar a estrutura funcional*: seleciona a estrutura que melhor atende o problema de projeto, empregando as ferramentas F1 e F8- Matriz de seleção de estruturas funcionais.

### 3.2.3.2 Atividade 3.2 - Desenvolver as concepções alternativas

Busca obter a formulação de modelos físicos e/ou virtuais de concepções que venham a atender as especificações de projeto (ROMANO, 2003).

Tarefa 3.2.1 - *Desenvolver módulos/componentes construtivos comuns às variantes do projeto*: primeiramente busca-se identificar quais módulos funcionais, definidos na tarefa 3.1.3, apresentam princípios de soluções (módulos construtivos) que devem ser de uso comum às variantes de concepção do projeto por apresentarem características peculiares ao seu desenvolvimento.

Por meio da metodologia proposta, os conceitos (princípios de solução) para estes módulos devem ser desenvolvidos separadamente, pois englobam diversas

funções, sendo necessário observar às características inter-relacionadas que visam questões de ergonomia, segurança e usabilidade.

Na realização desta tarefa sugere-se o uso das ferramentas F1, F7, F9 - Brainstorming, F10 - Analogia direta e F11- Biônica.

Tarefa 3.2.2 - *Desenvolver/selecionar os princípios de solução para as demais subfunções e combiná-los definindo as variantes da concepção*: nesta tarefa são elaborados os princípios de solução para as funções ainda não contempladas no desenvolvimento do produto. Para tanto, sugere-se o uso das ferramentas F1, F9, F10 e F11.

Para a definição das variantes da concepção, recomenda-se o emprego das ferramentas F1 e F12 - Matriz morfológica, buscando combinar os princípios de solução identificados, observando a necessidade de compatibilidade entre os mesmos (PAHL et al., 2005; BACK et al., 2008).

#### 3.2.3.3 Atividade 3.3 - Selecionar a concepção alternativa

Esta atividade visa a escolha da concepção mais promissora para o produto em desenvolvimento.

Tarefa 3.3.1 - *Avaliar as concepções alternativas e selecionar a mais adequada*: por meio de análise comparativa das concepções geradas, empregando as ferramentas F1 e F13 - Matriz de decisão, seleciona-se a mais indicada para o projeto.

Tarefa 3.3.2 - *Descrever o conceito da cabine*: ocorre a descrição das características e apresentação dos esboços iniciais do conceito do produto, aplicando-se a ferramenta F1.

#### 3.2.4 Registrar as lições aprendidas

Corresponde ao agrupamento das informações registradas ao longo do processo de projeto. Tal procedimento visa a reduzir o retrabalho em futuros

projetos de mesma plataforma, como também compartilhar as experiências positivas e negativas.

Deve-se ressaltar que esta etapa não se refere a uma fase, pois a mesma é executada ao longo de todo o processo de projeto e seus registros são realizados no documento “Registro das lições aprendidas” pertencentes à fase de planejamento, conforme pode ser visualizado no esquema da metodologia proposta (Figura 12).

### 3.2.5 Ferramentas para o projeto

As ferramentas sugeridas e as desenvolvidas para a realização das atividades e tarefas das fases de planejamento, projeto informacional e projeto conceitual (Quadro 2) são apresentadas individualmente nos próximos tópicos.

<b>FERRAMENTA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
F1	Reuniões com a equipe de projeto
F2	Consulta a fornecedores e base de patentes
F3	Avaliação em campo
F4	Questionário estruturado
F5	Diagrama de Mudge
F6	Matriz da casa da qualidade
F7	Análise da tarefa
F8	Matriz de seleção de estruturas funcionais
F9	Brainstorming
F10	Analogia direta
F11	Biônica
F12	Matriz morfológica
F13	Matriz de decisão
<b>Ferramentas virtuais desenvolvidas neste trabalho</b>	
FV1	Regiões de visão
FV2	Zonas de conforto e acesso
FV3	Zona de segurança
FV4	Espaço livre interno
FV5	Campos visuais

**Quadro 2** - Lista das ferramentas do projeto

#### 3.2.5.1 Ferramenta F1: Reuniões da equipe de projeto

Compreende a realização de reuniões entre a equipe de desenvolvimento do projeto, com periodicidade conforme a complexidade da atividade efetuada.

Em cada encontro, o coordenador do projeto deve introduzir o assunto a ser estudado e discutido, elucidando as demais ferramentas que se fizerem necessárias. Nessas reuniões, abre-se espaço para a troca de idéias entre os membros da equipe, discussão e geração de soluções. Ao final, são registradas as sugestões e também as atribuições de tarefas a cada integrante.

#### 3.2.5.2 Ferramenta F2: Consulta a fornecedores

Coleta de informações referentes à dados técnicos, imagens e patentes de máquinas e cabines agrícolas. Tal busca pode ser realizada por contatos telefônicos, e-mail's, consulta a catálogos e acesso a web sites de fornecedores nacionais e internacionais, ao sítio do INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial, visitas as feiras de exposição, ente outros.

A partir destes procedimentos será possível o registro de informações técnicas necessárias as demais etapas do projeto, como os parâmetros atribuídos para o valor meta, referências relacionadas a forma no desenvolvimento de concepções, proposição de princípios de soluções, etc.

#### 3.2.5.3 Ferramenta F3: Avaliação em campo

Esta ferramenta destina-se a aplicabilidade da realização da análise ergonômica do produto a ser avaliado. A quantidade de aspectos a serem observados dependerá do escopo do projeto em desenvolvimento, estando os fatores apresentados na tarefa 2.2.1 da metodologia proposta.

Evidencia-se que determinados parâmetros utilizados para a avaliação ergonômica das cabines são específicos ao tipo de máquina, fazendo-se necessário o estudo das normas para a busca e registro dos referidos.

#### 3.2.5.4 Ferramenta F4: Questionários estruturados

Gil (2002) define o questionário como um conjunto de questões que são respondidas por escrito pelo pesquisado, constituindo o meio mais rápido e barato de obtenção de informações.

Quanto à sua aplicação, Back et al. (2008) consideram que é um método similar à entrevista, com a diferença de que é mais estruturado, podendo tal estruturação ser boa para a padronização e tabulação dos resultados.

Na elaboração dos questionários, deve-se atentar para que as perguntas e instruções acerca do correto preenchimento sejam formuladas de maneira clara, concreta e precisa, levando em conta o sistema de referência do entrevistado, bem como o seu nível de informação (GIL, 2002).

Antes da aplicação dos questionários, considera-se importante a realização de um pré-teste, a fim de garantir que este meça o que se propõe. Desta forma, sugere-se que os questionários sejam elaborados por meio de discussões e soluções levantadas durante as reuniões da equipe de projeto (ferramenta F1), bem como o emprego de ferramentas computacionais visando agilizar o processo de confecção e análise dos dados.

#### 3.2.5.5 Ferramenta F5: Diagrama de Mudge

Esta ferramenta é voltada a priorização dos requisitos dos clientes considerados de maior relevância para o sucesso do produto. No Diagrama de Mudge, tais requisitos deverão ser inseridos na primeira linha e coluna da referida matriz, conforme ilustra a figura 14.

	RN2	RN3	RN4	...	Valor	%
RN1						
RN2						
RN3						
:						

**Figura 14** - Ilustração do posicionamento dos requisitos no diagrama de Mudge

Após, iniciam-se as comparações, com as atribuições dos pesos, e por fim o cálculo da pontuação obtida para cada requisito, permitindo sua hierarquização, procedimento este detalhado no software desenvolvido na tese (Capítulo 4). Essa valoração, segundo Reis (2001 apud ALONÇO, 2004), é fundamental na aplicação do QFD.

### 3.2.5.6 Ferramenta F6: Matriz da casa da qualidade

Refere-se ao emprego de parte do método do desdobramento da função qualidade (QFD), que é um sistema que traduz as necessidades dos clientes em requisitos técnicos apropriados, permitindo a introdução dos desejos nos produtos e serviços (GUAZZI, 1999).

De acordo com Back et al. (2008), o QFD é fundamentado na preocupação de que os produtos devem ser projetados para refletir os desejos, gostos e expectativas dos usuários. Os autores destacam que o QFD não é um método de elicitação das necessidades propriamente ditas, mas é usado para a documentação e visualização das necessidades levantadas pelos métodos anteriores, auxiliando no processamento das mesmas e suas sucessivas transformações em requisitos de usuários e de projeto, priorização dos requisitos de projeto e sua transformação final em especificações de projeto.

A ferramenta sugerida na tese refere-se ao uso da primeira matriz da casa da qualidade, que objetiva priorizar as características de engenharia, requisitos de projeto, as quais requerem especial atenção para o atendimento das necessidades/vontades dos clientes/usuários do produto, bem como a resolução do problema de projeto.

As informações para o preenchimento da referida matriz deverão ser disponibilizadas de acordo com o ilustrado na figura 15. Os dados destinados a valoração dos requisitos dos clientes deverão ser provenientes da pontuação obtida no diagrama de Mudge.

Através do telhado é possível verificar o grau de relacionamento entre os requisitos de projeto, e na parte central, relaciona-se os requisitos dos clientes com os de projeto, objetivando a obtenção de indicativos (valores) de quanto cada necessidade ou desejo do usuário afeta ou é afetada por um determinado requisito de projeto (BACK et al., 2008).



**Figura 15 -** Configuração da primeira matriz do QFD "Casa da Qualidade"

Os procedimentos a serem adotados, bem como os pesos dos relacionamentos e a forma de quantificação para a hierarquização também encontram-se detalhados no software desenvolvido na tese (Capítulo 4).

#### 3.2.5.7 Ferramenta F7: Análise da tarefa

Esta ferramenta objetiva a observação e/ou desenvolvimento de cenários fictícios para a simulação de operações de uso da máquina, como procedimentos adotados desde o acesso ao posto de trabalho à operacionalização da máquina. Por meio desta análise, torna-se possível a identificação das falhas de projeto, bem como auxiliar na proposição de melhorias, tanto de componentes, como, por exemplo, o redesenho de painéis, quanto questões mais abrangentes, como a inserção de funções ainda não contempladas no produto.

#### 3.2.5.8 Ferramenta F8: Matriz de seleção de estruturas funcionais

Esta ferramenta, desenvolvida por Maribondo (2000), é voltada à escolha da estrutura funcional considerada mais adequada para o projeto. De acordo com Romano (2003), os critérios de seleção podem ser, por exemplo, os requisitos de projeto e/ou os requisitos dos clientes, empregando como pesos o valor percentual obtido no diagrama de Mudge.

Neste sentido, esta matriz relaciona o modo de atendimento das estruturas funcionais desenvolvidas com os requisitos dos clientes/usuários e seus respectivos pesos, provenientes do diagrama de Mudge, visando estabelecer qual a melhor opção para contemplar o problema de projeto. Os critérios de relacionamento e o cálculo para a classificação também encontram-se detalhados no capítulo 4.

#### 3.2.5.9 Ferramenta F9: Brainstorming

O Brainstorming "tempestade de idéias" refere-se a um método desenvolvido por Osborn na década de 1930 e que possui grande aceitação (BACK et al., 2008). Segundo Pahl et al. (2005), emprega idéias imparciais e especula amplamente acerca de associações, ou seja, recordações e combinações de pensamentos que até então não eram percebidos pelo contexto atual ou simplesmente despercebidos pelo pensamento consciente.

Sugere-se o uso dessa ferramenta durante reuniões da equipe de desenvolvimento do projeto (F1), onde o coordenador solicita a participação dos demais membros, buscando a troca de idéias quanto a proposição de soluções para cada subfunção da estrutura funcional. Tais idéias deverão ser registradas.

#### 3.2.5.10 Ferramenta F10: Analogia direta

De acordo com Back et al. (2008), a analogia direta consiste na observação de produtos, soluções de partes ou funções em que determinados princípios possuem semelhança ou são análogos às necessidades requeridas.

Desta forma, essa ferramenta também vem auxiliar na busca de soluções para as funções elementares do projeto.

#### 3.2.5.11 Ferramenta F11: Biônica

Ramos e Sell (1994) definem a biônica como o estudo dos sistemas naturais, seus princípios e características funcionais, buscando, por analogia e inspiração, soluções para a concepção de sistemas técnicos. Desta forma, tal ferramenta é apresentada para o desenvolvimento de princípios de soluções, considerando a forma e funções similares as encontrados na natureza.

### 3.2.5.12 Ferramenta F12: Matriz Morfológica

É uma ferramenta destinada ao processamento de informações (PAHL et al., 2005). Nela, são combinados diferentes elementos ou parâmetros com o objetivo de encontrar uma nova solução para o problema (BACK et al., 2008). Ao se utilizar a matriz morfológica para a elaboração de soluções globais, pelo menos um princípio de solução terá que ser escolhido para cada subfunção e, posteriormente, os mesmos devem ser interligados verificando suas compatibilidades na busca da solução global.

Nesta matriz são inseridas, em sua primeira coluna, as funções elementares provenientes da estrutura funcional selecionada e, nas demais, os princípios de solução propostos correspondentes, facilitando a visualização e posterior combinação das soluções no desenvolvimento das variantes das concepções do produto.

### 3.2.5.13 Ferramenta F 13: Matriz de Decisão

Esta ferramenta destina-se à seleção da variante de concepção que melhor atenderá ao escopo do projeto. De acordo com Pahl et al. (2005), os critérios de avaliação devem ser elaborados considerando o conjunto de objetivos com as metas que o requisito deve atender e a importância relativa (peso) destes para um valor global da solução.

Neste sentido, face ao escopo da metodologia proposta, sugere-se o emprego das especificações técnicas de projeto, como critérios de avaliação, e os respectivos pesos provenientes da primeira matriz da casa da qualidade.

A equação e os critérios utilizados para o processo de escolha da melhor variante, por meio desta ferramenta, encontram-se descritos no capítulo 4 (software).

### 3.2.6 Ferramentas geradas neste trabalho

Por meio da análise dos desenhos e informações contidas em normas e referências bibliográficas relacionadas aos diferentes fatores de influência, foi possível desenvolver cinco ferramentas, denominadas de "ferramentas virtuais"

(Figura 16). Essas servirão de auxílio na análise ergonômica, podendo ser utilizadas pelos projetista para o desenvolvimento de cabines e de seus componentes.

Tais ferramentas referem-se aos arquivos de desenhos tridimensionais que apresentam regiões que devem ser observadas de acordo com a finalidade do componente a ser desenvolvido no projeto. Em todas elas, conforme recomendações da NM-ISO 5353 (1999), fez-se o uso do mesmo ponto de referência, o SIP (Ponto de Indexação do Assento).

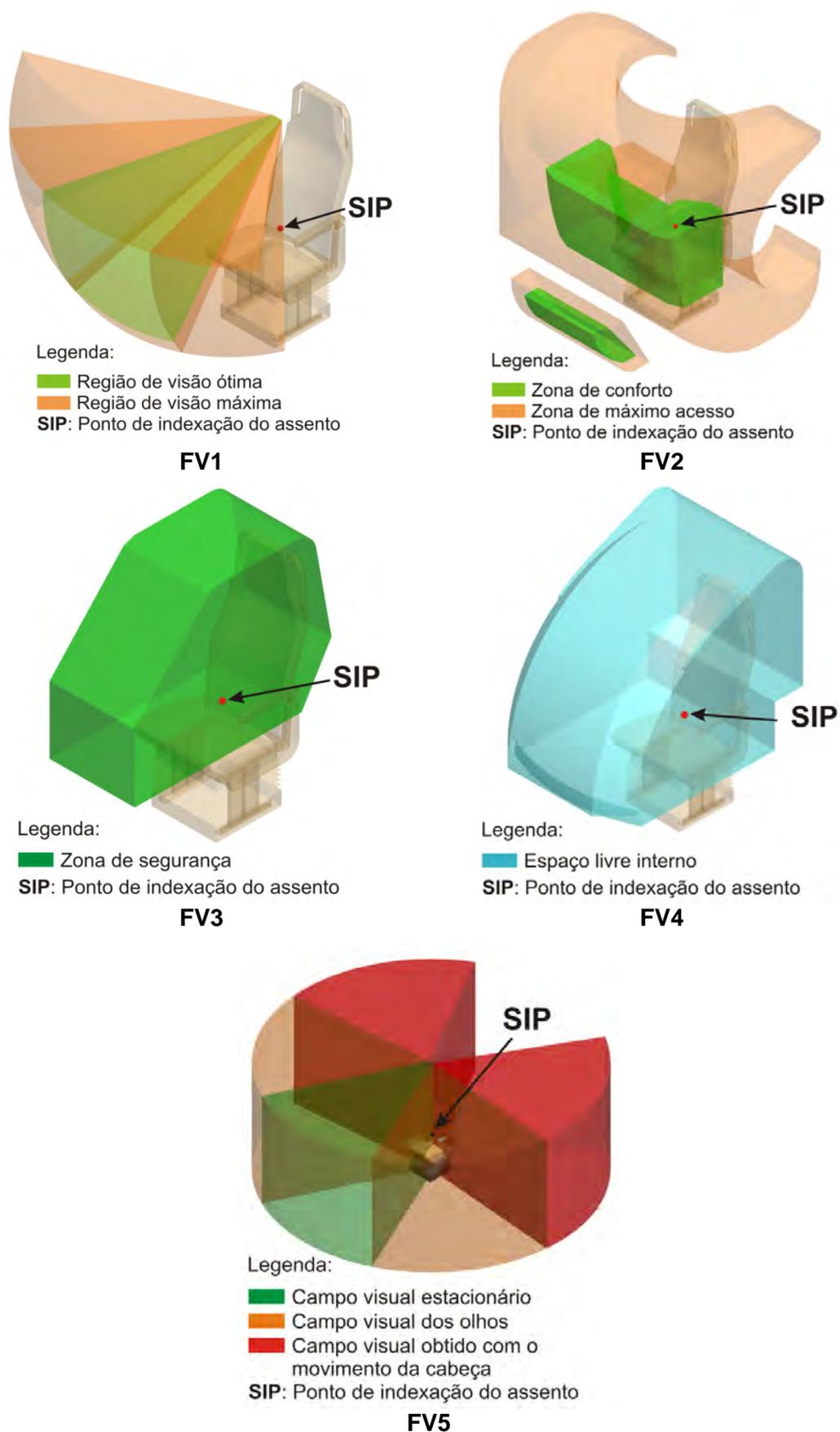
3.2.6.1 FV1 - Ferramenta Virtual 1: Regiões de visão - Abrange as regiões de visão ótima e máxima para o operador apresentados por Lida (2005).

3.2.6.2 FV2 - Ferramenta Virtual 2: Zonas de conforto e acesso - Compreende as zonas de conforto e máximo acesso para o posicionamento dos controles, conforme especificado na NBR ISO 4253 (1993).

3.2.6.3 FV3 - Ferramenta Virtual 3: Zona de segurança - Apresenta a região que não deve ser invadida após a realização de ensaios da EPCC, sendo estes padronizados pelas normas ISO 3463 (2006) e NBR ISO 5700 (2009). Salienta-se que tal volume poderá sofrer alterações dimensionais, pois o mesmo, de acordo com as normas de referência, deve ser construído considerando características específicas da cabine a ser avaliada ou dimensionada.

3.2.6.4 FV4 - Ferramenta Virtual 4: Espaço livre interno - Ilustra o espaço livre que deve ser respeitado no projeto e ou avaliação do interior de cabines conforme a NBR ISO 4252 (2011).

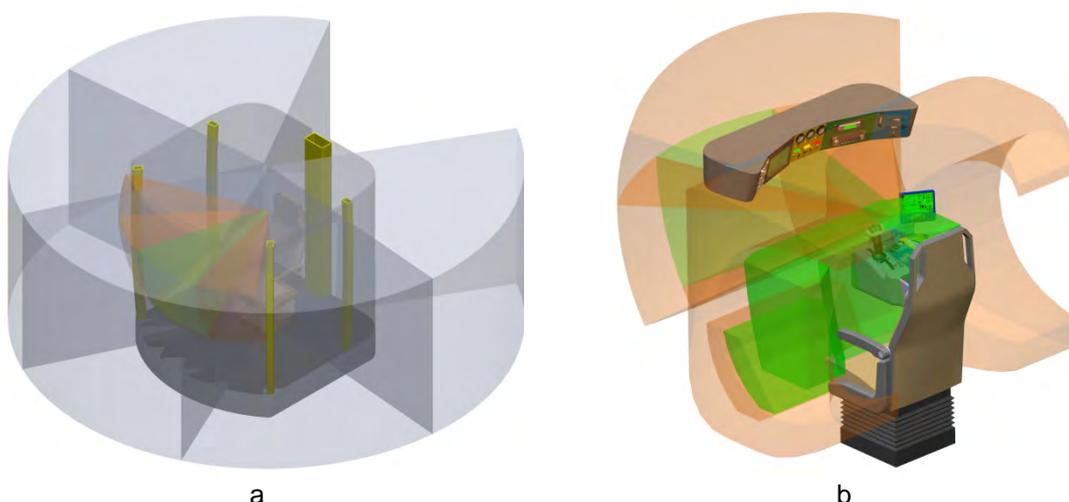
3.2.6.5 FV5 - Ferramenta Virtual 5: Campos visuais - Corresponde aos volumes a serem considerados no campo visual do operador sem a movimentação dos olhos e da cabeça, com o movimento dos olhos, e, por fim, com o movimento da cabeça (MENEZES et al., 1985). Ressalta-se que embora a ferramenta apresente uma região tridimensional, tais referências devem ser consideradas sob análise do plano horizontal, de acordo com os parâmetros empregados para o seu desenvolvimento.



**Figura 16** - Ferramentas virtuais para uso no projeto de cabines de máquinas agrícolas

De modo a ilustrar a aplicação das ferramentas virtuais, a figura 17a apresenta a sobreposição da FV5 no projeto da estrutura de proteção contra capotamento (EPCC), possibilitando verificar em que região de visão do operador as referidas estão localizadas.

Analogamente, com emprego da FV1 e FV2, é possível dimensionar e definir a localização dos painéis de controles, tanto lateral quanto superior, de modo que os mesmos sejam disponibilizados ao operador nas regiões recomendadas para acionamento, no caso dos controles, e para visualização, no caso dos mostradores (Figura 17b).



**Figura 17** - Exemplo de aplicabilidade das ferramentas virtuais: (a) Projeto das colunas da EPCC; (b) Disposição dos painéis de controle e monitoramento

Com relação à ferramenta FV3, a mesma pode ser utilizada para o dimensionamento da estrutura de proteção contra capotamento, pois apresenta a região que não deve ser invadida após a aplicação das forças especificadas nos testes de deformação normatizados. O emprego da FV4 possibilita a averiguação do espaço mínimo interno a ser disponibilizado na cabine. O quadro 3 apresenta recomendações de aplicação durante o desenvolvimento do projeto.

Projeto (dimensionamento e/ou posicionamento)	FV1	FV2	FV3	FV4	FV5
Painel lateral	X	X			X
Painel superior	X	X			X
Coluna de direção	X	X			X
Estruturas da cabine	X		X	X	X
EPCC	X		X	X	X

**Quadro 3** - Aplicabilidade no projeto sugerida para as ferramentas virtuais

# **CAPÍTULO 4 - FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO PROJETO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS**

## **4.1 Introdução**

Diante da necessidade das empresas e indústrias em pesquisar e desenvolver produtos em tempo hábil, o qual é cada vez mais limitado frente a demanda e concorrência no mercado, bem como da adoção de métodos sistematizados para o processo de projeto, torna-se importante a criação de ferramentas que venham a contribuir na resolução dos problemas apresentados.

Neste sentido, este capítulo apresenta o "Software de auxílio ao projeto de cabines de máquinas agrícolas - SAPROC", desenvolvido para dar suporte ao projeto nas fases de planejamento, projeto informacional e conceitual. O mesmo baseia-se nas sequências das fases, atividades e tarefas da metodologia proposta nesta tese e traz como proposições:

- Apresentar uma interface visual que facilite a compreensão dos principais aspectos envolvidos no projeto de cabines;
- Orientar o usuário quanto à sequência e definição das fases e atividades a serem efetuadas;
- Diminuir/eliminar a perda de informações ao longo do projeto, passível de ocorrer quando se tem muitos fatores envolvidos;
- Promover maior agilidade na inserção, na atualização e na busca de dados do projeto, bem como na formalização destes, por meio dos documentos gerados.

## **4.2 O Software SAPROC**

Para o desenvolvimento do SAPROC, primeiramente, foi realizada uma análise dos tipos de tratamentos necessários às informações a serem processadas, de modo a contemplar as fases pretendidas para o projeto. Posteriormente, fez-se uma busca a softwares de programação com capacidade para executá-las, considerando o conhecimento dos membros da equipe de projeto.

O programa "arquivo executável" foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação "Borland Delphi Pascal" empregando os eventos associados, o que

possibilitou a automatização de uma série de processos contemplando cálculos, inserção e busca avançada de dados, entre outros.

Na etapa seguinte, foi efetuado um estudo a fim de desenvolver a estrutura morfológica da ferramenta (Apêndice A), definindo os relacionamentos existentes entre as informações, os tipos de dados e a forma de armazenamento, que deu-se por meio de arquivos provenientes de editor de texto (\*.doc ou \*.docx) e do uso do banco de dados “SQL”. No referido apêndice, também encontram-se o diagrama do banco de dados, mostrando o relacionamento entre as tabelas que o compõe, o diagrama de componentes, dividindo o sistema em componentes e mostrando os seus relacionamentos por intermédio das interfaces utilizadas, e o diagrama de caso de uso, utilizado para descrever as interações típicas entre os usuários do sistema e o próprio sistema (FOWLER, 2005).

A tela inicial é composta pelos menus suspensos “Arquivo”, “Relatórios”, “Consulta Banco de Dados”, “Sobre”, “Ajuda”, “Usuário” e “Sair”. Também são disponibilizadas três opções principais, “Novo Projeto”, “Consultar Editar Projeto” e “Consultar Editar Fatores de Influência no Projeto” (Figura 18), que, assim como as partes que os compõem, são apresentadas separadamente.



Figura 18 - Interface do SAPROC para a tela inicial

### 4.3 Menus suspensos

Os menus suspensos podem ser empregados como meios de atalhos, bem como para ativação de funções específicas, conforme apresentado abaixo.

➤ Arquivo - contém, além das três opções expostas na tela principal, a alternativa de verificação do "Status do Projeto", na qual é aberta uma nova janela ilustrando o código, a descrição e o andamento do projeto "finalizado" ou "não finalizado", bem como a opção de Backup do banco de dados.

➤ Relatórios - permite a geração de três tipos de relatório, informações gerais do projeto "Geral"; apresentação das relações existentes entre um determinado requisito de projeto com os demais "Relações R. P."; e impressão dos documentos da fase de planejamento "Planejamentos".

➤ Consulta Banco de Dados - traz como opções a consulta ao banco de dados de "Patentes", máquinas agrícolas "M. A. Disponíveis no Mercado" e aos "Símbolos".

➤ Sobre - é voltado a uma breve descrição das proposições do software.

➤ Ajuda - disponibiliza informações para o contato em caso de dúvidas.

➤ Usuário - visa o cadastramento dos usuários do software, informando a permissão dos mesmos com relação aos locais de acesso, visualização e/ou edição de informações.

➤ Sair - traz o modo de saída do programa.

### 4.4 Menu "Novo Projeto"

Esta opção destina-se ao cadastramento de um novo projeto, em que ocorre a atribuição de um código. Posteriormente, o usuário é redirecionado a um ambiente que apresenta, nas três abas superiores principais, as fases disponibilizadas para o processo de projeto: Planejamento, Projeto Informacional e Projeto Conceitual.

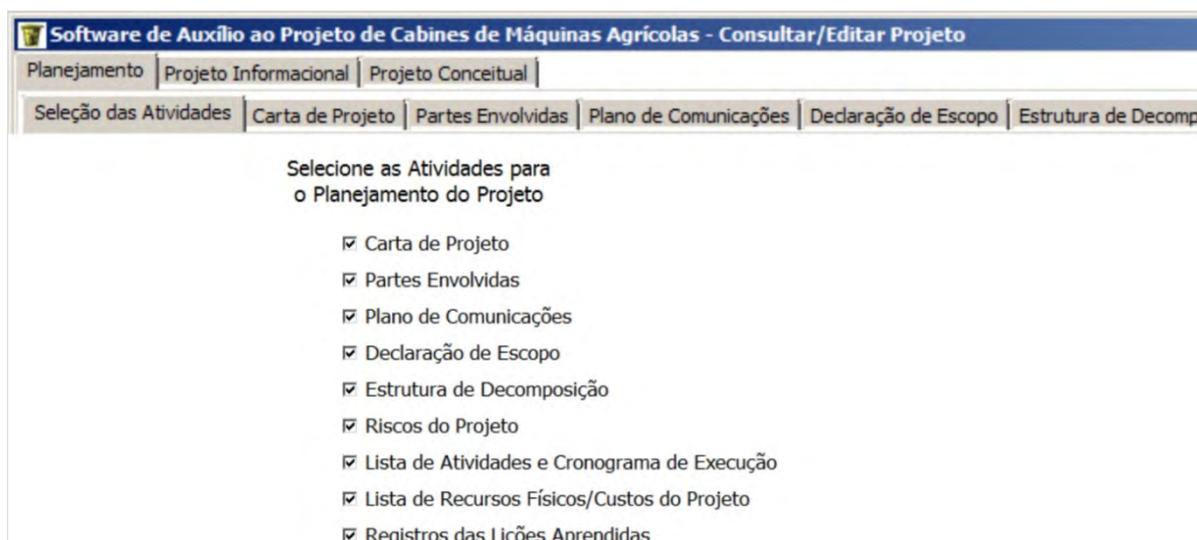
#### 4.4.1 "Planejamento"

O menu "Planejamento" é composto por onze abas, sendo nove diretamente relacionadas às atividades, uma para a seleção das mesmas e, a outra para a

visualização da mudança de fase “marco” do planejamento para projeto informacional.

A etapa de planejamento é iniciada com a seleção dos documentos do plano do projeto, os quais abrangem: “Carta de Projeto”, “Partes Envolvidas”, “Plano de Comunicações”, “Declaração do Escopo”, “Estrutura de Decomposição”, “Riscos de Projeto”, “Lista de Atividades e Cronograma de Execução”, “Lista de Recursos Físicos/Custos do Projeto” e “Registros das Lições Aprendidas”.

Após tal seleção (Figura 19), o software gera um arquivo de texto para cada atividade da etapa de planejamento, seguindo os modelos disponibilizados na pasta “modelo\_planejamento”. O programa cria uma nova pasta para o armazenamento destes arquivos empregando a nomenclatura dada ao projeto em execução, a mesma localiza-se na pasta “planejamento\_do\_projeto”.



**Figura 19** - Interface do SAPROC para a aba "Seleção das Atividades"

Optou-se pelo uso de documentos provenientes do editor de texto do Word devido à possibilidade de inserção de gráficos, cronogramas, imagens, tabelas, entre outros, a fim de facilitar o modo de armazenamento, visto as especificidades de cada projeto.

#### 4.4.2 “Projeto Informacional”

O menu "Projeto Informacional" é composto por quatorze abas, sendo essas: "Fatores de Influência no Projeto", "Necessidades dos Clientes", "Requisitos dos

Cientes", "Hierarquização dos Requisitos dos Clientes - R.C.", "Requisitos dos Clientes Hierarquizados", "Seleção dos Requisitos de Projeto - R.P.", "Requisitos de Projeto", "Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 01/02", "Consulta Relações Requisitos de Projeto - R.P.", "Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 02/02", "Requisitos de Projetos Hierarquizados", "Especificações de Projeto", "Seleção das Restrições de Segurança", e "Restrições de Segurança".

#### 4.4.2.1 “Fatores de Influência”

Esta aba contém as características a serem observadas quanto aos diversos aspectos presentes na cabine de operação (Figura 20), sendo as mesmas agrupadas em: “Símbolos”, “Segurança – Aspectos Gerais”, “Controles”, “Mostradores”, “Assento”, “Acesso”, “Estrutura”, “Espaço Interno”, “Campo de Visão”, “Saída de Emergência” e “Ambiente”, sendo este último subdividido em “Vibração”, “Ruído”, “Iluminação”, “Partículas Suspensas” e “Condições Climáticas”.



Figura 20 - Interface do SAPROC para a aba “Fatores de Influência”

Disponibilizou-se um arquivo de texto (\*.doc ou \*.docx) a cada um destes menus para a inserção das informações relacionadas, sendo então possível a inclusão de imagens, fluxogramas, gráficos e outros. Deve-se ressaltar que os referidos documentos, diferentemente dos da fase de planejamento, são arquivos únicos para consulta em qualquer projeto de cabine e/ou componentes, estando armazenados na pasta "arquivos\_normas".

Também foi inserida, para cada fator de influência, uma tabela para descrição do(s) requisito(s) de projeto relacionado(s), juntamente com a(s) sua(s) unidade(s) de medida(s) e parâmetros de referência para o requisito em questão (Figura 21). Estes dados são armazenados no banco de dados do "SQL".

The screenshot shows the SAPROC software interface for the 'Assento' (Seat) factor. The main window displays a text document with the following content:

**Assento**

Fonte: Revisão de Literatura

Na interface de um sistema homem-máquina de um trator agrícola, o assento mostra-se um aspecto relevante de ser considerado, pois atua na diminuição das forças que causam danos ao corpo humano (PRASAD et al., 1995). Segundo Dul e Weerdmeester (2004), a posição sentada apresenta

Buttons: Atualizar, Editar

**Requisitos do Projeto**

Cód.	Requisitos de Projeto	Unidade	Parâmetros
3	Altura do SIP em relação a plataforma de apoio para os pés	mm	PN: ISO 4254-1 (2008) - Entre 500 e 650 mm; ISO 4253 (1993) - Entre 450 e 520mm.
4	Ajustes do assento	mm	PN: ISO 4253 (1993) Ajuste longitudinal a partir da posição média - Mínimo $\pm$ 75mm e Ótimo $\pm$ 100mm; Ajuste vertical a partir da posição média - Mínimo $\pm$ 30mm e Ótimo $\pm$ 50mm.

Buttons: Salvar, Voltar

**Figura 21** - Interface do SAPROC ao selecionar o fator de influência "Assento"

De acordo com a metodologia proposta, as informações armazenadas no fator de influência denominado "Segurança - Aspectos Gerais" (Figura 22), são consideradas como restrições de segurança, devendo ser de observância obrigatória no projeto.

Desta forma, tais informações, compostas pela descrição da restrição, o atributo pertencente e a fonte de consulta, são redirecionadas e disponibilizadas ao

usuário na aba “Seleção das Restrições de Segurança”, pertencentes ao menu “Projeto Informacional”.

Outro recurso é a consulta aos “Símbolos”, “Máquinas Agrícolas Disponíveis no Mercado”, “Imagens de Cabines”, “Patentes” e “Fatores de Influência X Normas”.

A estruturação do banco de símbolos baseou-se no “BASIM - Banco de Dados sobre Símbolos Gráficos para Máquinas Agrícolas”, desenvolvido por Balestra (2008) e disponibilizado para consulta no site do LASERG.

The screenshot displays the SAPROC software interface for 'Segurança - Aspectos Gerais'. The main window shows a document titled 'SEGURANÇA - ASPECTOS GERAIS' with the following details:

- Fonte: NBR ISO 4254-1 (1999) Tratores e máquinas agrícolas e florestais - Recursos técnicos para garantir a segurança - Parte 1: Geral
- NBR ISO 4254-1
- Tratores e máquinas agrícolas e florestais - Recursos técnicos para garantir a segurança
- Parte 1: Geral
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)
- Palavras-chave: Agricultura, Trator, Segurança
- 13 páginas

Below the document viewer, there are buttons for 'Atualizar' and 'Editar'. A table titled 'Restrições de Segurança' is displayed, listing various safety restrictions and their sources.

Atributo	Restricao	Fonte
Ruído	Não deve ultrapassar a 85 Db's medidos na posição do ouvido do operador	NR 15
Ruído	Atos de medição do ruído na posição do operador devem ser efetuados de acordo com a ISO 5198	ISO 26322-1 (201
Ruído	Atos de medição do ruído quando a máquina estiver em movimento devem ser efetuados de acordo com a ISO 26322-1	(201
Controles	Projetados, construídos e dispostos de tal forma que suas localizações e métodos de operação	ISO 26322-1 (201
Controles	de operação devem ter folgas mínimas de acordo com a NBR ISO 4252 (Exceto controles operados	ISO 26322-1 (201

At the bottom of the interface, there are buttons for 'Salvar' and 'Voltar'.

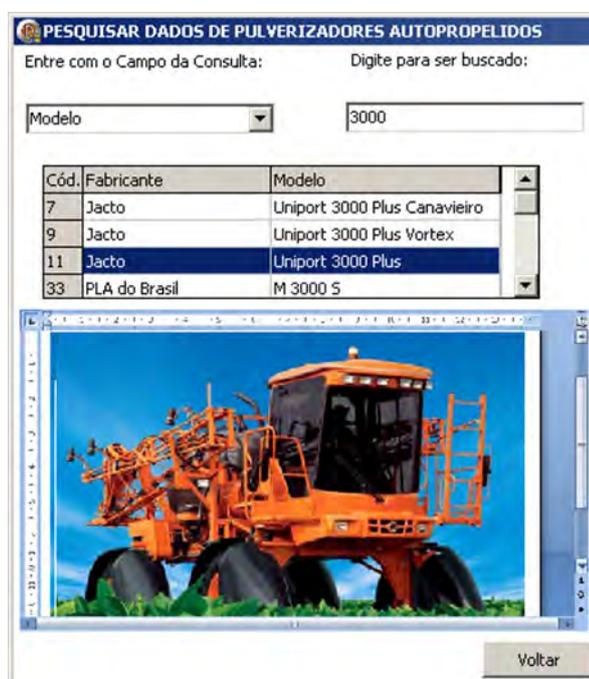
**Figura 22** - Interface do SAPROC para o fator de influência "Segurança - Aspectos Gerais"

Inicialmente, o banco de dados dos símbolos conta com um total de 341 ícones (Figura 23), que estão sendo cadastrados pela equipe de projeto. Os mesmos são provenientes das normas ISO 3767-1 (1998), ISO 3767-1 (2008) e ISO 3767-2 (2008), abordando as mais variadas funções, desde a indicação do sentido de deslocamento da máquina até símbolos pertinentes a ergonomia do operador.



**Figura 23** - Interface do SAPROC para a pesquisa de símbolos gráficos

Quanto às máquinas agrícolas, encontram-se implementadas somente as informações técnicas dos pulverizadores autopropeidos, escopo do estudo de caso desta tese (Figura 24). Tais dados, de aproximadamente quarenta modelos, são provenientes de trabalhos realizados na pesquisa “Determinação do coeficiente tecnológico de pulverizadores autopropeidos”, em andamento junto ao LASERG.



**Figura 24** - Interface do SAPROC para a pesquisa de dados técnicos de pulverizadores autopropeidos

As imagens de cabines (Figura 25) são provenientes da tarefa 2.1.1, realizada no estudo de caso, contando com mais de vinte modelos de pulverizadores autopropelidos.

Salienta-se que para o armazenamento das informações de consulta as patentes, optou-se pelo uso de arquivos de texto (\*.doc ou \*.docx), sendo os demais, símbolos, imagens de cabines e os dados técnicos das máquinas, arquivados no "SQL".

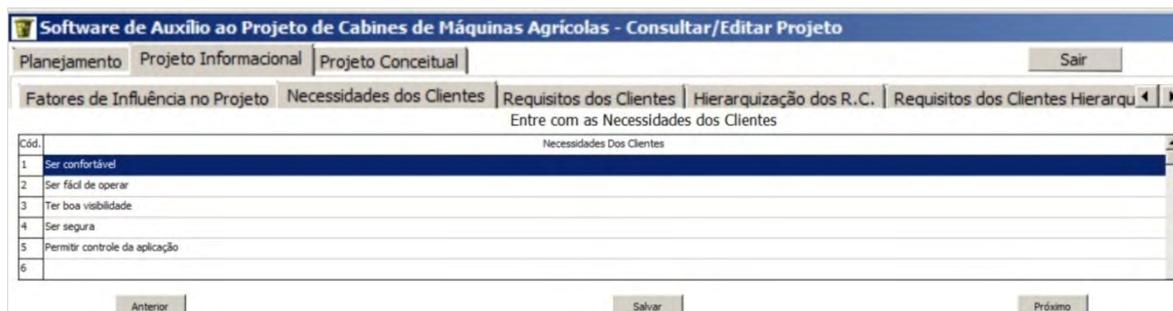
A opção "Fatores de Influência X Normas" apresenta as relações existentes entre os parâmetros normativos e os fatores de influência, resultantes da tarefa 2.1.2 do estudo de caso.



**Figura 25** - Interface do SAPROC para a pesquisa de cabines de máquinas agrícolas

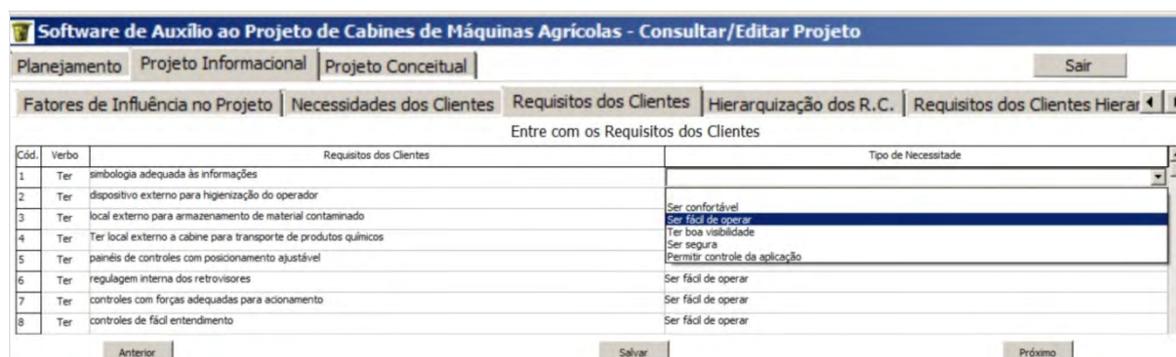
#### 4.4.2.2 "Necessidades dos Clientes" e "Requisitos dos Clientes"

De posse das informações relativas às necessidades dos clientes, normalmente identificadas através da aplicação de questionários e da realização de entrevistas semi-estruturadas, as mesmas são inseridas na aba "Necessidades dos Clientes" (Figura 26).



**Figura 26** - Interface do SAPROC para a aba "Necessidades dos Clientes"

Finalizadas as descrições das necessidades, estas devem ser trabalhadas e reformuladas na aba seguinte, "Requisitos dos Clientes", em expressões que empreguem os verbos ser, ter ou estar. Outro procedimento é a realização da rastreabilidade da necessidade que originou o requisito do cliente (Figura 27).



**Figura 27** - Interface do SAPROC para a aba "Requisitos dos Clientes"

#### 4.4.2.3 "Hierarquização dos Requisitos dos Clientes - R.C."

Nesta aba, busca-se a identificação dos requisitos dos usuários mais importantes para o projeto, para isso emprega-se a ferramenta Diagrama de Mudge, na qual, de modo automatizado, as informações registradas na aba anterior (requisitos dos clientes) são inseridas na primeira linha e na primeira coluna, possibilitando a comparação entre os mesmos. Salienta-se que por meio do botão "Alterar leiaute" é disponibilizada ao usuário outra interface (Figura 28), de modo a facilitar a visualização durante este procedimento.

**Figura 28** - Interface do SAPROC para a aba "Hierarquização dos Requisitos dos clientes - R.C."

Para a avaliação, o usuário deve realizar a seguinte pergunta: Qual requisito é mais importante para o sucesso do produto, o “Requisito x – RX” ou o “Requisito y – RY?”. Posteriormente, comparar “O quanto o requisito 'vencedor' é mais importante que o outro?”, atribuindo os pesos ilustrados no quadro 4.

Identificação do grau de importância	Letra atribuída e respectivo peso
Pouco mais importante	A = 1
Moderadamente mais importante	B = 3
Muito mais importante	C = 5

**Quadro 4** - Pesos atribuídos aos requisitos na aplicação do diagrama de Mudge

Terminados estes julgamentos, o software faz o somatório dos pesos atribuídos às letras, tanto na linha como na coluna do requisito avaliado. É importante destacar que só participam deste cálculo os valores dados ao requisito da linha em estudo.

Por fim, o programa realiza um somatório dos pesos obtidos para todos os requisitos dos usuários, o que serve de parâmetro para o cálculo das percentagens de importância de cada requisito, permitindo a sua hierarquização.

#### 4.4.2.4 “Requisitos dos Clientes Hierarquizados”

Por meio da busca de valores obtidos na atividade anterior, nesta aba (Figura 29) é realizada a apresentação, em ordem sequencial, dos requisitos dos clientes que devem ser priorizados ao longo do processo de projeto, bem como seus números de identificação "Nº do R. C." e respectivos percentuais “Rankings”.

Cód. Nº do R.C.	Requisitos dos Clientes	Ranking(%)
1	31 Ter sistema eficiente de purificação do ar	7,38
2	20 Ter estrutura de proteção resistente contra capotamento/emborcamento	6,79
3	27 Ter bom sistema de amortecimento de impactos	5,84
4	28 Ter baixo ruído interno	5,63
5	33 Ter ambiente climatizado	5,1

**Figura 29** - Interface do SAPROC para a aba “Requisitos dos Clientes Hierarquizados”

#### 4.4.2.5 “Seleção dos Requisitos de Projeto - R.P”

É disponibilizada ao usuário a seleção dos fatores de influência a serem considerados no projeto em desenvolvimento (Figura 30). Ao habilitar uma determinada categoria, o programa busca as informações no banco de dados "SQL" de todos os requisitos de projeto a ela relacionados, e as inserem em uma planilha na próxima aba, “Requisitos de Projeto”.

**Figura 30** - Interface do SAPROC para a aba “Seleção dos Requisitos de Projeto - R.P”

#### 4.4.2.6 “Requisitos de Projeto”

Estando a planilha semi-preenchida com as informações dos requisitos de projeto, unidade de medida e o respectivo fator de influência selecionado na aba anterior, o usuário deverá realizar o rastreamento do requisito em questão, buscando seu vínculo com o requisito do cliente mais relevante.

Outro procedimento a ser realizado é a atribuição do “Sinal Qualificador”, podendo ser “+” quando é preferível o acréscimo da característica, “-” para a redução e “XX” em situações nas quais se deseja que não ocorram alterações no valor meta a ser definido nas especificações do projeto (Figura 31).

Cód.	Requisitos de Projeto	Categoria	Requisito do Cliente	Unidade de Medida	Sinal Qualificador
1	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	Controle	Ter painéis de controles com posicionamento ajustável	%	+
2	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	Controle	Ter painéis de controles com posicionamento ajustável	mm	
3	Espaço livre entre volante de direção e partes fixas da cabine	Controle	Ter painéis de controles com posicionamento ajustável	mm	+
4	Posição do volante de direção	Controle	Ter volante ajustável	mm	xx
5	Ângulo de ajuste do volante de direção	Controle	Ter volante ajustável	°	+

**Figura 31** - Interface do SAPROC para a aba “Requisitos de Projeto”

O programa também possibilita, por meio do botão “Adicionar Requisitos de Projeto”, a inserção de outros requisitos que não foram contemplados nos fatores de influência.

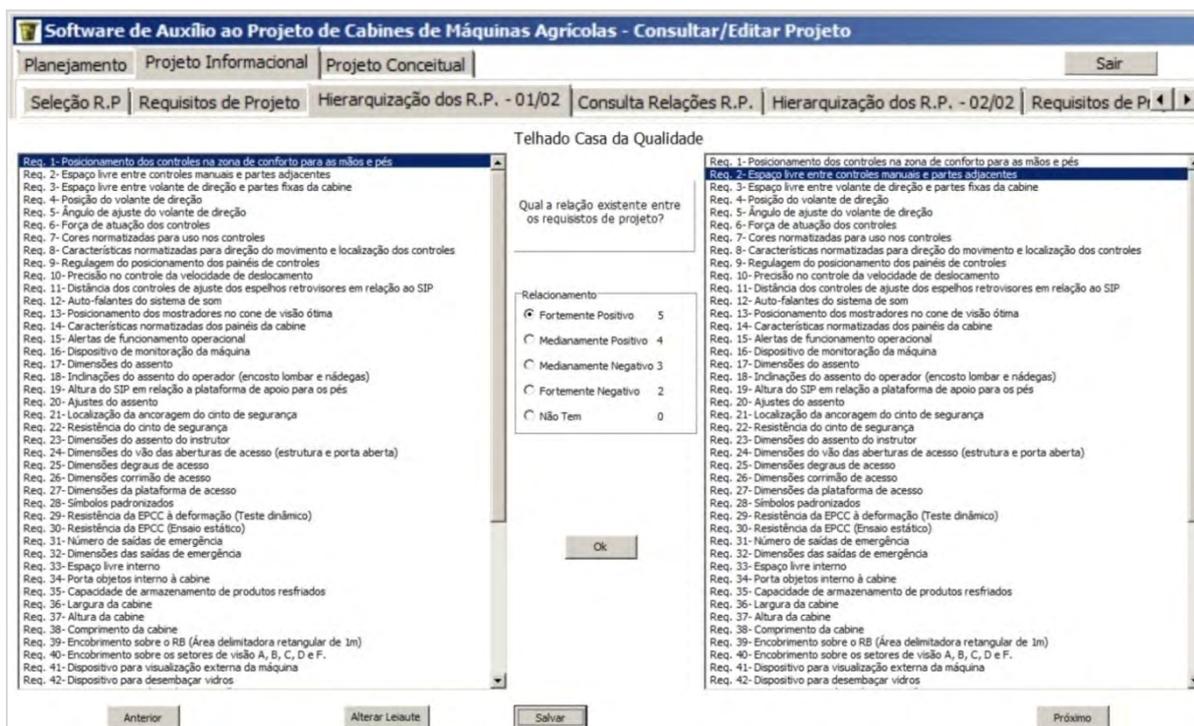
#### 4.4.2.7 “Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 01/02”

Nesta, é realizado o preenchimento do telhado da matriz casa da qualidade. Para tanto, utiliza-se uma planilha similar à empregada na ferramenta “Diagrama de Mudge”, objetivando a verificação do grau de comprometimento entre os requisitos de projeto. Nela, o usuário deverá responder a seguinte pergunta: “Qual a relação existente entre o requisito de projeto X e o requisito de projeto Y?” e, com base no quadro 5, atribuir os pesos coerentes (Figura 32).

Ressalta-se que as relações positivas referem-se às tendências de melhorias simultâneas para ambos os requisitos, seja através do aumento ou da redução de uma determinada característica. Já as negativas, quando ocorre o sentido inverso, por exemplo, o aumento em um fator (requisito de projeto) acarreta na redução do outro.

<b>Escala de Relacionamento</b>	
<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
5	Fortemente Positivo
4	Medianamente Positivo
3	Medianamente Negativo
2	Fortemente Negativo
0	Não Tem

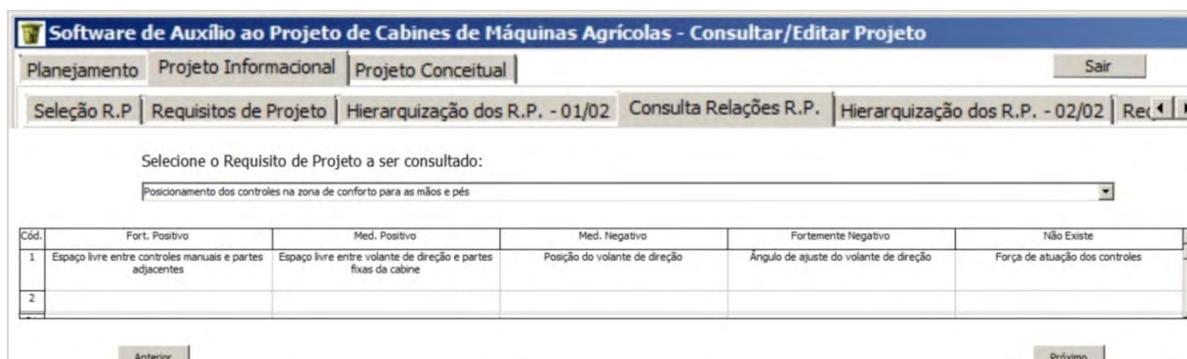
**Quadro 5** - Pesos empregados no relacionamento do telhado da casa da qualidade



**Figura 32** - Interface do SAPROC para a aba "Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 01/02"

#### 4.4.2.8 "Consulta as Relações dos Requisitos de Projeto - R.P."

Tem como função a apresentação das relações existentes entre o requisito de projeto selecionado e os demais julgamentos realizados na aba anterior, bem como a visualização da escala desse relacionamento (Figura 33). Este procedimento visa a auxiliar o projetista no momento da definição dos valores metas, em que, por exemplo, o aumento em uma determinada característica "Requisito de Projeto" pode refletir na redução indesejável de outra.



**Figura 33** - Interface do SAPROC para a aba "Consulta as Relações dos Requisitos de Projeto - R.P."

#### 4.4.2.9 “Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 02/02”

Destina-se à hierarquização dos requisitos de projeto por meio da utilização da parte central da matriz da casa da qualidade, na qual são relacionados os requisitos dos clientes com as características de engenharia (requisitos de projeto). O propósito desta relação é a obtenção de indicativos (valores) de quanto cada necessidade ou desejo do usuário afeta ou é afetada por um determinado requisito de projeto (BACK et al., 2008).

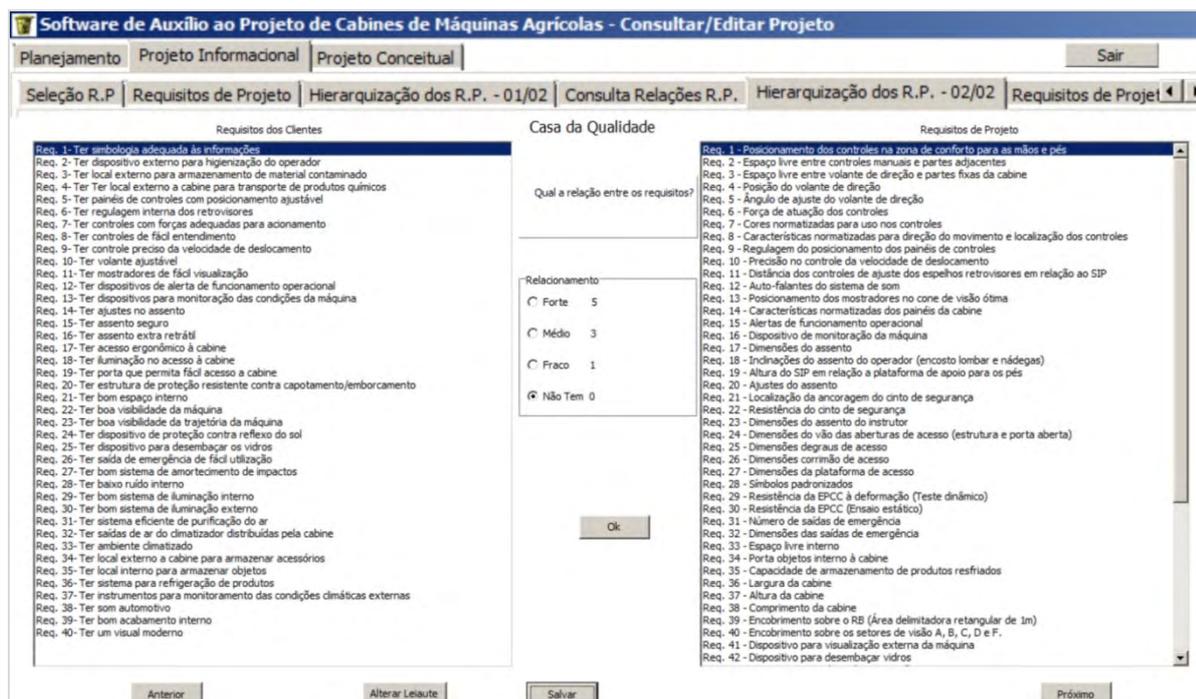
Para tal configuração, emprega-se uma planilha, cujo preenchimento das duas primeiras colunas, com as informações dos requisitos dos clientes e seu respectivo percentual (ranking) obtido ao término do Diagrama de Mudge, se dá de modo automatizado.

É adotado procedimento similar para os dados das três primeiras linhas da referida planilha, cujas informações são os requisitos de projeto, o sinal qualificador, que ilustra a tendência desejada para tal requisito no projeto, e a sua respectiva unidade de medida.

No processo de hierarquização o usuário deve responder a pergunta: “Qual a relação existente entre o requisito do usuário X com o requisito de Projeto Y?” e, de acordo com o quadro 6, atribuir os pesos correspondentes (Figura 34).

<b>Escala de Relacionamento</b>	
<b>Peso</b>	<b>Descrição</b>
5	Forte
3	Médio
1	Fraco
0	Não Tem

**Quadro 6** - Pesos empregados na parte central da casa da qualidade



**Figura 34** - Interface do SAPROC para a aba "Hierarquização dos Requisitos de Projeto - R.P. 02/02"

Ao término dos relacionamentos, o software efetua o cálculo com base na equação 2, em que somam-se, para cada requisito de projeto, os resultados da multiplicação do “peso” atribuído ao requisito de usuário (proveniente do Diagrama de Mudge) pelo valor do relacionamento entre o requisito de usuário e o de projeto atribuídos nesta atividade. Esse procedimento permite a hierarquização dos requisitos de projeto ilustrados na próxima aba (4.4.2.10).

$$RP_j = \sum_i^n pr_{u_i} \times v_{i,j} \quad (i=1 \text{ a } n \text{ e } j=1 \text{ a } m) \quad (2)$$

Onde:

$RP_j$  é o valor de importância do requisito de projeto  $j$ ;

$pr_{u_i}$  é o peso de importância percentual do requisito do usuário  $i$ ;

$v_{i,j}$  é o valor do relacionamento entre o requisito de projeto  $j$  e o requisito de usuário  $i$ ;

$m$  é o número total de requisitos de projeto

**Equação 2** - Cálculo realizado para a hierarquização dos requisitos de projeto

#### 4.4.2.10 “Requisitos de Projetos Hierarquizados”

Esta aba (Figura 35) apresenta as características do produto que devem ser priorizadas ao longo do processo de projeto. Tal planilha traz o ranking, o valor

obtido na casa da qualidade, o número de identificação inicial do requisito de projeto “Nº do R.P.”, bem como a sua descrição, unidade de medida e a direção almejada.

Cód.	Ranking	Valor	NP do R.P.	Requisitos de Projeto	Unid.	Dir
1	4,06	338,36	42	Comprimento da cabine	mm	+
2	4,03	336,24	41	Altura da cabine	mm	+
3	4,02	335,08	40	Largura da cabine	mm	+
4	2,96	246,94	24	Ajustes do assento	mm	+
5	2,74	228,62	15	Alertas de funcionamento operacional	nº	+
6	2,67	222,47	43	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-
7	2,67	222,47	44	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F.	mm	-
8	2,63	219,45	28	Dimensões do vão das aberturas de acesso (estrutura e porta aberta)	mm	+
9	2,56	213,13	1	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	%	+
10	2,56	213,42	9	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	mm	+
11	2,53	210,89	45	Dispositivo para visualização externa da máquina	nº	+
12	2,52	210,04	37	Espaço livre interno	mm	+
13	2,33	194,37	16	Dispositivo de monitoração da máquina	nº	+
14	2,12	176,95	13	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	%	+
15	2,05	170,87	14	Características normalizadas dos painéis da cabine	%	+
16	1,94	161,45	27	Dimensões do assento do instrutor	mm	xx
17	1,92	160,38	2	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	mm	+
18	1,82	152,1	35	Número de saídas de emergência	n	+
19	1,82	152,1	36	Dimensões das saídas de emergência	mm	+
20	1,73	144,02	54	Dispositivo de proteção contra o reflexo do sol	nº	+
21	1,69	141,04	50	Nível de ruído no interior da cabine	dB	-
22	1,67	138,94	55	Pressurização do ar na cabine	Pa	+
23	1,67	139,26	5	Ângulo de ajuste do volante de direção	º	+
24	1,66	138,3	4	Posição do volante de direção	mm	xx

**Figura 35** - Interface do SAPROC para a aba “Requisitos de Projetos Hierarquizados”

#### 4.4.2.11 “Especificações de Projetos”

Traz uma planilha com os requisitos de projetos hierarquizados, suas respectivas unidades de medidas e parâmetros de referência (Figura 36), sendo disponibilizado espaço para o preenchimento do valor meta desejado, a forma de avaliação do mesmo e os aspectos a serem evitados quando este valor não for implementado.

Tais informações completam as especificações técnicas do projeto, que é o resultado final do processo de transformação das necessidades dos usuários, frequentemente citadas como a parte mais importante do desenvolvimento do produto (BACK et al., 2008).

Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - Consultar/Editar Projeto

Planejamento Projeto Informacional Projeto Conceitual Sair

Requisitos de Projetos Hierarquizados Especificações de Projetos Seleção das Restrições de Segurança Restrições de Segurança

Especificações de Projeto

Cód.	Requisitos de Projeto Hierarquizados	Unidade	Parâmetros	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a Serem Evitados
1	Comprimento da cabine	mm	SPN: Restrição de projeto - Dimensão máxima de 1700mm	1700	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção;
2	Altura da cabine	mm	SPN: Restrição de projeto - Dimensão máxima de 1800mm	1800	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção;
3	Largura da cabine	mm	SPN: Restrição de projeto - Dimensão máxima de 1750mm	1750	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção;
4	Ajustes do assento	mm	PK: ISO 4253 (1993) Ajuste longitudinal a partir da posição média - Mínimo $\pm 75$ mm e Máximo $\pm 100$ mm; Ajuste vertical a partir da posição média - Mínimo $\pm 30$ mm e Máximo $\pm 50$ mm.	Ajuste longitudinal a partir da posição média: 100; Ajuste vertical a partir da posição média: 50	Aferição métrica	Postura corporal inadequada do operador quando em operação da máquina; Comprometimento com custo de produção e com o espaço livre interno
5	Alertas de funcionamento operacional	nº	SPN: Indicar falhas, baixo nível de produto no tanque químico, combustível, pressões, entre outros.	3 Macros: sinal conforme; atenção e perigo; 8 Sub-níveis: 3 nível de produtos (combustível, tanque químico e líquido para limpeza), porta aberta, painel lateral, filtragem do ar na cabine, falha na pulverização e uso do cinto de	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Excesso de informação

Anterior Salvar Próximo

**Figura 36** - Interface do SAPROC para a aba "Especificações de Projeto"

#### 4.2.2.12 "Seleção das Restrições de Segurança" e "Restrições de Segurança"

A aba "Seleção das Restrições de Segurança" apresenta uma planilha com as informações relativas às restrições de segurança, armazenadas no fator de influência "Segurança - Aspectos Gerais", possibilitando ao usuário a seleção das pertinentes ao projeto que está sendo desenvolvido (Figura 37). Estas são rerepresentadas na aba "Restrições de Segurança", a fim de facilitar a visualização e conferência dos itens contemplados, ou seja, os de observância obrigatória no projeto (Figura 38).

Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - Consultar/Editar Projeto

Planejamento | Projeto Informacional | Projeto Conceitual | Sair

.P. - 02/02 | Requisitos de Projetos Hierarquizados | Especificações de Projetos | Seleção das Restrições de Segurança | Restrições de Segurança

Seleção das Restrições de Segurança

Cód.	Escolha	Atributo Segurança	Restrição	Fonte
1	Sim	Ruído	Não deve ultrapassar a 85 Db's medidos na posição do ouvido do operador	NR 15
2	Sim	Ruído	Ensaio de medição do ruído na posição do operador devem ser efetuados de acordo com a ISO 5131	NR ISO 26322-1 (2011)
3	Sim	Ruído	Ensaio de medição do ruído quando a máquina estiver em movimento devem ser efetuados de acordo com a ISO 7216	NR ISO 26322-1 (2011)
4	Sim	Controles	Os controles devem ser escolhidos, projetados, construídos e dispostos de tal forma que suas localizações e métodos de operação estejam de acordo com a ISO 15077	NR ISO 26322-1 (2011)
5	Sim	Controles	Controles operados com a mão devem ter folgas mínimas de acordo com a NBR ISO 4252 (Exceto controles operados com a ponta dos dedos)	NR ISO 26322-1 (2011)
6	Sim	Controles	O controle de partida e parada do motor deve possuir um dispositivo que evite o acionamento acidental (Ex. chave removível)	NR ISO 26322-1 (2011)
7	Sim	Controles	Não deve ser possível dar a partida no motor com a TDP acionada	NR ISO 26322-1 (2011)
8	Sim	Controles	A partida do motor não pode movimentar o engate de três pontos	NR ISO 26322-1 (2011)
9	Não	Controles	Cada fonte de potência deve ser montada com um dispositivo que permita ser desligado rapidamente. Deve ser projetado de modo que quando estiver na posição "desligado" a fonte de potência não possa ser colocada em movimento, salvo se o dispositivo for manualmente religado	NR ISO 4254-1 (1999)
10	Sim	Controles	Os pedais devem ter tamanho e espaço apropriados e ser adequadamente distribuídos. Os pedais devem ter superfície antiderrapante e ser fáceis de limpar	NR ISO 26322-1 (2011)
11	Sim	Controles	Os pedais (embreagem, freio e acelerador) devem ter a mesma função e disposição daqueles de um automóvel	NR ISO 26322-1 (2011)
12	Sim	Controles	Os controles de movimento da máquina devem ser disponibilizados ao operador somente na sua posição de trabalho	ISO 4254-1 (2008)
13	Sim	Controles	Controles manuais de desligamento de pulverização deve ser disponibilizado ao alcance do operador na posição de trabalho	ISO 4254-6 (2009)
14	Sim	Mostradores	Não deve haver mangueiras ou sistemas pressurizados no interior da cabine, como por exemplo manômetros	ISO 4254-6 (2009)
15	Sim	Acesso	As dimensões de acesso devem atender aos requisitos da norma NBR ISO 4252	NR ISO 26322-1 (2011)
16	Sim	Acesso	Se a altura vertical do piso do posto de operação exceder a 550mm acima do solo, deverá ser fornecido meios de acesso com dimensões especificadas de acordo com a norma NBR ISO 26322-1 (2011)	NR ISO 26322-1 (2011)
17	Sim	Acesso	Se existir partes perigosas da máquina atrás dos degraus ou escadas de acesso em que o operador possa entrar em contato, deve ser providenciada uma proteção na parte dos fundos dos referidos (degraus ou escadas)	NR ISO 26322-1 (2011)
18	Sim	Acesso	O corrimão deverá ser fornecido em ambos os lados do acesso, possibilitando que o operador mantenha os três pontos de contato no acesso ou saída do posto de trabalho	ISO 4254-1 (2008) e NBR ISO 26322-1 (2011)
19	Sim	Acesso	A distância vertical entre degraus sucessivos deverá ser igual (tolerância de ± 20mm)	NR ISO 26322-1 (2011)

Anterior | Salvar | Próximo

Figura 37 - Interface do SAPROC para a aba "Seleção das Restrições de Segurança"

Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - Consultar/Editar Projeto

Planejamento | Projeto Informacional | Projeto Conceitual | Sair

02/02 | Requisitos de Projetos Hierarquizados | Especificações de Projetos | Seleção das Restrições de Segurança | Restrições de Segurança

Restrições de Segurança

Cód.	Atributo Segurança	Restrição	Fonte
1	Ruído	Não deve ultrapassar a 85 Db's medidos na posição do ouvido do operador	NR 15
2	Ruído	Ensaio de medição do ruído na posição do operador devem ser efetuados de acordo com a ISO 5131	NR ISO 26322-1 (2011)
3	Ruído	Ensaio de medição do ruído quando a máquina estiver em movimento devem ser efetuados de acordo com a ISO 7216	NR ISO 26322-1 (2011)
4	Controles	Os controles devem ser escolhidos, projetados, construídos e dispostos de tal forma que suas localizações e métodos de operação estejam de acordo com a ISO 15077	NR ISO 26322-1 (2011)
5	Controles	Controles operados com a mão devem ter folgas mínimas de acordo com a NBR ISO 4252 (Exceto controles operados com a ponta dos dedos)	NR ISO 26322-1 (2011)
6	Controles	O controle de partida e parada do motor deve possuir um dispositivo que evite o acionamento acidental (Ex. chave removível)	NR ISO 26322-1 (2011)
7	Controles	Não deve ser possível dar a partida no motor com a TDP acionada	NR ISO 26322-1 (2011)
8	Controles	A partida do motor não pode movimentar o engate de três pontos	NR ISO 26322-1 (2011)
9	Controles	Cada fonte de potência deve ser montada com um dispositivo que permita ser desligado rapidamente. Deve ser projetado de modo que quando estiver na posição "desligado" a fonte de potência não possa ser colocada em movimento, salvo se o dispositivo for manualmente religado	NR ISO 4254-1 (1999)
10	Controles	Os pedais devem ter tamanho e espaço apropriados e ser adequadamente distribuídos. Os pedais devem ter superfície antiderrapante e ser fáceis de limpar	NR ISO 26322-1 (2011)
11	Controles	Os pedais (embreagem, freio e acelerador) devem ter a mesma função e disposição daqueles de um automóvel	NR ISO 26322-1 (2011)
12	Controles	Os controles de movimento da máquina devem ser disponibilizados ao operador somente na sua posição de trabalho	ISO 4254-1 (2008)
13	Controles	Controles manuais de desligamento de pulverização deve ser disponibilizado ao alcance do operador na posição de trabalho	ISO 4254-6 (2009)
14	Mostradores	Não deve haver mangueiras ou sistemas pressurizados no interior da cabine, como por exemplo manômetros	ISO 4254-6 (2009)
15	Acesso	As dimensões de acesso devem atender aos requisitos da norma NBR ISO 4252	NR ISO 26322-1 (2011)
16	Acesso	Se a altura vertical do piso do posto de operação exceder a 550mm acima do solo, deverá ser fornecido meios de acesso com dimensões especificadas de acordo com a norma NBR ISO 26322-1 (2011)	NR ISO 26322-1 (2011)
17	Acesso	Se existir partes perigosas da máquina atrás dos degraus ou escadas de acesso em que o operador possa entrar em contato, deve ser providenciada uma proteção na parte dos fundos dos referidos (degraus ou escadas)	NR ISO 26322-1 (2011)
18	Acesso	O corrimão deverá ser fornecido em ambos os lados do acesso, possibilitando que o operador mantenha os três pontos de contato no acesso ou saída do posto de trabalho	ISO 4254-1 (2008) e NBR ISO 26322-1 (2011)
19	Acesso	A distância vertical entre degraus sucessivos deverá ser igual (tolerância de ± 20mm)	NR ISO 26322-1 (2011)
20	Acesso	A distância vertical entre o degrau superior e a plataforma do operador não deve exceder a 300mm	NR ISO 26322-1 (2011)

Anterior | Terminar

Figura 38 - Interface do SAPROC para a aba "Restrições de Segurança"

#### 4.4.3 "Projeto Conceitual"

A fase "Projeto Conceitual" é composta por onze abas que objetivam orientar o usuário, desde a identificação das funções presentes no posto de operação, até a

descrição do conceito selecionado para atendimento do problema de projeto. São elas: "Função Global", "Função Parcial", "Função Elementar", "Elaborar Estrutura de Funções", "Estruturas de Funções", "Seleção da Estrutura de Função", "Estrutura de Função Selecionada", "Princípios de Solução", "Visualização das Variantes", "Seleção do Conceito" e "Descrição do Conceito". Estas são apresentadas nos próximos tópicos.

#### 4.4.3.1 "Função Global"

Aba voltada ao preenchimento das informações que tratam da função "maior" do sistema técnico, ou seja, o usuário deve identificar e elaborar, de preferência empregando um verbo e um substantivo, a descrição da função que contemple todas as demais presentes, bem como a relação das entradas e saídas de energia, material e sinal envolvidos (Figura 39).

The screenshot shows the SAPROC software interface for the 'Função Global' tab. The title bar reads 'Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - Consultar/Editar Projeto'. The navigation menu includes 'Planejamento', 'Projeto Informativo', 'Projeto Conceitual', and 'Sair'. The main menu has 'Função Global', 'Função Parcial', 'Função Elementar', 'Elaborar Estrutura de Funções', 'Estruturas de Funções', and 'Seleção da Estrutura de Função'. The 'Função Global' tab is active, showing a description field with the text 'Permitir o controle do pulverizador autopropeleido de modo seguro e ergonômico aos usuários'. Below the description are two columns: 'Entradas' and 'Saídas'. Each column has three input boxes for 'Energia', 'Material', and 'Sinal'. The 'Energia' boxes contain 'Elétrica, Vibração, Ruído, Térmica, Humana, Gravitacional'. The 'Material' boxes contain 'Ar contaminado, Operador, Instrutor, Acessórios da máquina, Produtos resfriados, Objetos pessoais, Produtos Químicos, Água, Papel toalha, Sabonete líquido, GPS, EPI's contaminado'. The 'Sinal' boxes contain 'Status da máquina, Intervenção do operador' and 'Status deslocamento/operação da máquina'. At the bottom are 'Anterior', 'Salvar', and 'Próximo' buttons.

**Figura 39** - Interface do SAPROC para a aba "Função Global"

#### 4.4.3.2 "Função Parcial"

Nesta, ocorre o desdobramento da função global em funções parciais que apresentam um menor grau de complexidade, normalmente tratando-se dos

sistemas envolvidos no projeto. Após tal processo de subdivisão, o usuário deve registrar na planilha disponibilizada (Figura 40) as referidas informações, funções parciais, as quais recebem um código para o rastreamento.

Cod.	Função Parcial
1	Acomodar usuários com segurança e ergonomia
2	Proporcionar praticidade aos usuários
3	Permitir acesso seguro aos usuários
4	Proteger usuários no transporte/operação
5	Proporcionar boa visibilidade aos usuários
6	Controlar pulverização/deslocamento da máquina

**Figura 40** - Interface do SAPROC para a aba "Função Parcial"

#### 4.4.3.3 "Função Elementar"

Para cada função parcial, elencada na etapa anterior, o usuário deve realizar uma nova subdivisão, buscando o registro das funções elementares do sistema técnico, que representam o último nível de desdobramento e devem possuir, pelo menos, um princípio de solução no campo físico capaz de atendê-la.

De modo similar ao desenvolvido para a função global, o software disponibiliza campos para o registro das grandezas envolvidas de energia, material e sinal, para a entrada e saída da respectiva função elementar (Figura 41).

Cod.	Função Elementar	Entrada Energia	Entrada Material	Entrada Sinal	Saída Energia	Saída Material	Saída Sinal
1.1	Acomodar operador	Humana, Térmica, Vibração	Operador	-	Humana, Térmica, Vibração	Operador	-
1.2	Reduzir vibração ao operador	Humana, Térmica, Vibração	Operador	-	Humana, Térmica, Vibração	Operador	-
1.3	Acomodar instrutor						
1.4	Reduzir vibração ao instrutor						
1.5	Proporcionar melhor postura ao operador						
1.6							
1.7							

**Figura 41** - Interface do SAPROC para a aba "Função Elementar"

#### 4.4.3.4 "Elaborar Estrutura de Funções"

Aba destinada ao desenvolvimento de estruturas de funções, em que o usuário deve apresentar possíveis configurações de relacionamento entre as funções elementares e/ou módulos, de maneira que estas possam ser avaliadas nas etapas seguintes, indicando a mais promissora para o projeto.

Conforme apresentado na metodologia proposta, tais estruturas podem ser formadas pela seleção de funções elementares a compor a solução do problema, desenvolvimento de módulos, em que ocorre o agrupamento de funções, e, em rearranjos entre os relacionamentos funcionais, podendo estar em série e/ou paralelo.

Para tanto, como procedimento inicial, o usuário deve registrar os módulos funcionais a serem utilizados, informando para cada um, o nome de identificação, a estrutura na qual será empregado, e a descrição das funções a serem contempladas por ele (Figura 42).

Cadastrados os módulos, a etapa seguinte é a configuração das estruturas, em que, seguindo a sequência das funções pretendidas para a estrutura, o usuário, por meio dos botões disponibilizados na parte superior da interface do programa deve informar a relação desejada, série e/ou paralelo, entre as mesmas.

Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - Consultar/Editar Projeto

Planejamento | Projeto Informacional | Projeto Conceitual | Sair

Função Global | Função Parcial | Função Elementar | **Elaborar Estrutura de Funções** | Estruturas de Funções | Seleção da Estrut

Edição: Elaborar Estrutura de Funções

Anterior:

Finalizar Edição | Setar Anterior | Voltar:

Modulo	Nome	Estrutura	Descrição
MD 1	Módulo 1 - Est 1	1	F.E. 1.1 + F.E. 1.2
	Módulo 2 - Est 1	1	F.E. 1.3 + F.E. 1.4
	Módulo 3 - Est 1	1	F.E. 4.6 + F.E. 5.6
	Módulo 4 - Est 1	1	F.E. 6.1 + F.E. 6.2

Salvar Módulo

Função Elementar	Estrutura 1	MD	Fim	Estrutura 2	MD	Fim	Estrutura 3	MD	Fim	Estrutura 4	MD	Fim	Estrutura 5	MD	Fim	Estrutura 6	MD	Fim	Estrutura 7	MD	Fim	Estrutura 8	MD	Fim
1.1	Acomodar operador	10.1.1	1	10.1.1	1																			
1.2	Reduzir vibração ao operador																							
1.3	Acomodar instrutor	10.2.1	2	10.2.1																				
1.4	Reduzir vibração ao instrutor																							
1.5	Proporcionar melhor postura ao operador		11																					
2.1	Armazenar acessórios no exterior da cabine		2	3.1.1																				
2.2	Manter produtos resfriados		9.3.1																					
2.3	Armazenar objetos no interior da cabine		9.2.1	9.2.1																				
2.4	Armazenar produtos químicos em transporte		4	3.2.1																				

Anterior | Salvar | Próximo

Figura 42 - Interface do SAPROC para a aba "Elaborar Estrutura de Funções"

É importante ressaltar que após a realização de uma configuração entre funções em paralelo, deve-se fazer uso do botão "Voltar Paralelo" e do número de retornos desejáveis para dar continuidade à sequência em série pretendida.

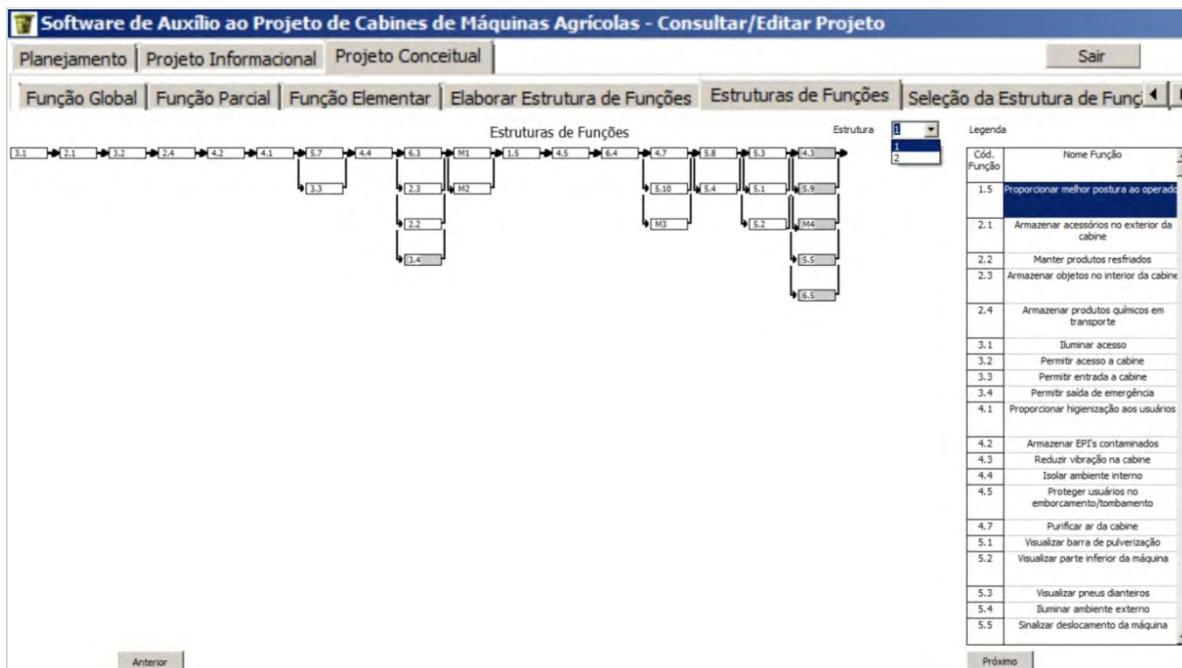
No emprego de um módulo cadastrado, o usuário deve informar o seu posicionamento, utilizando uma das funções por ele contempladas, seguindo o mesmo procedimento apresentado anteriormente.

A representação gráfica das estruturas desenvolvidas é dada pelo emprego de blocos e de setas que objetivam ilustrar a sequência das funções e/ou módulos. Saliencia-se que tal decisão foi proveniente da limitação de recursos do software de programação utilizado para o desenvolvimento.

Por fim, para cada função elementar, em cada estrutura a ser desenvolvida, foi disponibilizada uma coluna com a opção "Fim" destinada a indicar que a referida função não apresenta mais nenhuma relação de conexão com outras à sua frente. Tal diferenciação é ilustrada, na estrutura de função, pela cor do preenchimento do bloco, ficando este mais escurecido.

#### 4.4.3.5 "Estruturas de Funções"

Nesta aba, por meio de seleção (Figura 43), o usuário pode visualizar cada estrutura desenvolvida na etapa anterior, bem como as funções e/ou módulos que a compõem e seus respectivos códigos de rastreabilidade. Caso identifique algum posicionamento equivocado, por meio do botão "Anterior", o usuário pode retornar a aba anterior e reformular a estrutura.



**Figura 43** - Interface do SAPROC para a aba "Estruturas de Funções"

#### 4.4.3.6 "Seleção da Estrutura de Função"

Nesta aba é realizada a escolha da estrutura de função julgada como mais adequada para o sucesso do produto. Para tal procedimento, seguindo a metodologia proposta, fez-se o uso da ferramenta F8 - Matriz de seleção de estruturas funcionais, desenvolvida por Maribondo (2000).

Tal ferramenta consiste em uma matriz em que na primeira e na segunda coluna são inseridos os requisitos dos clientes hierarquizados e seus respectivos pesos obtidos no Diagrama de Mudge, resultados estes provenientes da fase de Projeto Informacional. Ressalta-se que a mesma foi configurada para a filtragem e apresentação do terço superior de tais itens, visto serem os considerados de maior relevância para o projeto.

O usuário empregando os critérios de relacionamento apresentados no quadro 7 deve realizar o julgamento das estruturas (Figura 44). Posteriormente, o software efetua a multiplicação desses pesos atribuídos, pelos valores obtidos no Diagrama de Mudge, para cada requisito. Por fim, é realizado um somatório dos resultados destas multiplicações para cada estrutura desenvolvida, sendo informada a pontuação e a ordem "Posição", considerando a melhor estrutura para o projeto.

Peso Atribuído	Modo de atendimento da estrutura
1	Atende Pouco
3	Atende Parcialmente
5	Atende Completamente

**Quadro 7** - Critérios para seleção da estrutura de função

Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - Consultar/Editar Projeto

Planejamento | Projeto Informacional | Projeto Conceitual | Sair

Selecões | Seleção da Estrutura de Função | Estrutura de Função Selecionada | Princípios de Solução | Visualização das Variantes | Seleção de C

Seleção da Estrutura de Função

Estrutura 1: 1

Legenda

Cód. Função	Nome Função
1.5	Proporcionar melhor postura ao operador
2.1	Armazenar acessórios no exterior da cabine
2.2	Manter produtos resfriados
2.3	Armazenar objetos no interior da cabine
2.4	Armazenar produtos químicos em transporte
3.1	Iluminar acesso
3.2	Permitir acesso a cabine
3.3	Permitir entrada a cabine
3.4	Permitir saída de emergência
4.1	Proporcionar higienização aos usuários
4.2	Armazenar EPI's contaminados
4.3	Reduzir vibração na cabine
4.4	Isolar ambiente interno
4.5	Proteger usuários no emborcamento/tombamento
4.7	Purificar ar da cabine
5.1	Visualizar barra de pulverização
5.2	Visualizar parte inferior de máquinas
5.3	Visualizar pneus dantereros
5.4	Iluminar ambiente externo
5.5	Sinalizar deslocamento da máquina

Crítérios para os relacionamentos:  
1 : Atende Pouco  
3 : Atende Parcialmente  
5 : Atende Completamente

Req. Clientes	Valor Mudge	Estrutura. 1	Estrutura 2	Estrutura 3	Estrutura 4	Estrutura 5	Estrutura 6	Estrutura 7	Estrutura 8
Ter bom sistema de iluminação externo	3,82	5	5						
Ter assento seguro	3,4	5	5						
			1						
			3						
			5						
Resul. Parcial		292,16	268,4						
Posção									

Anterior | Salvar | Próximo

**Figura 44** - Interface do SAPROC para a aba "Seleção da Estrutura de Função"

#### 4.4.3.7 "Estrutura de Função Selecionada"

Esta aba corresponde a visualização da estrutura julgada mais adequada ao projeto em desenvolvimento, bem como suas funções e/ou módulos e códigos de rastreamento (Figura 45).

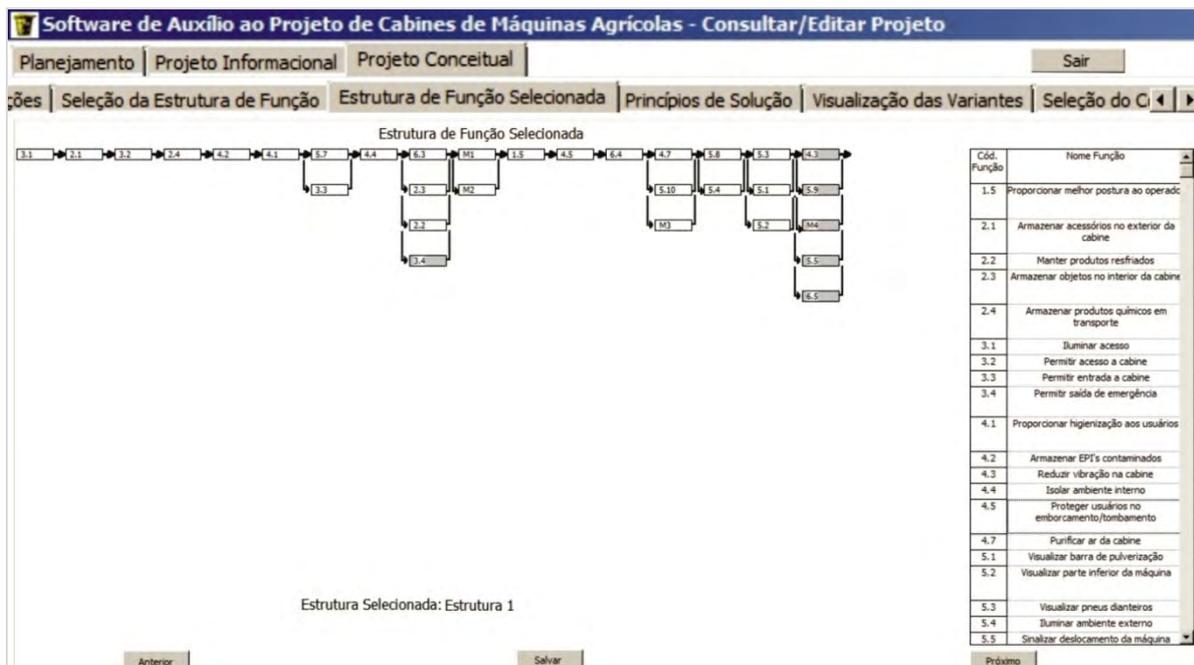


Figura 45 - Interface do SAPROC para a aba "Estrutura de Função Seleccionada"

#### 4.4.3.8 "Princípios de Solução"

Esta interface é baseada na ferramenta F12 - Matriz morfológica, de modo a facilitar a visualização dos princípios de solução indicados para cada função elementar e/ou módulo. O preenchimento desta matriz se dá de modo automatizado, para a primeira e segunda coluna, em que são apresentados os códigos e as descrições das funções ou módulos respectivamente (Figura 46).

The screenshot shows the SAPROC software interface for the 'Princípios de Solução' (Solution Principles) tab. The interface includes a menu bar with 'Planejamento', 'Projeto Informacional', and 'Projeto Conceitual'. Below the menu bar, there are navigation buttons for 'Anterior', 'Salvar', and 'Próximo'. The main area displays a matrix of solution principles for various functions. The matrix has columns for 'Funções Elementares', 'Princípio 1', 'Princípio 2', 'Princípio 3', 'Princípio 4', 'Princípio 5', 'Princípio 6', 'Princípio 7', 'Variante 1', 'Variante 2', 'Variante 3', 'Variante 4', and 'Variante 5'. The rows represent different functions, and the cells contain 3D models of the functions and their corresponding solution principles.

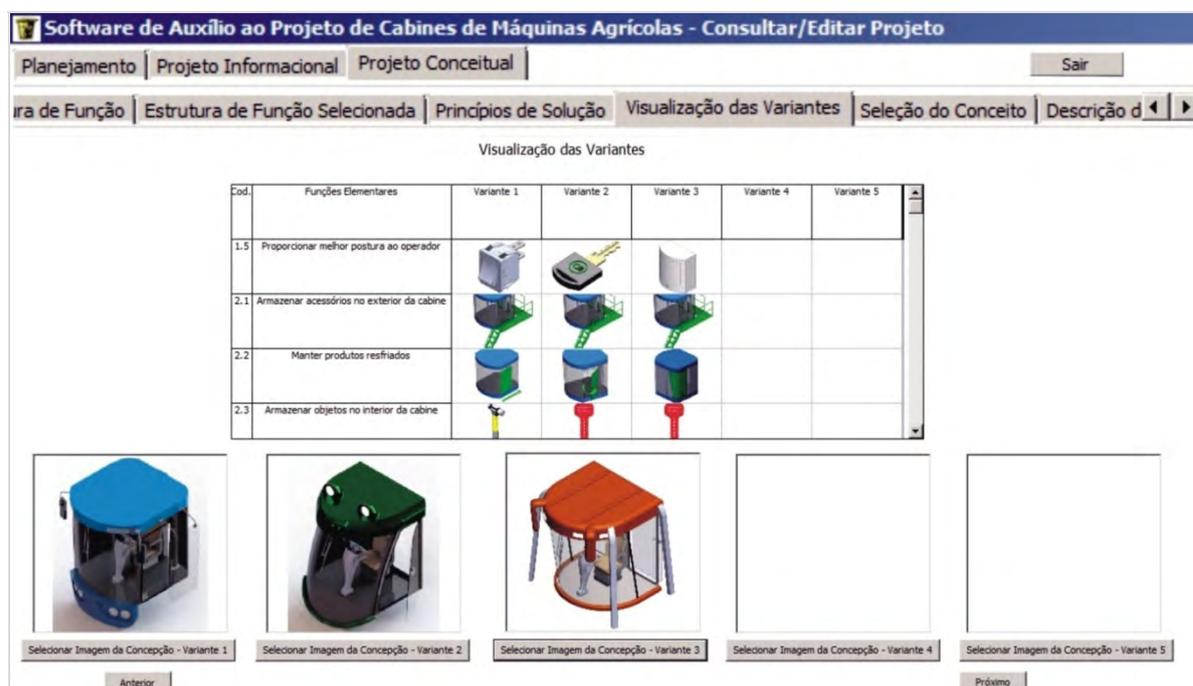
Cod.	Funções Elementares	Princípio 1	Princípio 2	Princípio 3	Princípio 4	Princípio 5	Princípio 6	Princípio 7	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
3.1	Iluminar acesso								Princ. 3	Princ. 1			
3.2	Permitir acesso a cabine								Princ. 1	Princ. 1			
3.3	Permitir entrada a cabine								Princ. 1	Princ. 2			
3.4	Permitir saída de emergência								Princ. 1	Princ. 2	Princ. 2		
4.1	Proporcionar higienização aos usuários								Princ. 4	Princ. 1	Princ. 3		
4.2	Armazenar EPI's contaminados								Princ. 1	Princ. 1	Princ. 1		

Figura 46 - Interface do SAPROC para a aba "Princípios de Solução"

O usuário deve inserir pelo menos um esquema representativo de princípio de solução, imagem em formato BMP, para cada função ou módulo, sendo sete o limite máximo de preenchimento. Após isso, ele pode elaborar até cinco variantes para a concepção do produto em desenvolvimento, bastando selecionar os princípios de solução a serem adotados em cada uma dessas. Ressalta-se a importância da verificação da compatibilidade entre os mesmos no momento desta seleção, de modo que seja possível a sua configuração final.

#### 4.4.3.9 "Visualização das variantes"

Nesta interface são apresentados, para visualização e conferência, os princípios de solução selecionados de acordo com as variantes do projeto (Figura 47). Na parte inferior, o usuário deve buscar os arquivos com as imagens finais dos conceitos das referidas variantes.



**Figura 47** - Interface do SAPROC para a aba "Visualização das Variantes"

#### 4.4.3.10 "Seleção do Conceito"

Esta aba é utilizada para a escolha do conceito a ser julgado mais promissor para o produto em desenvolvimento, sendo empregada a ferramenta F 13 - Matriz

de Decisão. Em tal matriz, as primeiras colunas são dedicadas à apresentação de algumas das informações das especificações técnicas do projeto, mais precisamente, o código, o requisito de projeto, a unidade de medida, o valor meta atribuído ao requisito e, o peso, proveniente da matriz da casa da qualidade.

Ressalta-se que, de modo similar ao procedimento adotado para a seleção da estrutura de funções, nessa também ocorre a filtragem e apresentação do terço superior dos requisitos hierarquizados, no entanto, referindo-se aos requisitos de projeto.

Diante destas informações, aplicando os critérios apresentados no quadro 8, o usuário indica como a variante que está sendo avaliada atende o requisito de projeto em questão, considerando as informações já mencionadas, como, por exemplo, o valor meta atribuído ao requisito (Figura 48).

Parâmetros de avaliação	Modo como a variante atende a especificação
$V_i = 0$	Não atende
$V_i = 3$	Atende fracamente
$V_i = 5$	Atende medianamente
$V_i = 7$	Atende bem
$V_i = 10$	Atende muito bem

**Quadro 8** - Parâmetros para avaliação das variantes de concepção do projeto

The screenshot shows the SAPROC software interface for 'Seleção do Conceito'. At the top, there are navigation tabs: 'Planejamento', 'Projeto Informacional', 'Projeto Conceitual', and 'Sair'. Below these are sub-tabs: 'Estrutura de Função Selecionada', 'Princípios de Solução', 'Visualização das Variantes', 'Seleção do Conceito', and 'Descrição do Cor'. The main area displays three 3D models of agricultural machine cabs: blue, green, and orange. Below the models is a table with columns for 'Requisitos de Projeto Hierarquizados', 'Unid', 'Valor Meta', 'Peso', and five variants (Variante 1 to Variante 5). A dropdown menu is open over the 'Ajustes do assento' row, showing options 3, 5, 7, and 10. At the bottom, there is a summary table with columns for 'Parâmetros de avaliação', 'Modo como a variante atende a especificação', and 'Classificação' for each variant. The 'Seleção do Conceito' column shows '2º' for Variante 1, '1º' for Variante 2, '3º' for Variante 3, '5º' for Variante 4, and '5º' for Variante 5. Navigation buttons 'Anterior', 'Salvar', and 'Próximo' are visible at the bottom.

Cód.	Requisitos de Projeto Hierarquizados	Unid	Valor Meta	Peso	vi(1)	piv(1)	vi(2)	piv(2)	vi(3)	piv(3)	vi(4)	piv(4)	vi(5)	piv(5)
1	Comprimento da cabine	mm	1700	338,36		3383,6	7	2368,52	7	2368,52				
2	Altura da cabine	mm	1800	336,24		3362,4	5	1681,2	7	2353,68				
3	Largura da cabine	mm	1750	335,08	0	3350,8	10	3350,8	7	2345,56				
4	Ajustes do assento	mm	246,94	246,94	3 5 7 10	1728,58	10	2469,4	10	2469,4				
5	Alertas de funcionamento operacional	nº	3 Macros: sinal conforme; atenção e perigo; 8 Sub-níveis: 3 nível de produtos (combustíveis, tanque químico e Injeção nasal, limpeza), zozta...	228,62	10	2286,2	10	2286,2	10	2286,2				

Parâmetros de avaliação	Modo como a variante atende a especificação	Classificação
$V_i = 0$	Não atende	
$V_i = 3$	Atende fracamente	
$V_i = 5$	Atende medianamente	
$V_i = 7$	Atende bem	
$V_i = 10$	Atende muito bem	

**Figura 48** - Interface do SAPROC para a aba "Seleção do Conceito"

Em seguida, o software realiza a multiplicação do peso atribuído a variante, no atendimento da especificação, pelo valor proveniente da matriz casa da qualidade. Por fim, para cada variante é realizado o somatório dos referidos valores, informando a pontuação e a classificação obtida diante das demais avaliadas.

#### 4.4.3.11 "Descrição do Conceito"

À esquerda desta interface (Figura 49) é apresentada a variante selecionada para o projeto e, à direita, um quadro para o detalhamento do conceito. Diante das especificidades de cada projeto, no tocante a apresentação das informações "texto e imagens", o programa emprega um arquivo de editor de texto para o armazenamento dos dados relativos à descrição do conceito desenvolvido.



**Figura 49** - Interface da aba "Descrição do Conceito"

Ao término desta atividade, o usuário é redirecionado a tela inicial do software, em que por meio dos menus suspensos, conforme detalhado no início deste capítulo, é possível gerar os relatórios do projeto de acordo com as informações desejadas.

#### **4.5 Menu “Consultar Editar/Projeto”**

Ao clicar no botão “Consultar Editar Projeto”, surge uma janela solicitando a escolha do projeto a ser editado ou consultado. Após este procedimento, o usuário tem acesso as mesmas abas ilustradas no “Projeto Novo”, no entanto, podendo realizar a edição e ou inserção dos dados.

É importante ressaltar que, ao se inserir uma informação anterior às atividades que empregam as ferramentas “Diagrama de Mudge”, “Matriz da casa da qualidade”, “Matriz de seleção de estruturas funcionais” e “Matriz de Decisão”, em que os dados participam das referidas ferramentas, as informações dos julgamentos serão perdidas, devendo tais procedimentos de avaliação serem refeitos.

#### **4.6 Menu “Consultar/Editar Fatores de Influência no Projeto”**

Trata-se de um botão de atalho para encaminhar o usuário diretamente ao ambiente dos fatores de influência (Figura 20), seja para fins de consulta e/ou edição.

#### **4.7 Requisitos para a instalação do SAPROC**

Para a execução do “Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas” são necessários os seguintes softwares:

- Banco de dados “MySQL” - software que irá conter todos os dados relacionados à cada projeto;
- “MySQL-Front” - software para a comunicação “interface” entre o programa e o banco de dados “gerenciamento”, e auxiliar na estruturação do banco de dados;
- Microsoft Word - software de edição de texto que pertence ao pacote do Microsoft Office.

Além do arquivo executável, os demais necessários para o funcionamento do programa são armazenados em nove pastas:

- “arquivos\_normas” - informações relativas aos fatores de influência do projeto, com dados provenientes de normas e referências bibliográficas;
- "backup" - arquivos de backup gerados no software;

- "Conceito" - arquivos de texto com a descrição dos conceitos desenvolvidos;
- "diagrama" - imagens empregadas na elaboração da representação gráfica das estruturas de funções;
- "fotos\_word" - imagens dos pulverizadores autopropelidos cadastrados no banco de dados;
- "modelo\_planejamento" - modelos dos documentos da fase de planejamento;
- "planejamento\_do\_projeto" - documentos desenvolvidos na fase de planejamento;
- "Principio\_de\_Solucao" - imagens dos princípios de soluções elaborados;
- "Variantes" - imagens das variantes desenvolvidas para os projetos.

## **CAPÍTULO 5 - APLICAÇÃO DA METODOLOGIA: PROJETO CONCEITUAL DA CABINE DE OPERAÇÃO DE UM PULVERIZADOR AUTOPROPELIDO**

Este capítulo destina-se à apresentação e discussão dos resultados da aplicação da metodologia proposta, através da realização de um estudo de caso voltado ao projeto da cabine de operação de um pulverizador autopropelido.

### **5.1 Fase 1: Planejamento do projeto**

Na etapa de planejamento, por meio das reuniões com a equipe de projeto (F1), definiram-se as características necessárias ao monitoramento e execução do projeto da cabine. Estes resultados/documentos gerados, “Carta de Projeto”, “Partes Envolvidas”, “Plano de Comunicações”, “Declaração do Escopo”, “Estrutura de Decomposição”, “Riscos de Projeto”, “Lista de Atividades e Cronograma de Execução”, “Lista de Recursos Físicos/Custos do Projeto” e “Registros das Lições Aprendidas”, são apresentados separadamente.

#### **5.1.1 Carta de projeto**

Como mencionado na metodologia, trata-se de um documento que formaliza a existência do projeto, bem como apresenta os objetivos do mesmo (Quadro 9).

#### **CARTA DE PROJETO**

Vimos por meio deste formalizar a parceria entre a empresa A e o Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas – LASERG da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, no desenvolvimento do estudo intitulado “Metodologia para concepção de cabines de máquinas agrícolas com enfoque na segurança e ergonomia”. O escopo do referido estudo também abrange o desenvolvimento de um novo conceito para a cabine de operação do pulverizador autopropelido “Modelo X” produzido pela empresa A, a qual se compromete a fornecer as informações necessárias ao projeto, tendo garantidas por parte de Ulisses Benedetti Baumhardt, aluno de doutorado e integrante do LASERG, que os dados de caráter sigiloso não serão divulgados...

**Quadro 9** - Parte da carta de projeto referente a cabine do pulverizador autopropelido

### 5.1.2 Partes envolvidas no projeto

A equipe de desenvolvimento do projeto correspondeu a três grupos, sendo dois relacionados a instituições de ensino, pesquisa e extensão, “Universidade Federal de Santa Maria – UFSM” e a “Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA”, e outro, a empresa parceira do projeto "Empresa A" (Quadro 10).

Grupos de participação no projeto	Formação	Nº Integrantes
UFSM	Engenheiros Mecânicos, Agrícolas e Agrônomos, Licenciatura Plena em Matemática e Acadêmicos do Curso de Agronomia UFSM	10
UNIPAMPA	Acadêmicos do Curso de Engenharia da Computação, de Química; e de Energias Renováveis e de Meio Ambiente	5
EMPRESA A	Engenheiros Mecânicos	4
Total do pessoal envolvido		19

**Quadro 10** - Grupos de participação e número de integrantes no projeto

### 5.1.3 Plano de comunicações

Para a veiculação das informações relacionadas ao projeto foram empregados recursos como:

- Plataforma *Moodle*: disponibilizada na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e na Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, com o nome do curso “Desenvolvimento de metodologias e ferramentas para o projeto conceitual de cabines de máquinas agrícolas”, objetivando que os integrantes acessassem instantaneamente os documentos anexados na página, como fotos, desenhos, artigos, entre outros.

- HD virtual: acessado pelo site “www.zumodrive.com”, onde os componentes da equipe utilizavam o mesmo login (projetocabine@yahoo.com.br) e senha para compartilhamento de arquivos.

- E-mails: troca de informações via correio eletrônico, normalmente buscando o esclarecimento de dúvidas e o monitoramento do status das atividades.

Salienta-se que a frequência da comunicação foi variável, de acordo com a tarefa que estava sendo executada.

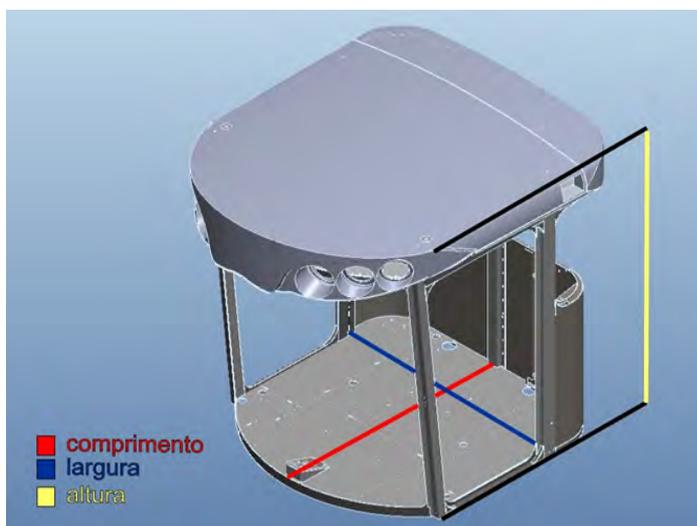
#### 5.1.4 Declaração do escopo do projeto

O projeto teve o seguinte escopo: “Desenvolver, baseado em aspectos de uso, segurança e ergonomia, um novo conceito para a cabine de operação de um pulverizador autopropelido, tendo, como propósito futuro, a substituição da empregada no modelo "X”.

As restrições apresentadas ao projeto, por parte da empresa parceira, foram:

- 1) Posicionamento frontal da cabine com relação à máquina;
- 2) Atendimento de todas as funções embarcadas no posto de operação do pulverizador modelo "X”;
- 3) Permanência do equipamento já disponibilizado para o controle eletrônico da pulverização modelo "A", o qual destina-se ao sistema de agricultura de precisão;
- 4) Com base na representação das referências apresentadas na figura 50, o projeto da cabine teve as seguintes restrições dimensionais:

- Comprimento - 1570 a 1700 mm;
- Largura - 1650 a 1750 mm;
- Altura - máxima de 1800 mm.



**Figura 50** - Perspectiva isométrica representando as referências para as restrições dimensionais do projeto (Fonte: EMPRESA A, 2012)

Diante das restrições apresentadas, verificou-se satisfatória abertura para o desenvolvimento de novos conceitos, tanto para a forma da cabine quanto para os seus componentes, como, por exemplo, os painéis de controle.

### 5.1.5 Estrutura de decomposição do projeto

A estrutura de decomposição refere-se à subdivisão dos resultados principais em componentes menores, até se chegar ao nível de detalhamento das atividades e tarefas. Neste sentido, tal estrutura seguiu o esquema de representação da metodologia proposta na tese (Figura 12).

### 5.1.6 Riscos do projeto

Dentre alguns dos riscos identificados no desenvolvimento do estudo de caso, estão:

- A constatação, na coleta de dados, que os questionários não apresentavam uma linguagem de fácil entendimento aos usuários do produto, bem como falhas na clareza da apresentação dos objetivos da pesquisa, acarretando na supressão da realidade vivenciada pelos mesmos;
- A divergência de prioridades ao longo do processo de transformações das informações entre, o que a equipe de projeto considerava importante e a real necessidade dos usuários do produto;
- Por fim, a identificação de demanda tecnológica incompatível para a viabilização do conceito proposto com a disponibilizada na empresa parceira do projeto e seus fornecedores.

### 5.1.7 Lista de atividades e cronograma de execução

O detalhamento dos principais marcos, juntamente com as datas previstas para a execução do projeto, encontra-se no quadro 11.

Id	2010					2011										2012										
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S
a																										
b																										
c																										
d																										
e																										
f																										
g																										

Legenda das atividades:

a - Planejamento do projeto;

b - Desenvolvimento da fase "Projeto informacional";

c - Elaboração dos procedimentos de coleta de informações;

d - Coleta de informações à campo;

e - Processamento das informações coletadas;

f - Desenvolvimento da fase "Projeto conceitual";

g - Desenvolvimento da ferramenta "Software de Auxílio ao Projeto de Cabine de Máquinas Agrícolas".

**Quadro 11** - Principais marcos e cronograma de execução do projeto

#### 5.1.8 Lista de recursos físicos/custos do projeto

O orçamento do projeto foi dividido quanto ao "Custeio" (Quadro 12) e os itens de "Capital", informando os materiais adquiridos para a análise ergonômica (Quadro 13). O custo total do projeto envolvendo o material de consumo e o de capital relatado, foi de aproximadamente R\$ 12.000,00.

Descrição	Aplicabilidade (justificativa)
Combustível	Deslocamento da equipe de projeto às propriedades rurais, bem como à empresa A (Estimativa de 4000 km)
Alimentação	Despesas com alimentação da equipe de projeto (2 a 4 pessoas) durante as saídas a campo
Hospedagem	Despesas com hospedagem da equipe de projeto (2 a 4 pessoas) durante as saídas a campo
Bolsas de pesquisa	Auxílio financeiro a estudantes

**Quadro 12** - Descrição dos itens relacionados ao custeio do projeto

<b>Material adquirido</b>	<b>Aplicabilidade (justificativa)</b>
Trena Laser, Modelo TR-100, escala 0,05 a 50m, Fabricante: Instrutherm	Medição de distâncias; Precisão e agilidade na mensuração das distâncias dos comandos em relação ao SIP
Dinamômetro Digital Portátil (Reversível), Capacidade 20 kg, Modelo DD-200, C/ estojo para transporte, Fabricante: Instrutherm	Medição de forças (tração e compressão) para acionamento dos comandos presentes no posto de operação
Cabo de Conexão (RS-232), Modelo: CRS-10, Fabricante: Instrutherm	Conexão de aparelhos de medição ao computador para transferência dos dados
Software, Modelo: SW-U801, Fabricante: Instrutherm	Registro de dados, exibição de relatórios e gráficos, entre outros
Cabo Adaptador USB, Modelo: CRS-80, Fabricante: Instrutherm	Utilizado para conectar instrumentos microprocessados com saída RS-232 à entrada USB de um computador
Estojo para Transporte do aparelho (Termo - Hígro - Anemômetro - Luxímetro, Modelo THAL-300), Modelo ES-01, Fabricante: Instrutherm	Transporte do aparelho Termo - Hígro - Anemômetro - Luxímetro, Modelo THAL-300
Dispositivo SIP com pesos	Medição das coordenadas do SIP
Normas	Parâmetros de referência para as avaliações
Barra luminosa	Avaliação do campo de visão do operador
Tripé para câmera (altura ajustável até 1,6 m)	Posicionamento da barra luminosa

**Quadro 13** - Descrição dos itens relacionados ao capital do projeto

### 5.1.9 Registro das lições aprendidas

Abaixo seguem alguns dos apontamentos levantados durante a realização deste estudo de caso:

- A preparação dos membros da equipe de projeto, quanto à coleta de informações com os usuários do produto, contribuiu significativamente para a obtenção de dados relevantes para o sucesso da pesquisa;
- A investigação das “adaptações” realizadas pelos usuários no produto constituíram ricas fontes na proposição de novos princípios de soluções, da precaução com medidas adotadas que não obtiveram sucesso, bem como no registro de necessidades ainda não relatadas pelos usuários;
- A avaliação, por parte dos usuários do produto, das idéias propostas pela equipe de projeto tornou-se muito relevante, visto as diferenças averiguadas na pesquisa, sejam por grau de instrução, necessidades, quebra de paradigmas, aspectos culturais, entre outros.

## 5.2 Fase 2: Projeto Informacional

Esta fase compreendeu a busca e caracterização de informações acerca do problema, de modo a maximizar os sucessos nas tomadas de decisões ao longo do processo de projeção (BACK et al., 2008).

De modo a facilitar a visualização e compreensão, os resultados desta fase, bem como os da fase de projeto conceitual, são expostos e referenciados de acordo com a sequência e nomenclatura das atividades e tarefas apresentadas no esquema da metodologia proposta na tese (Figura 12).

### 5.2.1 Atividade 2.1 - Fatores de influência no projeto de cabines

As investigações dos fatores de influência foram apresentados de acordo com as tarefas, pesquisar informações técnicas de cabines e pesquisar normas para a ergonomia e segurança.

Tarefa 2.1.1 - *Pesquisar informações técnicas*: para a realização desta tarefa, primeiramente, foi desenvolvido um banco de imagens de cabines utilizadas em pulverizadores autopropelidos e outras máquinas disponibilizadas no mercado nacional. Tais dados foram provenientes do registro de imagens de feiras de exposição destinadas à agricultura no período de 2007 a 2011. Este banco contemplou mais de 70 imagens, com aproximadamente 20 modelos de pulverizadores de 11 fabricantes (Apêndice B).

Quanto aos dados técnicos dos pulverizadores, os mesmos foram extraídos da pesquisa "Determinação do coeficiente tecnológico de pulverizadores autopropelidos", em andamento no LASERG. Essas informações, em conjunto com os resultados da busca de patentes relacionadas à cabine, foram disponibilizadas no software desenvolvido.

Tarefa 2.1.2 - *Pesquisar normas para ergonomia e segurança do produto*: nesta tarefa foi realizada a busca e seleção de normas pertinentes ao escopo deste estudo. Resultados que foram trabalhados e apresentados de acordo com a sequência da metodologia proposta.

*Elaborar/selecionar as categorias dos fatores de influência para o projeto*

Foram categorizados onze fatores de influência no projeto de cabines de máquinas agrícolas, sendo: campo de visão, assento, acesso, saída de emergência, estrutura, espaço interno, controles, mostradores, símbolos, segurança e ambiente. Este último subdividido em vibração, ruído, iluminação, partículas suspensas e condições climáticas.

Tendo em vista que grande parte das normas vinculadas ao projeto abrangem características relevantes a mais de um fator de influência, desenvolveu-se um diagrama representando as relações existentes (Figura 51). Tal esquema apresenta ainda informações como, a rastreabilidade, o status e a localização das normas contempladas neste estudo de caso. A relação da descrição das normas encontra-se no (Apêndice C).

Ressalta-se o destaque da categoria "Segurança" em que, de acordo com a metodologia proposta, as informações nela contidas se tornam de observância obrigatória ao longo do processo de projeto.



*Elaborar/selecionar as restrições de segurança relativas aos fatores de influência para o projeto*

Após o estudo das normas foram identificadas e registradas 60 restrições de segurança (Apêndice D), estando estas correlacionadas com as categorias dos fatores de influência (Quadro 14). Ressalta-se que tais características são destinadas às cabines de máquinas agrícolas em geral, não limitadas ao escopo deste estudo de caso, procedimento este realizado na atividade 2.6.

RESTRIÇÃO	FONTE
Fator de influência: <b>Ruído</b>	
Não deve ultrapassar a 85 dB's medidos na posição do ouvido do operador	NR 15
Ensaio de medição do ruído na posição do operador devem ser efetuados de acordo com a ISO 5131	NBR ISO 26322-1 (2011)
Ensaio de medição do ruído quando a máquina estiver em movimento devem ser efetuados de acordo com a ISO 7216	NBR ISO 26322-1 (2011)
Fator de influência: <b>Controles</b>	
Os controles devem ser escolhidos, projetados, construídos e dispostos de tal forma que suas localizações e métodos de operação estejam de acordo com a ISO 15077	NBR ISO 26322-1 (2011)
...	...

**Quadro 14** - Exemplo de restrições de segurança relacionadas aos fatores de influência no projeto de cabine de máquinas agrícolas

*Elaborar/selecionar os requisitos de projeto relativos aos fatores de influência para o projeto*

Ao se analisarem as informações normativas relacionadas aos fatores de influência, foram caracterizados 56 requisitos de projeto, sendo para cada um desses, apresentada a unidade de medida correspondente e a direção desejável para o seu valor. Posteriormente, buscou-se nas normas consultadas parâmetros que auxiliassem na futura atribuição dos valores metas. A estes atribuiu-se a sigla PN (parâmetro normativo) e quando a referência foi proveniente de outras fontes, empregou-se a sigla SPN (sem parâmetro normativo). As informações dos requisitos de projeto foram relacionadas de acordo com categoria do fator de influência que a originou: controles (Quadro 15); mostradores (Quadro 16); assento (Quadro 17); acesso (Quadro 18); símbolos (Quadro 19); estrutura (Quadro 20); emergência (Quadro 21); espaço interno (Quadro 22); campo de visão (Quadro 23); ambiente: vibração e ruído (Quadro 24); e ambiente: iluminação, partículas suspensas e condições climáticas (Quadro 25).

Nº R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
1	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 15077 (1996) - Especifica o posicionamento recomendado (com relação ao SIP) para que os controles se localizem nas zonas de conforto para as mãos e pés.		
2	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 4252 (2011) - Controles que requerem uma força de operação > 150 N e controles do motor, a dimensão mínima é de 50mm; Controles que requerem uma força de 80 a 150N (exceto os controles do motor) a dimensão mínima é de 25mm; Controles que requerem força menor que 80 N, manter espaço adequado. ISO 4254-1 (2008) - Para forças ≥ 100N, deixar espaçamento ≥ 50mm; para forças < 100N deixar espaçamento ≥ 25mm.		
3	Espaço livre entre volante de direção e partes fixas da cabine	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4254-1 (2008) - Folga mínima de 60 (parte inferior) a 80mm(parte superior) com relação a parte externa do volante. ABNT NBR ISO 4252 (2011) - Folga mínima de 50mm (parte inferior).		
4	Posição do volante de direção	mm	x
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4253 (1993) - Distância vertical do volante acima do SIP - Entre 265 a 385mm; Distância horizontal do volante à frente do SIP - Entre 425 a 525mm; Afastamento do eixo longitudinal que passa pelo centro do volante com relação ao eixo longitudinal que passa pelo SIP - ± 50mm.		
5	Ângulo de ajuste do volante de direção	°	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4253 (1993) - Entre 0 e 40° com o plano vertical.		
6	Força de atuação dos controles	N	-
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 15077 (2008) Máxima força: Alavanca frente/atrás = 230N; Alavanca lateral = 100N; Alavanca vertical para cima = 400N; Pedal operação Perna/Pé = 450N; Pedal com rotação do tornozelo = 90N; Operação com dedo/pulso = 20N. Essas forças não se aplicam a sistemas de direção e frenagem. As forças máximas para estes sistemas são especificadas na ISO 10998 e ISO 5697. As forças mínimas para atuação dos controles deverão ser suficientes para evitar o acionamento acidental de uma mão ou do pé que descansa sobre o controle durante as condições previstas de operação.		
7	Cores normatizadas para uso nos controles	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 15077 (2008) ***Vermelho: Função simples de desligar motor (Quando interruptores de chave, chaves de ignição ou aceleradores de mão são usadas para parar motores, a posição de "desligado" ou "parado" deve ser indicada com letras vermelhas e/ou símbolos); ***Laranja: Controle dos movimentos da máquina no solo. Ex: Controles de velocidade do motor, controles de transmissão, freios de estacionamento, freios de emergência independentes (Exceções: - Quando os controles de velocidade e de parada do motor são combinados, estes podem ser vermelhos, - Volantes ou comandos de direção podem ser preto ou qualquer outra cor menos vermelho ou amarelo); ***Amarelo: Controles de funções que envolvem somente o engate de mecanismos (Exemplos: TDP, separadores, plataformas de corte, rolos de alimentação, unidades de colheita, elevadores); ***Preto ou outra cor exceto vermelho, laranja ou amarelo: Todos controles não contemplados pelas cores "Vermelho", "Laranja" ou "Amarelo" (Exemplos: Levantamento ou posicionamento de implementos, ajustes do assento, da coluna de direção, luzes da máquina (tais como faróis, luzes de trabalho ou holofotes, lanternas, piscas e piscas), comandos do condicionador de ar (aquecimento, refrigeração), limpador de pára-brisas, entre outros.		

**Quadro 15** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Controles"

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
8	Características normatizadas para direção do movimento e localização dos controles	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 15077 (2008) Recomenda-se que o controle não seja localizado em superfície que causam ambigüidades com relação ao movimento do controle e o movimento da função; Quando uma seqüência de controles é repetida em mais de um painel, estas deverão ser padronizadas; O desenho do controle e os espaçamentos deverão permitir a operação desobstruída sem o acionamento não intencional de outros controles; A sobreposição dos controles é permitida para controles de operações independentes ou simultâneos; Para alguns tipos de controles a norma apresenta requisitos específicos (tabela 1) os quais devem ser observados; As direções recomendadas para os movimentos dos controles e as respostas esperadas de acordo com os locais de instalação estão ilustradas na pág. 8 e 9.		
9	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Mais utilizados são fixados ao assento do operador com possibilidade de ajustes quanto ao posicionamento.		
10	Precisão no controle da velocidade de deslocamento	km/h	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		
11	Distância dos controles de ajuste dos espelhos retrovisores em relação ao SIP	mm	-
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		
12	Auto-falantes do sistema de som	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		

**Quadro 15** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Controles" (continuação)

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
13	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: lida (2005) - Especifica os ângulos dos cones de visão ótima e máxima.		
14	Características normatizadas dos painéis da cabine	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 15077 (2008) - A norma apresenta os máximos ângulos recomendados para os painéis da cabine.		
15	Alertas de funcionamento operacional	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Indicar falhas, baixo nível de produto no tanque químico, combustível, pressões, entre outros.		
16	Dispositivo de monitoração da máquina	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Número de horas de funcionamento, carga bateria, combustível, entre outros.		

**Quadro 16** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Mostradores"

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
17	Dimensões do assento	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4254-1 (2008) e ISO 4253 (1993) - Largura total do assento (Almofada) $\geq 450\text{mm}$ ; Comprimento total do encosto lombar do assento $\geq 260\text{mm}$ ; Largura total do encosto lombar do assento $\geq 450\text{mm}$ ; Comprimento do assento a frente em relação ao SIP $260\pm 50\text{mm}$ ; Largura total da base de acomodação horizontal do operador considerando a bordadura interna $\geq 300\text{mm}$ .		
18	Inclinações do assento do operador (encosto lombar e nádegas)	°	x
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4254-1 (2008) e ISO 4253 (1993) - Inclinação da base de acomodação horizontal do operador em relação ao plano horizontal $7,5^\circ \pm 4,5^\circ$ ; Inclinação do encosto lombar do assento em relação ao plano vertical $10^\circ \pm 5^\circ$ .		
19	Altura do SIP em relação a plataforma de apoio para os pés	mm	x
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4254-1 (2008) - Entre 500 e 650 mm; ISO 4253 (1993) - Entre 450 e 520mm.		
20	Ajustes do assento	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4253 (1993) - Ajuste longitudinal a partir da posição média - Mínimo $\pm 75\text{mm}$ e Ótimo $\pm 100\text{mm}$ ; Ajuste vertical a partir da posição média - Mínimo $\pm 30\text{mm}$ e Ótimo $\pm 50\text{mm}$ .		
21	Localização da ancoragem do cinto de segurança	mm	x
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 3776-1 (2009) - O sistema do cinto de segurança deve possuir duas ancoragens, estas podem ser fixadas na ancoragem do assento (se o assento não for giratório ou tiver sistema de suspensão) próximo aos cantos traseiros da almofada desde que dentro da área hachurada ilustrada na figura 1 (pág. 2 da referida norma) ou na própria máquina, também respeitando a área hachurada. Posição: A área hachurada compreende uma linha a $10^\circ$ na horizontal e uma linha vertical a $75^\circ$ para trás com relação ao SIP. A distância entre as ancoragens (B1 e B2) devem estar a uma distância horizontal de 175 a 350mm a partir do plano longitudinal de simetria do assento. O ângulo da cinta deve ser o mais próximo de $45^\circ$ em relação ao plano horizontal. A referida norma especifica ainda o furo roscado a ser utilizado.		
22	Resistência do cinto de segurança	N	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 3776-2 (2009) - As ancoragens do cinto de segurança devem ser capazes de resistir a: Carga para frente e para cima (ângulo de $45^\circ \pm 2^\circ$ da horizontal) a uma força de 4450N; Carga para trás e para cima (ângulo de $45^\circ \pm 2^\circ$ da horizontal) a uma força de 2225N. Caso o sistema de ancoragem seja realizado no assento, o suporte do assento deve ser capaz de sustentar esta força mais uma força adicional igual a duas vezes o peso de todos os componentes do assento utilizados, também aplicada a $45^\circ \pm 2^\circ$ da horizontal. A deformação permanente de qualquer componente é aceitável desde que suporte as ações das forças aplicadas e não haja falha no sistema de desengate do cinto de segurança. A força máxima aceitável para abrir a fivela do cinto é de 140N. As características do sistema do cinto de segurança como largura mínima, material, cor, rigidez, alongamento e os procedimentos para teste dos componentes estão especificados na norma ISO 3776-3 (2009).		
23	Dimensões do assento do instrutor	mm	x
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		

**Quadro 17 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Assento"**

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
24	Dimensões do vão das aberturas de acesso	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 4252 (2011) - Largura $\geq$ 470mm e altura $\geq$ 1250mm. Mínima dimensão de acesso 470mm.		
25	Dimensões de degraus de acesso	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: NBR ISO 26322-1 (2011) - Largura dos degraus $\geq$ 250mm; Profundidade dos degraus, apoio para os pés, $\geq$ 50mm; Distância vertical entre degraus $\leq$ 300mm; Distância vertical do último degrau à soleira da plataforma $\leq$ 300mm; Altura do primeiro degrau em relação ao solo $\leq$ 550mm. ISO 4254-1 (2008) idem as anteriores modificando a largura dos degraus $\geq$ 300mm.		
26	Dimensões corrimão de acesso	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4254-1 (2008) - Corrimão fornecido nos dois lados do acesso, Diâmetro da seção transversal entre 25 e 38mm; Distância da extremidade inferior do corrimão em relação ao solo $\leq$ 1500mm; Altura do corrimão em relação ao último degrau de acesso de 850 a 1100mm, com comprimento mínimo de 150mm. A altura do corrimão em relação a plataforma deve ser entre 1000 a 1100mm, Altura entre as proteções (barra intermediária e proteção para os pés) e (barra intermediária e corrimão) devem ser $\leq$ 500mm. A altura de proteção para os pés (considerando a parte inferior) e a plataforma deve ser $\leq$ 50mm. Distância mínima (vão livre) entre o corrimão para as pegadas da mão $>$ 50mm (Exceto pontos de fixação); ABNT NBR ISO 26322-1 (2011) Especifica a distância mínima (vão livre) entre o corrimão para as pegadas da mão $>$ 30mm.		
27	Dimensões da plataforma de acesso	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 4254-1 (2008) - A largura da plataforma de acesso ao assento deve ter no mínimo 300mm.		

**Quadro 18 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Acesso"**

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
28	Símbolos padronizados	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 3767-1 (1998) e ISO 3767-2 (2008) - Apresenta símbolos para controles e mostradores de tratores, máquinas agrícolas e florestais; ISO 11684 (1995) - Símbolos de segurança e de perigo para tratores, máquinas agrícolas e florestais.		

**Quadro 19 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Símbolos"**

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
29	Resistência da EPCC à deformação (Teste dinâmico)	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 3463 (2006) - Deformação Plástica: Impacto frontal, traseiro e lateral - As deformações não devem adentrar na zona livre. Deformação elástica (teste de impacto lateral) máxima de 250mm (plano superior que coincide com a superfície superior limitante da zona livre). O bloco para teste deve possuir 2000 kg e a altura do seu posicionamento é variável de acordo com o teste (frontal, traseiro ou lateral).		
30	Resistência da EPCC (Ensaio estático)	J	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 5700 (2009) - Carga Horizontal - A estrutura deve absorver uma energia de deformação de 1,4 x mt (massa do trator); Carga lateral - A estrutura deve absorver uma energia de deformação de 1,75 x mt (massa do trator); Força de esmagamento (frontal e traseira) ABNT NBR ISO 5700 (2009); ISO 3463 (2006) - 20 x mt (massa do trator) * Unidade em N. Norma destinada a tratores agrícolas e florestais (massa 600 à 6000 kg).		

**Quadro 20 - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Estrutura"**

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
31	Número de saídas de emergência	n°	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 4252(2011) - Mínimo 2 saídas de emergência (devendo estar em diferentes lados ou teto da cabine). Vidros laminados, plásticos ou vidro duplo não são considerados quebráveis. Norma destinada a tratores agrícolas. ISO 4254-1 (2008) - Especifica no mínimo 1 saída diferente do acesso à cabine, devendo esta estar localizada em outra parede (lado) ou teto da cabine.		
32	Dimensões das saídas de emergência	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 4252(2011) - A seção transversal deve conter uma elipse de dimensões mínimas (eixos principais) de 640 e 440mm. Norma destinada a tratores agrícolas. ISO 4254-1 (2008) - Um quadrado com 600mm de lado, uma formato retangular com 470 x 650, ou uma área circular com diâmetro de 650mm. A saída deve ser indicada com um adesivo.		

**Quadro 21** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Saída de Emergência"

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
33	Espaço livre interno	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 4252 (2011) - O espaço interno deve respeitar as mínimas dimensões: Distância de um ponto 90 mm abaixo e $(140 + ah)$ mm atrás do SIP para qualquer parte do teto da cabine, acima, na frente e também na lateral da cabeça do operador = 1050mm; Distância do SIP até a parede traseira da cabine, a uma altura entre 210 mm acima do SIP e o contorno do teto definido pelo raio de 1050mm e pelo raio de curvatura de 150mm = $290 + ah$ ; Espaço lateral em qualquer distância entre 310 mm acima do SIP e o contorno do teto definido pelo raio de 1050mm, perpendicular ao plano de referência vertical, para uma distância de $(310 - ah)$ mm à frente e $(140 + ah)$ mm atrás do SIP = 450mm. ah - é igual a metade do ajuste horizontal do assento.		
34	Porta objetos interno à cabine	n°	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Possibilitar armazenamento de garrafa térmica e manual de instrução.		
35	Capacidade de armazenamento de produtos resfriados	L	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		
36	Largura da cabine	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Restrição de projeto - Dimensão máxima de 1750mm.		
37	Altura da cabine	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Restrição de projeto - Dimensão máxima de 1800mm.		
38	Comprimento da cabine	mm	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Restrição de projeto - Dimensão máxima de 1700mm.		

**Quadro 22** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Espaço Interno"

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
39	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 5006 (2008) - Máximo 300mm para um espaçamento binocular de 405mm. Parâmetro adotado para uma retro-escavadeira.		
40	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F.	mm	-
	<i>Parâmetro:</i> PN: ABNT NBR ISO 5006 (2008) - Máximo para setor A(65: 2-700), B, C, D e E (205: 1-700 e 1-1300) e F(65: 1-1300 e 1-3000). Parâmetro adotado para uma retro-escavadeira.		
41	Dispositivo para visualização externa da máquina	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Possibilitar a visualização da barra de pulverização, parte inferior e pneus dianteiros.		
42	Dispositivo para desembaçar vidros	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		
43	Dispositivo para desembaçar espelhos retrovisores	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		

**Quadro 23** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Campo de Visão"

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
<b>Ambiente: Vibração</b>			
44	Vibração transmitida ao operador	Hz	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: BDASMA - Isolar operador de freqüência de vibrações menores que 30 Hz. NBR 12319 (1992) Especifica o método de avaliação da vibração transmitida ao operador. A ISO 2631 especifica os valores aceitáveis.		
45	Vibração transmitida ao operador pelo assento	SEAT	-
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 5007 (2003) - Fator SEAT - Classe AG1 (massa até 3600kg) < 0,6; Classe AG2 (massa 3600 a 6500kg) < 0,85; Classe AG3 (maior que 6500kg) < 1.		
<b>Ambiente: Ruído</b>			
46	Nível de ruído no interior da cabine	dB	-
	<i>Parâmetro:</i> PN: NR15 - Nível máximo de 85 dB's para uma exposição de 8h. Seguir os procedimentos de medição da norma NBR 9999(1987); ISO 7216 - Ruído emitido quando em movimento; ISO 5131 (1996) - Ruído na posição do operador e/ou ISO 4254-1 (2008) - Apêndice B.		

**Quadro 24** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Ambiente: Vibração e Ruído"

N. R.P	Requisitos dos Projeto	Unid	Dir
<b>Ambiente: Iluminação</b>			
47	Luminosidade no interior da cabine	lux	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: NBR 5413 (1992) Parâmetro adotado - Classe A - tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria e auditórios (200 - 300 - 500) lux.		
48	Faróis externos	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: Observar os requisitos quanto à cor, orientação, posição, visibilidade geométrica, conexões elétricas e outros da norma ISO 16154 (2005).		
49	Iluminação do acesso a cabine	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Recomenda-se no mínimo uma fonte de luz para a plataforma e outra para a escada de acesso.		
50	Dispositivo de proteção contra o reflexo do sol	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: x		
<b>Ambiente: Partículas Suspensas</b>			
51	Pressurização do ar na cabine	Pa	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 14269-2 (1997) Especifica uma pressurização mínima de 50 Pa. ISO 14269-5 - Menciona que a pressurização não deve ultrapassar os 200 Pa. O teste de pressurização deve seguir os procedimentos da norma ISO 14269-5.		
52	Taxa de renovação do ar da cabine	m <sup>3</sup> /h	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 14269-2 (1997) - Especifica uma taxa de renovação mínima de ar filtrado de 43 m <sup>3</sup> /h.		
53	Eficiência do filtro de ar da cabine	%	+
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 14269-4 (1997) Utilizando o pó e procedimentos especificado pela referida norma, o filtro deve obter uma eficiência de 96%. Dentre as características avaliadas no filtro estão a resistência ao fluxo de ar, capacidade de retenção de partículas, a eficiência de remoção de partículas, e as características de vedação.		
<b>Ambiente: Condições Climáticas</b>			
54	Temperatura no interior da cabine	°C	x
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 14269-2 (1997) Especifica que dentro de toda a cabine a variação da temperatura não deve alterar acima de 5°C. O sistema condicionador de ar deve ser testado mediante os procedimentos e condições apresentados na norma ISO 14269-2 (1997), em que deve manter a temperatura dentro da zona de conforto (especificada no gráfico da pág. 6 da referida norma, aproximadamente 24 a 27°C) ou reduzir 11°C quando o ambiente estiver com uma temperatura ≥ 38°C. O sistema de aquecimento do ar deve ser testado mediante os procedimentos e condições apresentados na norma ISO 14269-2 (1997), em que deve manter a temperatura dentro da zona de conforto (especificada no gráfico da pág. 6 da referida norma, aproximadamente 24 a 27°C) ou aumentar 36°C quando o ambiente estiver com uma temperatura ≤ -12 °C. A norma ISO 14269-3 (1997) também deve ser utilizada na avaliação do desempenho do sistema de ar condicionado, aquecimento e ventilação, pois ela determina os procedimentos para medição da energia solar radiante, devendo esta estar entre 950W/m <sup>2</sup> ± 95w/m <sup>2</sup> .		
55	Velocidade de distribuição do ar na cabine	m/s	x
	<i>Parâmetro:</i> PN: ISO 14269-2 (1997) - A velocidade máxima do ar na posição da cabeça do operador, mais especificamente entre os olhos, não deve ultrapassar a uma velocidade de 0,3 m/s. Difusores podem ser empregados. ISO 14269-2 (1997) Especifica que dentro de toda a cabine a variação da temperatura não deve alterar acima de 5°C.		
56	Funções da estação meteorológica	nº	+
	<i>Parâmetro:</i> SPN: Medição temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.		

**Quadro 25** - Requisitos de projeto relacionados ao fator de influência "Ambiente: Iluminação, Partículas Suspensas e Condições Climáticas"

### 5.2.2 Atividade 2.2 - Caracterizar o ambiente operacional da cabine

Tarefa 2.2.1 - *Análise Ergonômica*: Devido ao escopo deste estudo de caso referir-se a proposição de um novo conceito para a cabine de uma máquina já disponível no mercado, "Produto de evolução", a caracterização do ambiente operacional deu-se por meio da realização da análise ergonômica no posto de operação da mesma.

Dentre os procedimentos sugeridos para a avaliação na metodologia proposta, selecionaram-se: A) Registro das informações técnicas da máquina; B) Análise antropométrica dos operadores; C) Forças para o acionamento dos controles; D) Disposição dos controles e mostradores; E) Avaliação das características dimensionais da cabine; F) Nível de ruído; G) Campo de visão do operador; H) Análise da simbologia empregada e; I) Avaliação das conformidades relativas às restrições de segurança.

É relevante ressaltar que tal seleção ocorreu devido a limitação de equipamentos específicos de medição, como, por exemplo, os relacionados a vibração e análise das partículas suspensas, bem como questões operacionais.

Os procedimentos de coleta de dados da máquina avaliada foram realizados em dois locais pertencentes à empresa parceira do projeto, um na área de desenvolvimento de protótipos e, o outro, na pista de teste de campo. Já a análise antropométrica foi efetuada em uma feira de exposição de máquinas agrícolas na cidade de Não-Me-Toque – RS.

#### A) Registro das informações técnicas da máquina

As especificações técnicas da máquina avaliada foram extraídas do catálogo do fabricante (Quadro 26). Dentre as principais características tecnológicas embarcadas no produto estavam a disponibilização de um controlador eletrônico de pulverização, contando com controle de vazão, DGPS, desligamento automático de seções e piloto automático.

Especificações técnicas	
Fabricante	Empresa A
Modelo	X
Peso da máquina (vazia)	8600 kg
Comprimento	8m
Largura (barras fechadas)	3,20 m
Altura	3,95 m
Barras	27 ou 30 m
Abertura do rodado	2,85 a 3,50 m
Distância entre eixos	4,20 m
Vão livre do solo (com carga)	1,65 m
Altura de aplicação	0,7 a 2,2 m

**Quadro 26** - Principais especificações técnicas do pulverizador autopropelido “Modelo X”

Com relação às especificações da cabine, a mesma estava equipada com climatizador de ar com filtros de carvão ativado, que de acordo com o fabricante, oferece uma leve pressurização do ambiente interno. O assento possuía amortecimento pneumático, com cinco níveis de regulagem, ajuste de posicionamento vertical, promovido por um compressor a ar, longitudinal, de inclinação do encosto lombar e do apoio do braço esquerdo. Além destes, o ajuste de inclinação da coluna de direção.

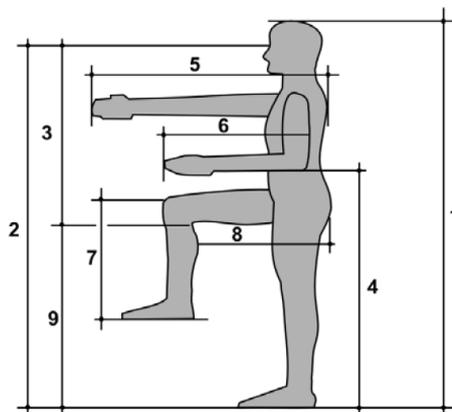
#### B) Análise antropométrica dos operadores

Esta análise objetivou a comparação do perfil antropométrico dos operadores de pulverizadores com os parâmetros dimensionais especificados em normas técnicas.

Para tanto, foram coletados dados antropométricos com 62 pessoas, tendo sido analisados somente os operadores que trabalhavam diretamente com pulverizadores, de arrasto, montado e/ou autopropelido, totalizando uma amostra de 46 participantes. Para a realização de tal procedimento, foi projetado um quadro composto por duas chapas de compensado medindo 1,10 x 2,10 m e interligadas por dobradiças.

Com base nas medidas selecionadas (Figura 52), desenvolveu-se o projeto dos banners contendo um quadro graduado (cm) com desenho indicando a postura a ser adotada (Figura 53a) no momento da coleta. Estes foram posicionados em frente à máquina digital, conforme o esquema ilustrado na figura 53b. Os operadores

foram pesados e fotografados, sendo as imagens posteriormente analisadas com auxílio de computador.

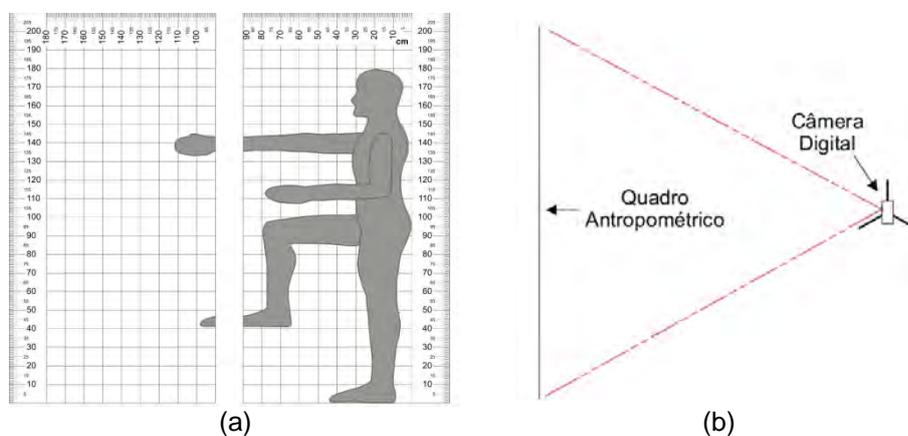


Legenda:

- Altura do corpo
- Altura do nível dos olhos
- Altura ao nível dos olhos sentado
- Altura do cotovelo
- Alcance do braço
- Alcance da mão
- Distância pé-rótula
- Apoio assento
- Altura da coxa

**Figura 52** - Representação das medidas antropométricas coletadas (Fonte: SCHLOSSER et al., 2002)

Procedimento semelhante, utilizando quadro com medidas, foi realizado por Schlosser et al. (2002). Já Barroso et al. (2005), coletaram as medidas de 891 pessoas com o uso de máquina fotográfica digital e stand com marcas conhecidas.



**Figura 53** - Esquema da coleta dos dados antropométricos: (a) Vista dos banners; (b) Posicionamento do quadro e da câmera digital na vista superior

Conforme Mullin e Taylor (2002), o método de coleta indireta de dados, como o uso de fotografia e vídeo, vem sendo cada vez mais empregado por oferecer mais facilidade de uso e conforto à amostra. No entanto, para garantir mais fidedignidade nos resultados, Meunier e Yin (2000) consideram que se devem ter alguns cuidados quanto ao posicionamento e orientação da câmera.

Os dados foram analisados estatisticamente usando os percentis (5, 50 e 95%), de acordo com recomendação de Grandjean (1998) e Kroemer e Grandjean (2005). Tal análise consiste em uma separatriz que divide a distribuição da frequência ordenada em 100 partes iguais, a partir do menor para o maior, em relação a algum tipo de dimensão corporal. Assim, no percentil menor (5%) há possibilidade de 5% de a população estar abaixo do universo pesquisado e, no maior (95%), 5% acima. Além desses cálculos, determinou-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Os dados antropométricos obtidos na amostragem dos 46 operadores de pulverizadores (montado, arrasto e autopropelido) estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1** - Resultado da avaliação antropométrica de operadores de pulverizadores

Medida	Percentis			Média	Desvio Padrão	C.V %
	5%	50%	95%			
Altura do corpo (cm)	168,0	176,0	191,0	177,0	7,5	4,2
Altura ao nível dos olhos em pé (cm)	160,3	168,5	180,0	169,3	7,2	4,2
Altura ao nível dos olhos sentado (cm)	77,0	88,0	97,0	87,9	6,3	7,2
Altura do cotovelo (cm)	102,3	112,0	120,5	111,8	5,4	4,9
Alcance do braço (cm)	84,3	95,5	107,8	96,4	7,9	8,2
Alcance da mão (cm)	49,3	57,0	65,0	56,7	5,2	9,1
Distância pé-rótula (cm)	50,3	60,0	70,0	60,7	6,0	9,9
Apoio do assento (cm)	41,0	48,0	54,5	48,0	4,6	9,5
Altura da coxa (cm)	72,5	83,0	88,0	81,4	5,2	6,4
Massa corporal (kg)	62,6	77,5	104,4	82,6	19,6	23,7

Os resultados demonstraram que a média da altura do corpo (177cm), ficou em um valor intermediário entre os operadores dos EUA (THOMAS et al., 2001), com estatura média de 179 cm, e os analisados por Schlosser et al. (2002), com 173,9 cm. Posteriormente, com base na geometria disponibilizada para a construção do dispositivo de medição do SIP (NBR ISO 5353, 1999) e dos dados antropométricos coletados, determinou-se as zonas de alcance do braço e da mão dos operadores avaliados para os percentis de 5% (Tabela 2) e 95% (Tabela 3).

**Tabela 2** - Relações para comparação dos dados antropométricos com as normas para percentil de 5%

Região avaliada	Vista superior		Vista lateral	
	Eixo x	Eixo y	Eixo x	Eixo z
Zona de alcance	Alcance do braço (843) – 130 (SIP*) = 713	0	---	---
Zona de conforto	Alcance da mão (493)	0	Alcance da mão (493)	Altura do cotovelo (1023) – Altura da coxa (725) - 97 (SIP*) = 201

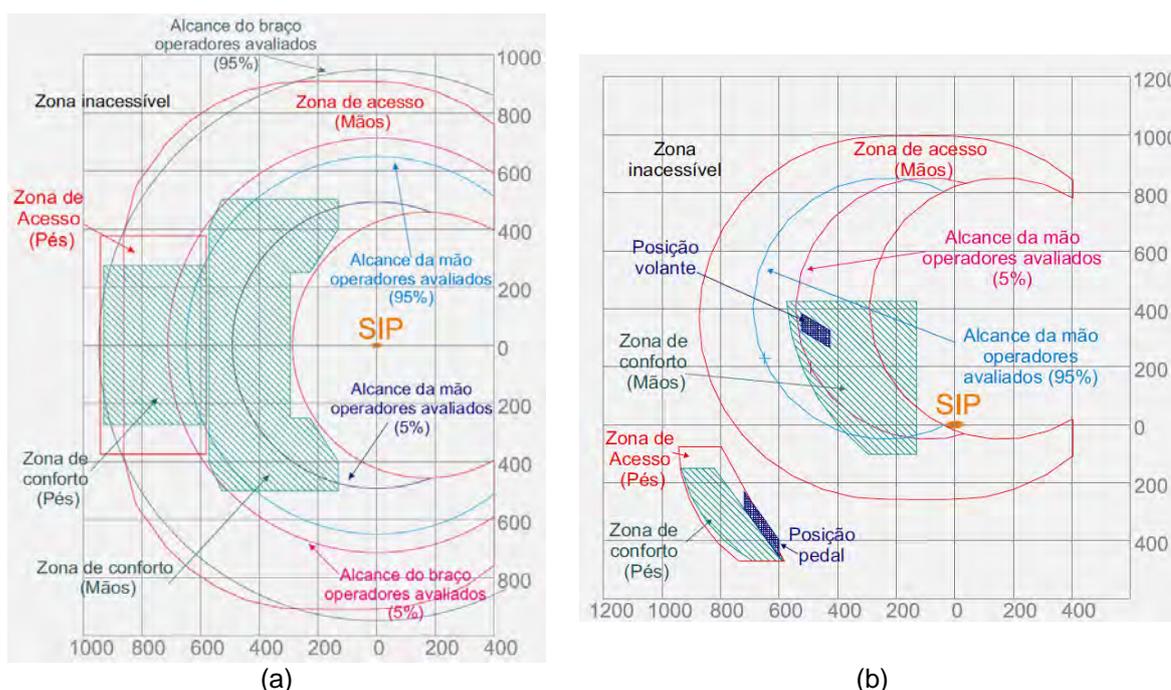
\* Valores obtidos do detalhamento do dispositivo SIP (NBR ISO 5353, 1999); Unid. mm

Tal procedimento permitiu a sobreposição do alcance do braço e da mão dos operadores para os dois percentis, 5% e 95% (Figura 54) sobre as zonas de conforto e alcance preconizadas pela ISO 15077 (1996), como também para a área destinada ao posicionamento do volante (NBR ISO 4253, 1993). Verificou-se satisfatória compatibilidade entre os operadores analisados e as áreas avaliadas.

**Tabela 3** - Relações para comparação dos dados antropométricos com as normas para percentil de 95%

Região avaliada	Vista superior		Vista lateral	
	Eixo x	Eixo y	Eixo x	Eixo z
Zona de alcance	Alcance do braço (1078) – 130 (SIP*) = 948	0	---	---
Zona de conforto	Alcance da mão (650)	0	Alcance da mão (650)	Altura do cotovelo (1205) – Altura da coxa (880) - 97 (SIP*) = 228

\* Valores obtidos do detalhamento do dispositivo SIP (NBR ISO 5353, 1999); Unid. mm



**Figura 54** - Sobreposição de dimensões antropométricas coletadas com as regiões especificadas pelas normas (NBR ISO 4253, 1993; ISO 15077, 1996): (a) Vista superior; (b) Vista lateral

### C) Forças necessárias para o acionamento dos controles

Primeiramente, foram identificados e caracterizados os controles presentes na cabine de acordo com o tipo empregado, como, por exemplo, em botão de pressão, alavanca, interruptor de alavanca, entre outros. Após, com o uso de um

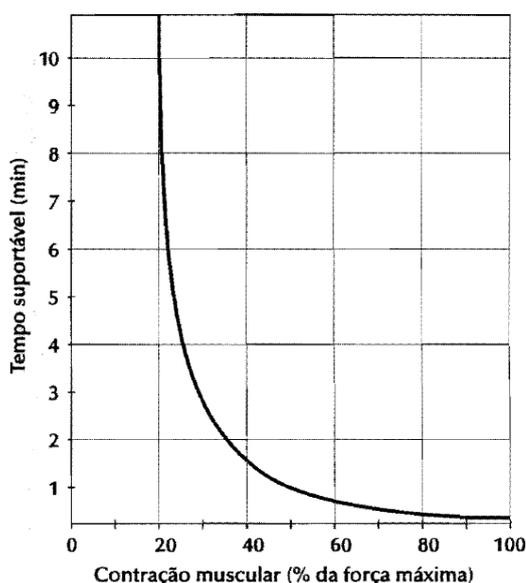
dinamômetro digital portátil, com capacidade de até 20 kg (modelo DD – 200), efetuaram-se as medições das forças necessárias para os acionamentos, com três repetições.

Segundo Lida (2005), as exigências de forças e torques empregados no posto de operação devem ser adaptadas às capacidades do operador em condições reais. Para isso, a força deve ser medida na posição exata em que o comando estiver situado, na postura corporal exigida e com o tipo de deslocamento a ser efetuado. Nesse contexto, tais recomendações foram seguidas no procedimento de coleta.

O referido autor (IIDA, 2005) também recomenda que a resistência do comando ao movimento deve estar dentro de uma faixa na qual o operador mais fraco (valor máximo) consiga movimentá-lo, no entanto, dotados de um certo atrito ou inércia (valor mínimo), a fim de evitar acionamentos acidentais.

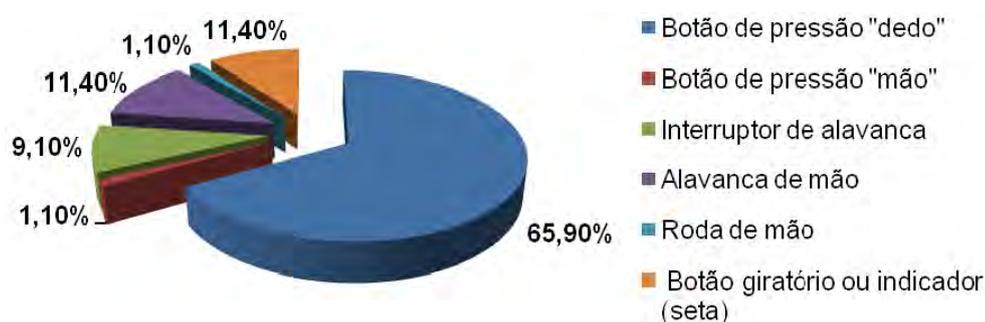
Os valores mensurados foram confrontados com os parâmetros estabelecidos na norma “ISO 15077 (2008) - *Tractors and self-propelled machinery for agriculture - Operator controls - Actuating forces, displacement, location and method of operation*”, bem como com os mencionados por Grandjean (1998).

Considerando que os movimentos humanos são resultantes de contrações musculares e as forças provenientes destes dependem da quantidade de fibras musculares contraídas, podendo apenas 2/3 dessas serem contraídas por vez, Kroemer (1999 apud IIDA, 2005) apresenta uma relação entre a percentagem da utilização da força máxima e o tempo suportável (Figura 55).



**Figura 55** - Relação entre o grau de contração muscular e o tempo suportável (Fonte: KROEMER, 1999 apud IIDA, 2005)

Observando-se que a força máxima é variável de acordo com o tipo de controle, caracterizaram-se os oitenta e oito controles da cabine (Apêndice E) em seis tipos, dos quais, os mais empregados foram o botão de pressão com manipulação para um dedo (65,90%), a alavanca de mão (11,40%) e o botão giratório (11,40%). O gráfico com as porcentagens dos controles pode ser visualizado na figura 56.



**Figura 56** - Tipos de controles empregados na cabine do pulverizador autopropelido avaliado

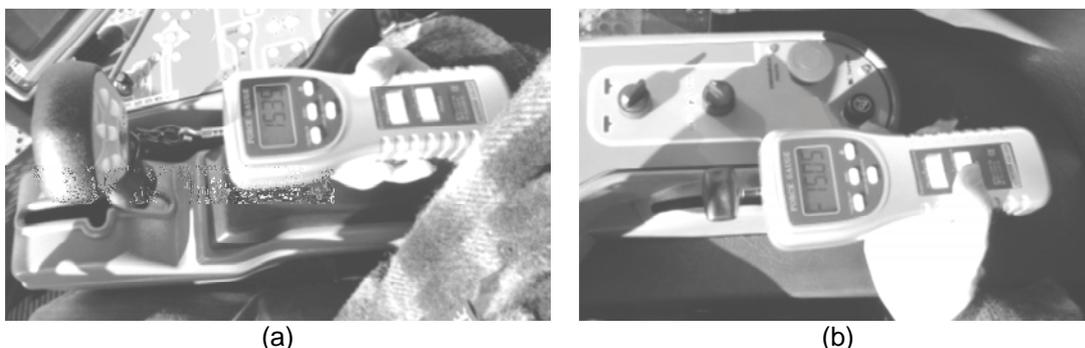
É importante salientar que, do total de oitenta e oito controles, não foram mensuradas as forças dos destinados aos ajustes do assento, da coluna de direção, do posicionamento das telas e do painel, visto que se tratam de ajustes esporádicos, normalmente efetuados antes da operação da máquina. Os botões giratórios não foram analisados devido à dificuldade do posicionamento do equipamento de medição, em conjunto com a imprecisão dos valores coletados.

Ao total, realizou-se a medição das forças (Figura 57) de setenta e três controles, com três repetições, resultando em mais de duzentos dados. Ressalta-se que, para determinados comandos, como, por exemplo, o manche, as forças foram correlacionadas com o sentido de deslocamento.

Como os controles do tipo botão de pressão e interruptor de alavanca não são acionados continuamente por tempo superior a um minuto, tal aspecto permitiu a comparação, considerando 100% do valor máximo preconizado pela ISO 15077 (2008). Esses resultados, juntamente com os dos controles do tipo alavanca de mão e roda de mão, encontram-se no quadro 27.

Com relação aos botões de pressão (dedo), constatou-se que 95% destes se enquadraram dentro dos valores recomendados por Grandjean (1998), sendo que

somente o botão destinado à iluminação interna da cabine apresentou medida superior ao máximo recomendado pela norma ISO 15077 (2008). Os botões do tipo interruptor de alavanca mostraram-se com resistência inferior a especificada por Grandjean (1998).



**Figura 57** - Medição de forças para o acionamento de controles: (a) Deslocamento da máquina; (b) Aceleração

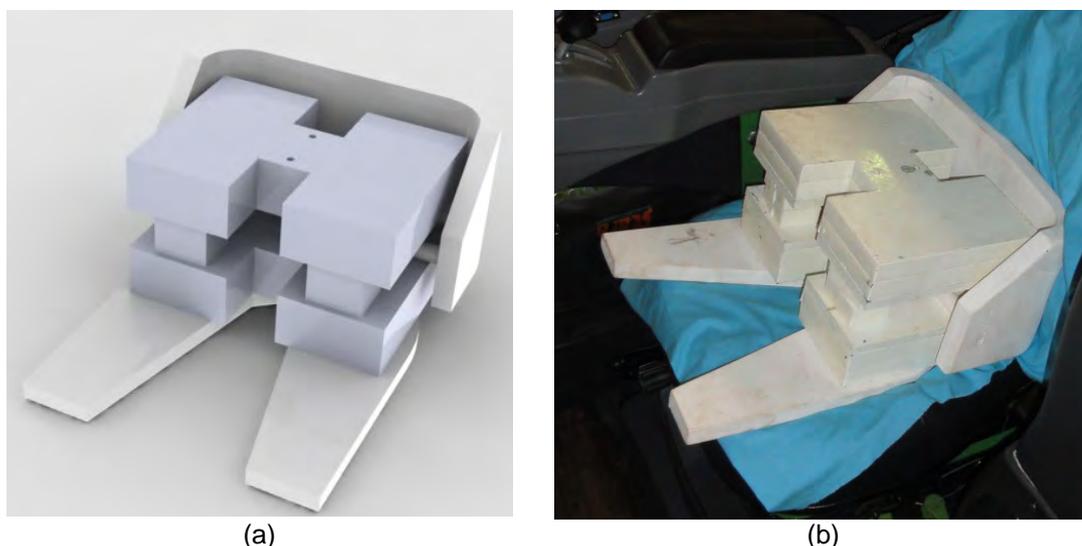
Controle	Forças (N)					Grandjean (1998)	ISO 15077 (2008)
	Controle (Qtd)	Média	DP	CV			
Botão pressão "dedo"	Painéis (54)	3,93	1,43	0,36	Rec: 2,5 – 5,0	Máx: 20	
	Iluminação interna (1)	30,15	3,38	0,11			
	Buzina (1)	10,42	0,78	0,08			
	Pisca alerta (1)	11,90	1,90	0,16			
Interruptor de alavanca	Painéis (8)	1,33	0,47	0,35	Rec: 2,5 – 15,0 Máx: 10		
Alavanca de mão	Acelerador (1)	44,53	4,44	0,10	Frente/ trás (Máx: 130); Lados (Máx: 90)	Máx: 230	
	Manche (1)	Frente	24,93	0,67			0,03
		Trás	11,25	0,38		0,03	
	Multifunções (5)	8,55	2,99	0,35		Máx: 400	
Roda de mão	Volante (1)	13,25	1,79	0,14	Máx: 250	---	

**Quadro 27** - Avaliação das forças empregadas e parâmetros de referência para o acionamento dos controles

Como pode ser visualizado na figura 55, ao considerar a utilização do manche com o posicionamento direcionado para a frente por tempo superior a dez minutos, situação frequente no uso da máquina, o valor para a força máxima de 130 N (GRANDJEAN, 1998) é reduzido a 26 N (20% do total), ficando próximo ao mensurado.

#### D) Disposição dos controles e mostradores

Como passo inicial para a avaliação da disposição dos controles e mostradores, foi construído em madeira o dispositivo para a determinação do ponto de indexação do assento “SIP” (NBR NM-ISO 5353, 1999), bem como peças metálicas, com a finalidade de representar um operador de 75 kg (Figura 58). Tais peças foram dimensionadas para que o centro da força vertical atuasse sobre o local especificado pela norma. O modo como foi efetuado e os resultados de tal procedimento são apresentados separadamente em controles e em mostradores.



**Figura 58** - Dispositivo SIP: (a) Projeto; (b) SIP em utilização

#### *Controles*

Para a distribuição espacial dos controles, primeiramente, foi determinado um ponto fixo na cabine que serviu de referência, centro das coordenadas x, y e z, para todas as medições realizadas. Esse ponto (Figura 59) situou-se no plano longitudinal central da coluna de direção, fazendo intersecção com o piso da cabine.

A partir de tal coordenada, mensurou-se um dos pontos de fixação do assento, a determinação do SIP (NBR NM-ISO 5353, 1999) e o posicionamento dos controles. As medidas foram coletadas com auxílio de trena a laser (modelo TR-100), esquadro, régua, fita métrica, paquímetro e nível.

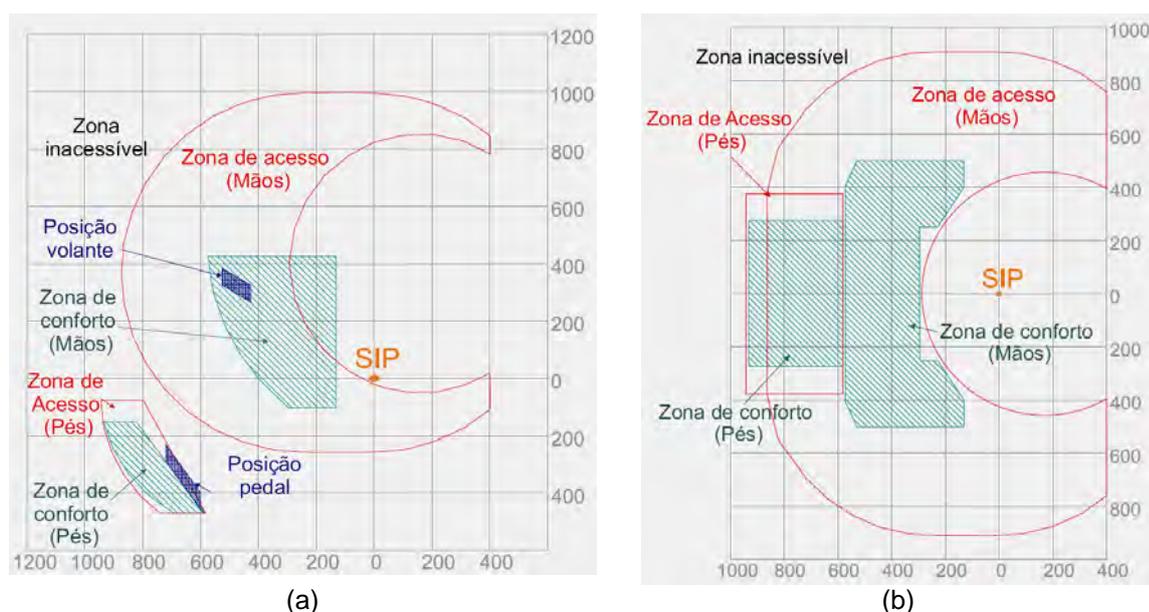
Embora a norma (NBR NM-ISO 5353, 1999) preconize que, para tal procedimento, o assento seja colocado na sua posição central, este estudo também

utilizou as posições de regulação longitudinal extrema (banco recuado e afastado) em relação à coluna de direção. Os controles passíveis de deslocamento foram colocados nas suas posições médias (ISO 15077, 1996).



**Figura 59** - Ponto de origem das coordenadas (x, y e z)

As normas utilizadas para a análise dos dados foram as mesmas averiguadas na avaliação antropométrica. A ISO 15077 (1996; 2008) especificando as regiões de alcance do operador sentado, considerando as zonas de conforto, de acesso e as inacessíveis, tanto para os pés, como para as mãos, e a ISO 4253 (1993), adotada somente para análise da disposição do volante, visto a ausência de pedais na cabine (Figura 60).



**Figura 60** - Posicionamento do volante e zonas de conforto, de acesso e inacessível para as mãos e pés: (a) Vista lateral; (b) Vista superior (Fonte: ISO 15077, 1996 e ISO 4253, 1993)

As coordenadas (x, y e z) dos SIP's para as três posições do assento, como também às dos controles e as zonas ilustradas nas normas citadas, foram inseridas no software de desenho AutoCad 2009®. Neste, por meio do uso de layers (camadas), foi possível realizar sobreposições dos posicionamentos assumidos pelos controles com as regiões especificadas pelas normas.

Para a análise quantitativa, utilizaram-se os conceitos adotados por Fontana (2005) e Brito (2007), correlacionando os controles com as regiões (conforto, acesso e inacessível) de acordo com o plano (superior e lateral) avaliado (Quadro 28) e posicionamento do assento.

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
Ótimo	Comando situado na zona de conforto nos dois planos
Muito bom	Comando situado na zona de conforto em um plano e de acesso (máximo) em outro
Bom	Comando situado na zona de acesso (máximo) nos dois planos
Regular	Comando situado na zona de acesso (máximo) em um plano e na zona inacessível no outro
Ruim	Comando situado na zona inacessível nos dois planos

**Quadro 28** - Conceitos utilizados na avaliação espacial dos controles em "2D"

De modo a buscar uma avaliação mais apurada, considerando os dois planos simultaneamente, denominada de "avaliação 3D", as coordenadas dos controles foram inseridas no software SolidWorks 2010®, e por meio da sobreposição da ferramenta virtual - FV2, foi realizada a análise da distribuição, considerando os critérios apresentados no quadro 29. Salienta-se que tal procedimento foi efetuado para os três afastamentos do SIP.

<b>Conceito</b>	<b>Descrição</b>
Ótimo	Comando situado na zona de conforto
Máximo	Comando situado na zona de acesso (máximo)
Fora	Comando situado na zona inacessível

**Quadro 29** - Conceitos utilizados na avaliação espacial dos controles em "3D"

A avaliação e a apresentação da distribuição espacial dos oitenta e nove controles (Apêndice E e F), sendo oitenta e oito os já caracterizados para o estudo da força, somados ao comando de partida do motor da máquina, foi dividida em dois grupos, um, com nove controles destinados aos ajustes, e outro, com oitenta para as demais funções. Salienta-se ainda que a referida análise foi realizada bidimensionalmente (Tabela 4 e Tabela 6) e tridimensionalmente (Tabela 5).

**Tabela 4** - Avaliação da distribuição dos oitenta controles em “2D”

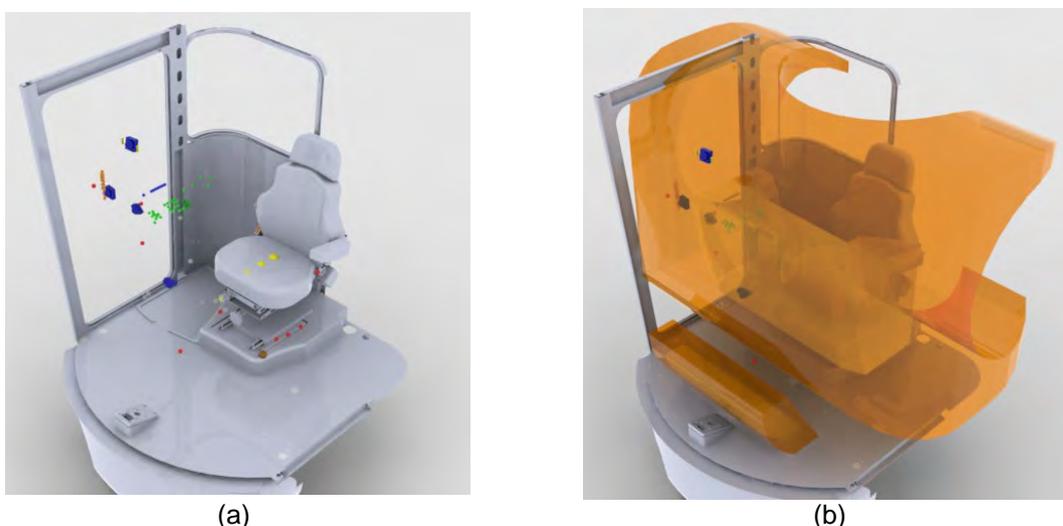
Conceito	Posição do assento em relação à coluna de direção		
	Recuado	Central	Afastado
Ótimo	23 (28,8%)	18 (22,5%)	21 (26,3%)
Muito bom	12 (15,0%)	20 (25,0%)	19 (23,8%)
Bom	10 (12,5%)	19 (23,8%)	28 (35,0%)
Regular	34 (42,5%)	22 (27,5%)	12 (15,0%)
Ruim	1 (1,3%)	1 (1,3%)	---
Total		80 (100%)	

Verificou-se que os comandos localizados no manche, utilizados com maior frequência durante a jornada de trabalho, receberam conceito ótimo, o que devido à sua fixação no assento se manteve para os três posicionamentos avaliados.

Tanto para a posição central, quanto para a recuada, a maior percentagem dos controles, 27,5% e 42,5% respectivamente, situaram-se na região de máximo alcance em um plano e fora no outro (ISO 15077, 1996). Para o posicionamento afastado, a maioria dos controles foram classificados como “bom”, ou seja, estando na região de máximo alcance para os planos avaliados.

Com a coluna de direção e o assento regulados na posição média, inclinação e afastamento respectivamente, o centro do volante localizou-se na região preconizada pela ISO 4252 (1993).

Ao analisar a distribuição espacial dos controles no ambiente tridimensional (Figura 61), pode-se verificar que 40%, para a posição central do assento, e 47,5%, para o posicionamento recuado, dos controles estavam fora da zona de alcance máximo para as mãos (Tabela 5).



**Figura 61** - Emprego da ferramenta virtual FV2 na avaliação da distribuição espacial dos controles em 3D: (a) Controles distribuídos na cabine; (b) Sobreposição da ferramenta - FV2 durante a análise

Neste sentido, Schlosser et al. (2002) salientam a importância do alcance dos controles pelo operador, estando este com uma postura corporal correta. Conforme Rozin et al. (2010), o posicionamento deficiente dos comandos de operação pode estar vinculado às causas de acidentes com tratores agrícolas.

**Tabela 5** - Avaliação da distribuição dos oitenta controles em “3D”

Conceito	Posição do assento em relação à coluna de direção		
	Recuado	Central	Afastado
Ótimo	23 (28,8%)	18 (22,5%)	21 (26,3%)
Máximo	19 (23,8%)	30 (37,5%)	34 (42,5%)
Fora	38 (47,5%)	32 (40,0%)	25 (31,3%)
Total		80 (100%)	

Corroborando, Rinaldi et al. (2008) mencionam que a facilidade em acessar os comandos do posto de operação diminui o esforço físico do operador e aumenta a possibilidade do rápido acionamento de dispositivo em situações de emergência.

Dos nove controles empregados na realização de ajustes, cinco são destinados ao assento, com regulagem longitudinal, vertical (altura), inclinação, suspensão e limite de inclinação do apoio do braço esquerdo. Os demais ajustes são para o posicionamento da coluna de direção, duas telas e um painel de controles (seções da barra de pulverização). Pode-se averiguar que para estes dispositivos, nas três disposições do assento, as maiores porcentagens foram atribuídas ao conceito regular (Tabela 6).

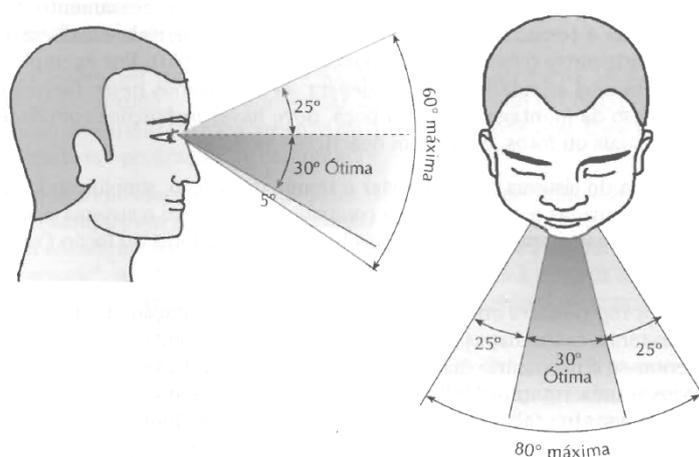
**Tabela 6** - Avaliação da distribuição dos nove controles de ajustes em “2D”

Conceito	Posição do assento em relação à coluna de direção		
	Recuado	Central	Afastado
Ótimo	1 (11,1%)	1 (11,1%)	1 (11,1%)
Muito bom	1 (11,1%)	---	3 (33,3%)
Bom	2 (22,2%)	3 (33,3%)	1 (11,1%)
Regular	3 (33,3%)	4 (44,4%)	3 (33,3%)
Ruim	2 (22,2%)	1 (11,1 %)	1 (11,1%)
Total		9 (100%)	

Com relação à análise tridimensional, não houveram alterações nos resultados quanto à disposição do assento, estando um controle na zona de conforto (11,1% - ótimo), três na zona de acesso (33,3% - máximo) e cinco (55,6% - fora) fora da zona de alcance especificada pela ISO 15077 (1996).

## Mostradores

Identificaram-se os mostradores presentes na cabine e suas respectivas funções e coordenadas. Estas últimas, juntamente com as áreas de visão ótima e máxima ilustrados na figura 62 (IIDA, 2005), foram inseridas no AutoCad 2009®, possibilitando a análise de seus posicionamentos.



**Figura 62** - Áreas de visão ótima e máxima (Fonte: IIDA, 2005)

Para a localização da origem dos cones de visão, utilizou-se a medida vertical de 680 mm e horizontal de 20 mm, respectivamente acima e a frente do SIP, de acordo com a NBR ISO 5006 (ABNT, 2008).

De modo similar aos conceitos empregados nos controles, os critérios destinados à avaliação 2D do campo visual dos mostradores, correlacionaram a localização dos mesmos de acordo com as regiões (ótima, máxima e externa) dos cones de visão, nos planos superior e lateral (Quadro 30).

Conceito	Descrição
Ótimo	Comando situado na região de ótima visão nos dois planos
Muito bom	Comando situado na região de ótima em um plano e de máxima em outro
Bom	Comando situado na região de máxima nos dois planos
Regular	Comando situado na região de máxima em um plano e de fora no outro
Ruim	Comando situado em região externa aos dois planos

**Quadro 30** - Conceitos utilizados na avaliação espacial “2D” dos mostradores

Para a avaliação da disposição dos mostradores em 3D, fez-se o uso da ferramenta virtual - FV1 e dos conceitos apresentados no quadro 31.

Conceito	Descrição
Ótimo	Comando situado na região de visão ótima (sem movimento dos olhos)
Máximo	Comando situado na região de visão máxima (com movimento dos olhos)
Fora	Comando situado fora da região de visão (sem o movimento da cabeça)

**Quadro 31** - Conceitos utilizados na avaliação espacial “3D” dos mostradores

Identificaram-se quatro mostradores específicos, dos quais três são telas de monitoramento usadas para a visualização das condições da máquina (painel de comando), do sistema de controle da pulverização e do condicionador de ar. O outro exibe indicação do sistema de iluminação (piscas, acionamento dos faróis, luz alta e baixa).

Ao avaliar os mostradores, quanto ao seu posicionamento em relação às coordenadas x-y e y-z (Apêndice E e G), e enquadrá-los nos conceitos definidos na metodologia, constatou-se uma situação ainda não contemplada, em que o mostrador situava-se na zona ótima de visão em um plano e fora do alcance máximo dos olhos (sem movimento do pescoço) em outro. Neste caso foi atribuído conceito regular a tais dispositivos.

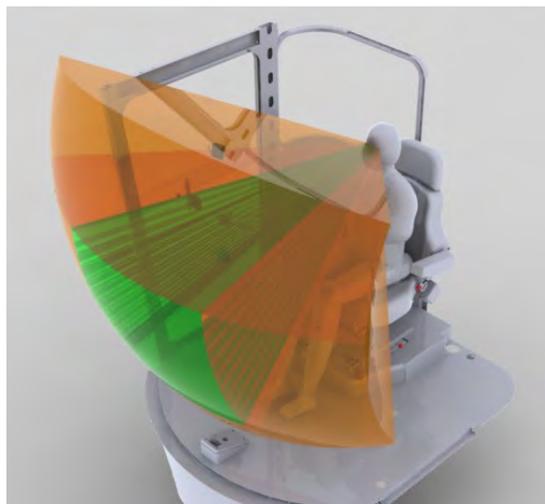
Destaca-se que um dos principais mostradores (painel de comando) ficou fora da área máxima de visão nos dois planos avaliados e em todas as posições do assento, o que requer do operador o movimento da cabeça para a sua visualização (IIDA, 2005), ou seja, maior esforço.

De modo geral, considerando-se os resultados obtidos na avaliação 2D (Tabela 7), averiguou-se uma melhoria de conceito a medida do afastamento do assento em relação à coluna de direção.

**Tabela 7** - Avaliação da localização dos mostradores no campo visual em “2D”

Conceito	Posição do assento em relação à coluna de direção		
	Recuado	Central	Afastado
Ótimo	---	---	---
Muito bom	1 (25,0%)	2 (50,0%)	3 (75,0%)
Bom	---	---	---
Regular	2 (50,0%)	1 (25,0%)	---
Ruim	1 (25,0%)	1 (25,0%)	1 (25,0%)
Total		4 (100%)	

Similarmente ao apresentado na análise bidimensional, os resultados da 3D (Figura 63) também revelaram que nenhum dos mostradores situou-se na área ótima de visão (Tabela 8).



**Figura 63** - Emprego da ferramenta virtual FV1 para avaliação da disposição dos mostradores em 3D

Ressalta-se a importância destas observações no dimensionamento, pois os mostradores posicionados na área de ótima de visão podem ser visualizados continuamente, praticamente sem nenhum movimento dos olhos (IIDA, 2005).

**Tabela 8** - Avaliação da localização dos mostradores no campo visual em “3D”

Conceito	Posição do assento em relação a coluna de direção		
	Recuado	Central	Afastado
Ótimo	---	---	---
Máximo	1 (25,0%)	2 (50,0%)	3 (75,0%)
Fora	3 (75,0%)	2 (50,0%)	1 (25,0%)
Total		4(100%)	

Por fim, outro aspecto a ser considerado é quanto à presença de obstáculos na visualização dos mostradores, como ocorre no dispositivo empregado para a indicação da iluminação da máquina, na coluna de direção do pulverizador.

#### E) Avaliação das características dimensionais da cabine

Neste estudo se buscou confrontar uma série de características dimensionais de componentes presentes na cabine até o seu próprio dimensionamento. Tendo em vista a ausência de normas específicas voltadas ao produto em escopo “pulverizadores autopropelidos”, adotaram-se as diretrizes preconizadas para o posto de operação de tratores agrícolas. O quadro 32 apresenta os aspectos avaliados e as normas de referência.

Itens avaliados	Parâmetros normativos
Espaço interno	ISO 4252: 2007
Saída de emergência	
Assento	ISO 4253: 1993
Acesso	NBR ISO 4254-1: 1999; ISO 4252: 2007

**Quadro 32** - Itens contemplados e parâmetros normativos na análise das dimensões

De modo similar a coleta das medidas realizadas no procedimento anterior (D) fez-se o uso de trena a laser (modelo TR-100), trena, régua, fita métrica e nível.

Os resultados apurados na avaliação das características dimensionais da cabine e partes que a compõem foram apresentados separadamente quanto aos itens contemplados: espaço interno, saída de emergência, assento e acesso.

*Espaço interno*

As diretrizes utilizadas para a comparação das dimensões do espaço no interior da cabine foram as destinadas a tratores agrícolas, ressaltando o emprego de somente um assento. Desta forma, embora a máquina avaliada possua uma acomodação extra retrátil, esta característica foi desconsiderada na análise.

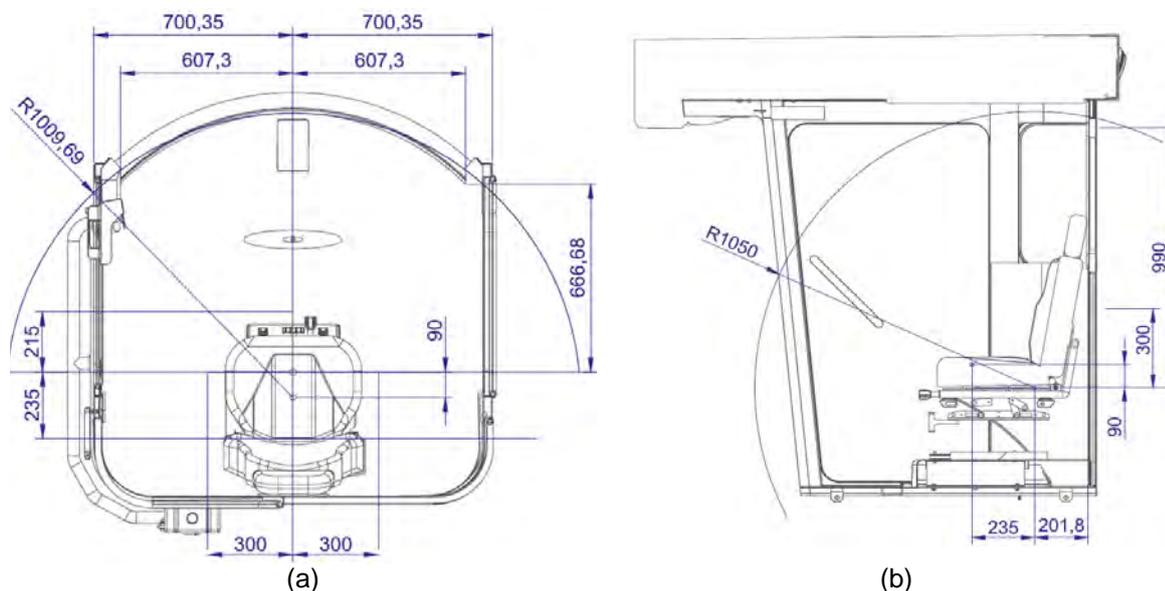
Conforme pode ser verificado no quadro 33 e visualizado na figura 64, a análise realizada revelou que, por uma pequena diferença de 40,31 mm, o item A não atendeu as especificações da norma.

Id.	Descrição das referências “distâncias” utilizadas para determinação do espaço interno	Dimensão mínima (mm)	Conforme ISO4252
A	Distância mínima para qualquer parte da superfície do teto da cabine, acima e para frente, de um ponto situado a 90 mm abaixo (vista superior) e $(140 + ah)^*$ mm atrás do SIP (vista lateral) <sup>a</sup>	1050	Não
B	Distância mínima do SIP para a parede traseira da cabine, a uma altura de 210 mm acima do SIP até o contorno do telhado (pelo raio de 1050 mm) e raio mínimo de 150 mm no encontro da parede traseira com o teto	$290 + ah^*$	Sim
C	Distância mínima para espaço livre lateral a partir de qualquer distância entre 310 mm acima do SIP (vista superior) e $(310 - ah)^*$ mm para a frente e $(140 + ah)^*$ para trás do SIP (vista lateral)	450	Sim
D	Distância mínima do contorno externo do aro do volante para a superfície da cabine ou outros controles de mão <sup>b</sup>	80	Sim

ah - Igual a metade do ajuste horizontal do assento; a - Materiais macios, tais como o estofamento, podem ultrapassar o espaço livre referenciado em até 50 mm; b - Excluindo comandos manuais montados na coluna de direção; \* Valores verificados para a análise da cabine em estudo:  $(ah= 95 \text{ mm})$ ,  $(140 + ah= 235)$ ,  $(290 + ah= 385)$ ,  $(310 + ah= 215)$ .

**Quadro 33** - Análise da cabine com relação às dimensões mínimas para o espaço interno (Fonte: Adaptado da ISO 4252, 2007)

Embora haja proximidade dos valores, deve ser ressaltado que os referidos na ISO 4252 (2007) referem-se as dimensões mínimas necessárias.



**Figura 64** - Avaliação do espaço interno com as diretrizes da ISO 4252 (2007): (a) Vista superior; (b) Vista lateral; Unidades (mm)

De acordo com as medidas obtidas, o controle mais próximo à parede lateral da cabine estava posicionado a uma distância de 81 mm, ou seja, dentro dos parâmetros normativos, independente da força necessária para o seu acionamento (Quadro 34).

Controle / tipo de controle	Dimensão <sup>a</sup> (mm)	Conforme ISO 4252
Controles que exigem uma força operacional > 150 N e controles do motor	50	Sim
Controles que exigem uma força operacional de 80 N a 150 N (exceto os do motor)	25	Sim
Para controles que exigem uma força inferior a 80 N, devem ser mantidos espaços adequados para a manipulação.		
a - As distâncias mínimas especificadas neste quadro, referem-se ao espaçamento entre os controles de mão e os limites da cabine "paredes", e devem ser válidas para todas as posições do controle.		

**Quadro 34** - Avaliação das dimensões de folga para os controles de mão (Adaptado da ISO 4252, 2007)

### *Saída de emergência*

Refere-se, de acordo com a ISO 4252 (2007), aos possíveis meios de saída que podem ser abertos a partir do interior da cabine. Entre as especificações,

recomenda-se a presença de no mínimo duas saídas de emergência situadas em diferentes lados da cabine, podendo também ser considerado a frente, a traseira e o teto.

Esta norma também especifica que as janelas podem ser consideradas como saída de emergência, desde que atendam aos tamanhos mínimos, sejam de material quebrável, como também que a cabine seja provida de ferramenta destinada para tal operação. As menores dimensões da seção transversal para a saída de emergência devem envolver uma elipse, tendo como eixos principais 640 e 440 mm.

Ao confrontar os critérios da norma com a análise da cabine, constatou-se que a mesma não possuía saída de emergência, pois o vidro empregado era do tipo laminado, o qual não é considerado como frágil. Também foi apurada a ausência de um dispositivo para a quebra do mesmo.

#### *Assento*

Por meio das medições previamente realizadas para a distribuição espacial dos controles e mostradores, foi possível confrontar os ajustes disponibilizados para o assento com os valores indicados pela norma ISO 4253 (1999). Tal análise mostrou uma boa configuração para o ajuste longitudinal, no entanto, podendo ser melhorada quanto ao curso da regulagem vertical (Quadro 35).

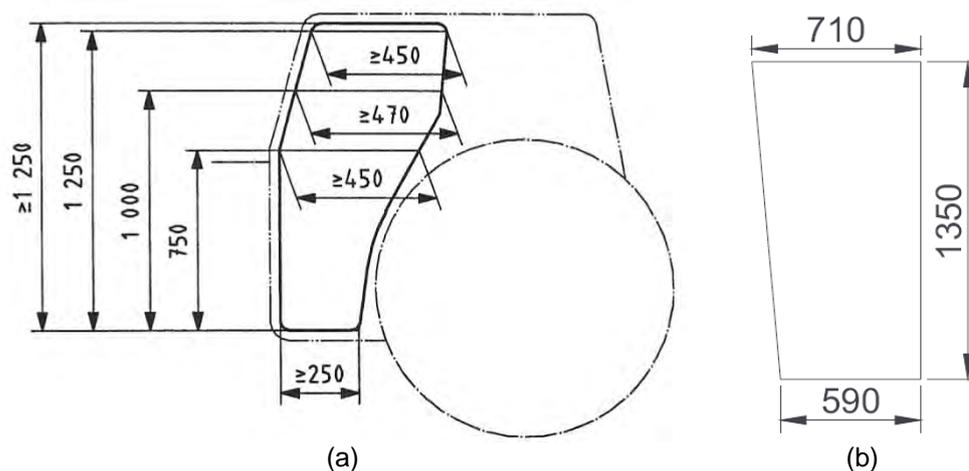
Ajustes do assento	Variação (mm)		
	ISO 4253 (1999)		Mensurada
	Mínima	Ótima	
Longitudinal (frente/trás a partir da posição média)	± 75	± 100	95
Vertical (acima/abaixo a partir da posição média)	± 30	± 50	30

**Quadro 35** - Ajustes do assento em relação à ISO 4253 (1999)

#### *Acesso*

Verificou-se que a porta do posto de operação (Figura 65) apresentou dimensões superiores às mínimas exigidas pela ISO 4252 (2007). A menor medida para o acesso, considerando os componentes da máquina como um todo, foi de 515 mm localizada entre a coluna da cabine e a proteção interna da porta, estando esta aberta, o que também demonstrou estar em conformidade.

Na mensuração da escada de acesso (Tabela 9), averiguou-se que as distâncias verticais entre os degraus estavam em conformidade com o estipulado na NBR ISO 4254-1 (1999). Também se enquadra dentro do especificado, a largura dos degraus, com variação de 400 a 610 mm, sendo 200 mm o mínimo recomendado.



**Figura 65** - Recomendações e dimensões para a porta da cabine: (a) Dimensões mínimas (ISO 4252, 2007); (b) Esboço das medidas averiguadas

Como a distância da plataforma de acesso a cabine ao solo foi de 2.285 mm, torna-se obrigatório o emprego de guarda-corpo, estando este dentro dos parâmetros normatizados, com altura de 1 m em relação ao piso.

**Tabela 9** - Distâncias verticais de acesso à cabine confrontadas com as especificações na NBR ISO 4254-1 (1999)

Degraus	Altura (mm)	ISO 4254-1 (mm)
Solo - 1°	416	Máx. 550
1° - 2°	263	
2° - 3°	265	
3° - 4°	260	
4° - 5°	259	
5° - 6°	279	Máx. 300
6° - 7°	260	
7° - plataforma	270	
Plataforma - cabine	59	

Quanto à disposição dos corrimões de segurança para acesso à plataforma, apurou-se que estes se distanciam a 1.845 mm em relação ao solo, o que dificulta a sua utilização de modo seguro. A norma NBR ISO 26322-1 (2011) especifica que esta dimensão dever ser de no máximo 1500mm.

Segundo Alonço et al. (2006b), as características dimensionais preconizadas pelas normas, bem como a inserção de dispositivos de segurança, como barreiras e

salva-guardas, deverão ser implementadas, de modo a permitir que não haja perigos potenciais geradores de acidentes envolvendo o operador.

#### F) Nível de ruído

A medição do nível do ruído no posto de operação seguiu as orientações recomendadas pela NBR 9999 (1987), em que, inicialmente, efetuou-se o registro das condições ambientais (temperatura C° e velocidade do ar m/s) e do ruído de fundo. Para tal procedimento, fez-se uso dos equipamentos Termo-Higro-Anemômetro-Luxímetro (modelo THAL-300) e decibelímetro (modelo DEC-460), respectivamente.

O nível de ruído foi mensurado posicionando o decibelímetro próximo ao ouvido esquerdo e direito do operador, estando o equipamento configurado com o circuito de ponderação A, expressos em dB (A) e resposta lenta (“slow”).

As coletas ocorreram em pista plana e local livre de obstáculos, obedecendo um raio maior que 20 m, a fim de evitar a reflexão do som. Foram configuradas quatro condições (Quadro 36), cada uma com três repetições de medição. Os resultados obtidos foram comparados com as diretrizes da NR 15.

Condição	Descrição
1	Nível de fundo
2	Máquina parada, motor na máxima rotação e condicionador de ar na potência máxima
3	Máquina parada, motor na máxima rotação, condicionador de ar na potência máxima e sistema de pulverização acionado
4	Máquina em deslocamento (7,5 km/h), condicionador de ar na potência máxima e sistema de pulverização acionado

**Quadro 36** - Condições no momento de avaliação do ruído

No momento do procedimento, registraram-se condições térmicas adequadas à execução da avaliação (Temperatura do ar 16,2 °C e velocidade do ar externo 2,8 m/s) estando o ruído de fundo, “Condição 1”, a 10 dB (Tabela 10) abaixo das medições efetuadas (NBR 9999, 1987). Merece destaque que para todas as mensurações o ruído foi mais alto para o posicionamento do decibelímetro no ouvido direito do operador.

**Tabela 10** - Avaliação dos níveis de ruído para as quatro condições pré-estabelecidas

<b>Média das 3 repetições</b>	<b>Decibéis (dB)</b>
Condição 1	58,80
Condição 2	68,84
Condição 3	70,67
Condição 4	71,90

As primeiras medições foram realizadas com o motor na rotação máxima e com o sistema condicionador de ar regulado para temperatura e vazão de ar elevadas (Condição 2), alcançando um nível de ruído de 68,84 dB.

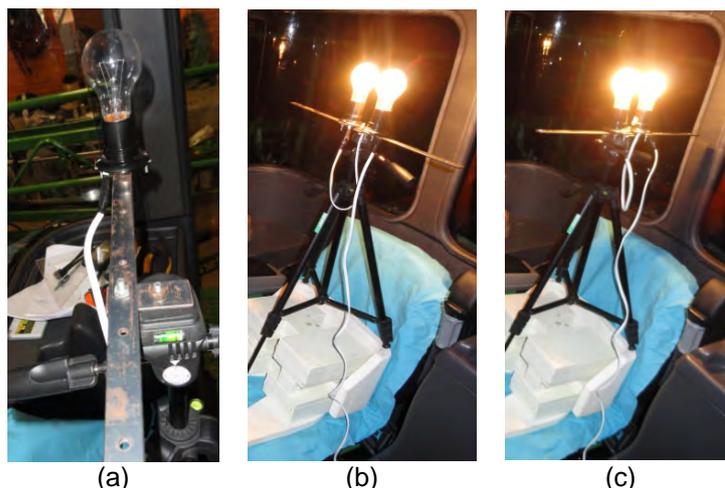
Nas mesmas configurações da “Condição 2”, porém com o sistema de pulverização acionado (Condição 3), o nível de ruído subiu 1,83 dB. A última avaliação (Condição 4) compreendeu aos procedimentos da “Condição 3” agregando o deslocamento da máquina a 7,5 km/h, o que resultou no maior valor medido (71,90 dB).

Diante dos resultados, afere-se que a cabine proporciona um ambiente adequado para o trabalho, na qual os níveis de ruído ficaram abaixo dos 85 dB, exposição máxima para até oito horas de atividade diária (NR 15). Esse desempenho satisfatório possivelmente está vinculado ao arranjo físico empregado, no qual o motor foi posicionado na parte traseira da máquina.

Tal característica deve ser preservada, visto que os ruídos prejudicam a concentração mental e certas tarefas que exigem atenção ou velocidade e precisão dos movimentos (MINETTE et al., 1998).

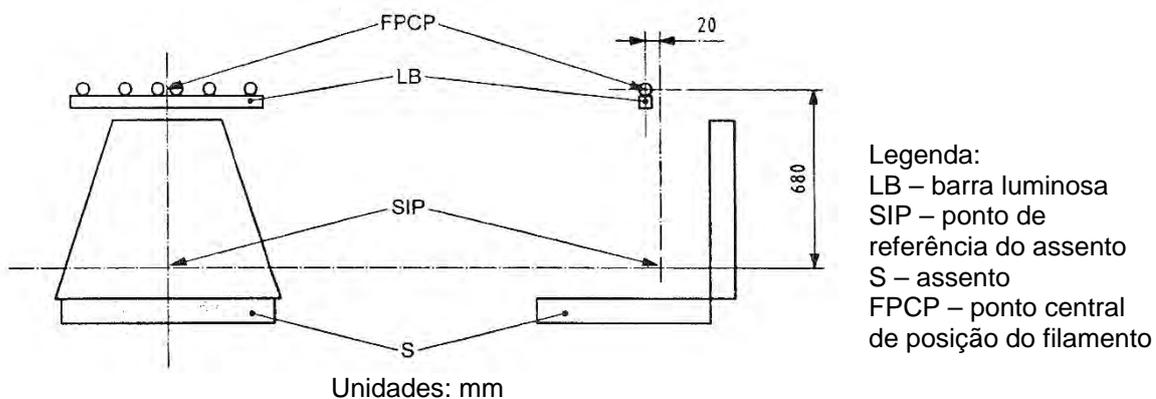
#### G) Campo de visão do operador

Para determinar o campo de visão do operador foi construído um dispositivo (Figura 66) denominado de barra luminosa, seguindo os parâmetros da NBR ISO 5006 (ABNT, 2008). O mesmo permite a variação do posicionamento de 65, 205 e 405 mm entre os filamentos das lâmpadas, bem como a rotação de 360° sobre o eixo central que passa pelo SIP.



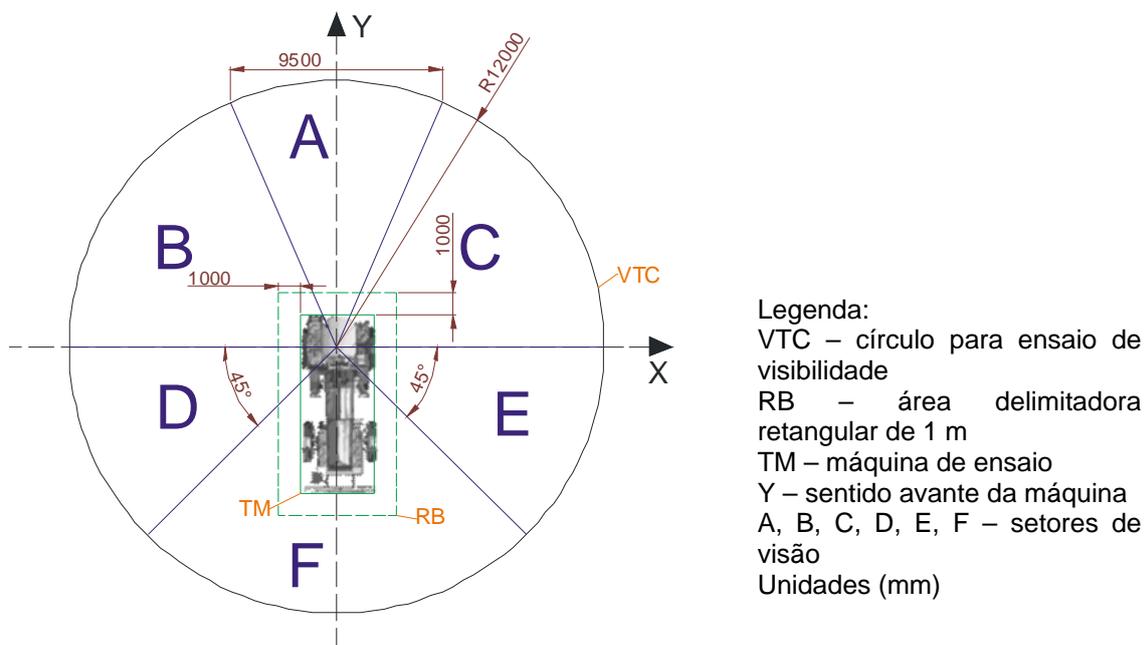
**Figura 66** - Dispositivo construído para teste do campo de visão do operador: (a) Detalhe da furação para ajuste do posicionamento das lâmpadas; (b) e (c) Rotação da barra luminosa

O dispositivo usado para determinar o SIP foi colocado sobre o assento e com o auxílio de um tripé regulável, posicionou-se a barra luminosa no local (Figura 67) indicado para avaliação (NBR ISO 5006, 2008).



**Figura 67** - Posicionamento da barra luminosa em relação ao SIP (Fonte: NBR ISO 5006, 2008)

Com o pulverizador posicionado numa área plana e livre de obstáculos, delimitou-se um círculo de raio 12 m e seus eixos x e y, tendo como centro o SIP, como também uma área retangular espaçada a 1 m a partir das extremidades da máquina “RB” (Figura 68). Para tal procedimento utilizaram-se cordas e estacas.



**Figura 68** - Locais para ensaio de visibilidade (Adaptado da NBR ISO 5006, 2008)

Posteriormente, acionou-se a barra luminosa, verificando-se o encobrimento sobre o círculo, e, com o auxílio de um dispositivo denominado “objeto de ensaio vertical”, analisou-se o encobrimento sobre o contorno da área delimitadora retangular de 1 m “RB”.

Ressalta-se que para este último procedimento, é considerado encobrimento quando não há iluminação no objeto de ensaio vertical de pelo menos 200 mm a contar do seu topo, situado a 1,5 m do solo (NBR ISO 5006, 2008). É importante mencionar que foram observadas as precauções de não registrar encobrimentos com comprimentos inferiores a 100 mm, bem como de combinar encobrimentos cujo espaçamento entre eles fossem inferiores a 700 mm (NBR ISO 5006, 2008).

A fim de facilitar tal coleta, posicionou-se uma fita métrica sobre o contorno do círculo e da área retangular de 1 m, em que o início e o término do encobrimento foram registrados. Em seguida, por meio do cálculo do ângulo gerado pelo encobrimento (Equação 3), essas medidas foram inseridas no software AutoCad 2009®, juntamente com os setores de avaliação especificados (NBR ISO 5006, 2008).

$$l = (\alpha \times \pi \times r) / 180^\circ \quad (3)$$

$$l = (\alpha \times \pi \times 12) / 180^\circ$$

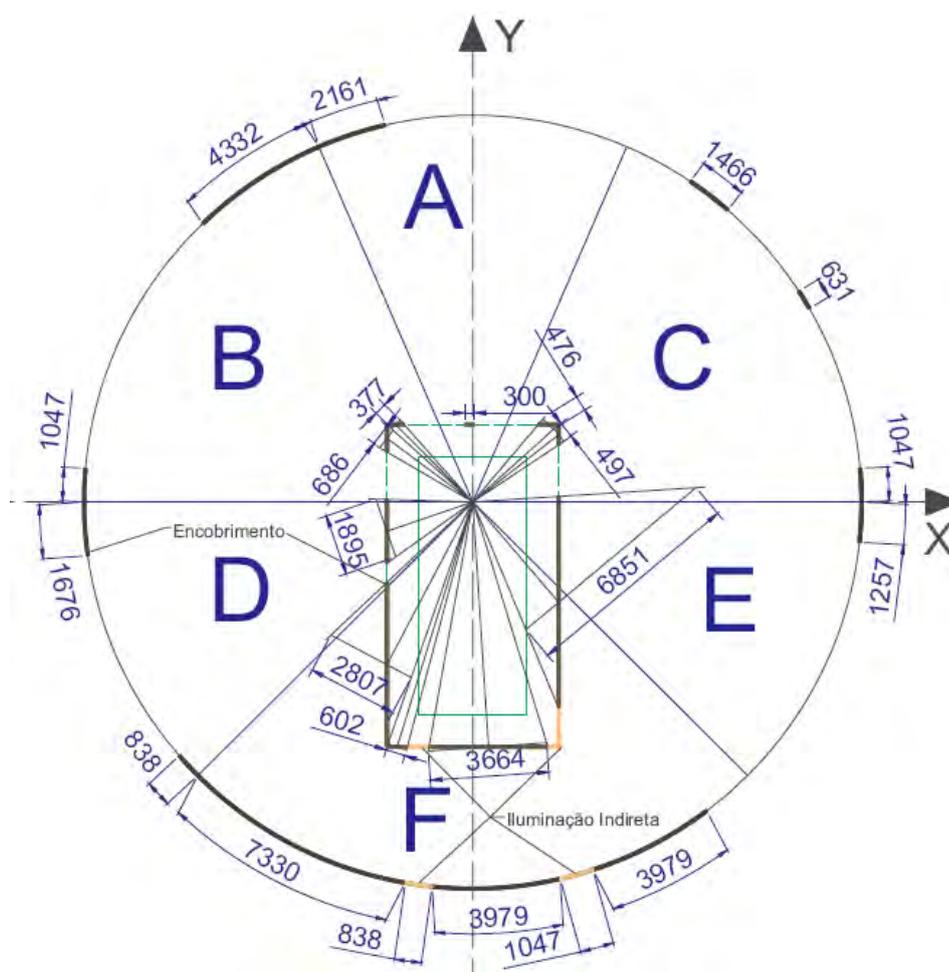
$$\alpha = l / 0,21$$

**Equação 3** - Ângulo gerado ( $\alpha$ ) pelo comprimento de um arco ( $l$ ) sobre um círculo de raio 12 m

Na avaliação sobre a “RB”, quando a largura do encobrimento excedeu o valor de 300 mm, a medida considerada na contagem referia-se à projeção deste na perpendicular à fonte de luz. Os dados obtidos para a avaliação do desempenho de visibilidade do pulverizador autopropelido também foram confrontados com a norma NBR ISO 5006 ( 2008).

Como passo inicial deste experimento, foi avaliada a visibilidade do operador diante a área externa (Figura 69), mais especificamente, sobre o círculo de raio 12 m e uma área delimitadora retangular de 1 m envolvendo o contorno da máquina (RB).

Em todas as situações de avaliações realizadas, utilizou-se o espaçamento de luz de 65 mm, o que representa a distância binocular do olho de 50% dos operadores de máquinas rodoviárias (NBR ISO 5006, 2008). Ressalta-se que esta decisão buscou trazer os resultados mais críticos, se comparados aos demais espaçamentos.



**Figura 69** - Encobrimentos da máquina avaliada medidos sobre o círculo e o RB

Devido à ausência de parâmetros na norma utilizada (NBR ISO 5006, 2008) para a máquina em estudo, os resultados obtidos na avaliação foram confrontados com o desempenho esperado de uma retroescavadeira, identificada como mais adequada diante das demais possibilidades (Tabela 11).

Através da comparação, pode-se verificar que o pulverizador apresentou resultado satisfatório somente para o setor E, em que o valor de encobrimento ficou abaixo do máximo especificado para a retroescavadeira.

**Tabela 11** - Avaliação do campo de visão do pulverizador e parâmetros de desempenho para a retroescavadeira

Massa de operação	Setor de visão						RB
	A	B	C	D	E	F	
Pulverizador autopropelido "Modelo X"							
Espaçamento entre lâmpadas (65 mm)							
Nº - tamanho Encobrimento	1 - 2161	1 - 1047; 1 - 4332	1 - 631; 1 - 1047; 1 - 1466	1 - 838; 1 - 1676	1 - 1257	2 - 3979; 1 - 7330	18155
Encobrimento Combinado	2161	5379	3144	2514	1257	15288	---
Retroescavadeira							
Espaçamento entre lâmpadas (mm)							
m ≤ 15	65	205	205	205	205	65	405
	2 - 700	1 - 700; 1 - 1300	1 - 700; 1 - 1300	1 - 700; 1 - 1300	1 - 700; 1 - 1300	1 - 1300; 1 - 3000	300
Encobrimento Combinado	1400	2000	2000	2000	2000	4300	---

Pela própria característica "física" do pulverizador, como pode ser visualizado no apêndice H, o setor F foi o que apresentou resultado de maior discrepância, aproximadamente 11 m de encobrimento a mais do que o permitido, valor este que ainda considerou a iluminação indireta, proveniente da reflexão da luz pelos espelhos retrovisores.

Tal aspecto merece especial atenção, visto que a redução no campo de visão gera aumento da fadiga do operador, o qual será obrigado a se movimentar com maior frequência para a visualização das áreas encobertas, além de prejudicar a sua capacidade de percepção, o que contribuí para a ocorrência de acidentes (SCHLOSSER et al., 2011).

Quando analisado de modo combinado, ou seja, somando-se os resultados provenientes da multiplicação do(s) número(s) pelo(s) tamanho(s) do(s) encobrimento(s), observou-se certa proximidade ao limite superior estabelecido para o setor A (761 mm), D (514 mm) e E (743 mm).

Acredita-se que ao utilizar o espaçamento entre lâmpadas de 205 mm, o setor D e E se enquadrariam dentro dos valores preconizados pela norma. No entanto, como o objetivo principal foi o de desenvolver parâmetros críticos para acompanhar as melhorias no projeto das cabines de pulverizadores autopropelidos, optou-se por restringir a avaliação ao uso do espaçamento de 60 mm.

A avaliação do encobrimento sobre o RB, área delimitadora retangular de 1 m, empregando o espaçamento entre os filamentos das lâmpadas acima mencionado apresentou valor superior a 18 m, correspondendo a 59% do comprimento total (30,6 m).

A norma traz como limite para este encobrimento 300 mm, o que representa a medida da profundidade do tórax das pessoas que trabalham próximo à máquina, entretanto, possibilitando o emprego de até 405 mm entre os filamentos da fonte luminosa. Configuração que auxilia na redução do encobrimento.

### *Iluminação externa*

Outra avaliação realizada com o intuito de desenvolver parâmetros foi a da iluminação externa, na qual configurou-se a máquina para a operação de pulverização, barras abertas e posicionadas a um metro do solo, sendo desligada a barra luminosa e acionado os faróis da máquina. Após, foram repetidos os procedimentos de avaliação do encobrimento, tanto para o círculo “raio de 12 m”, como para a área delimitadora de 1 m “RB” (Tabela 12).

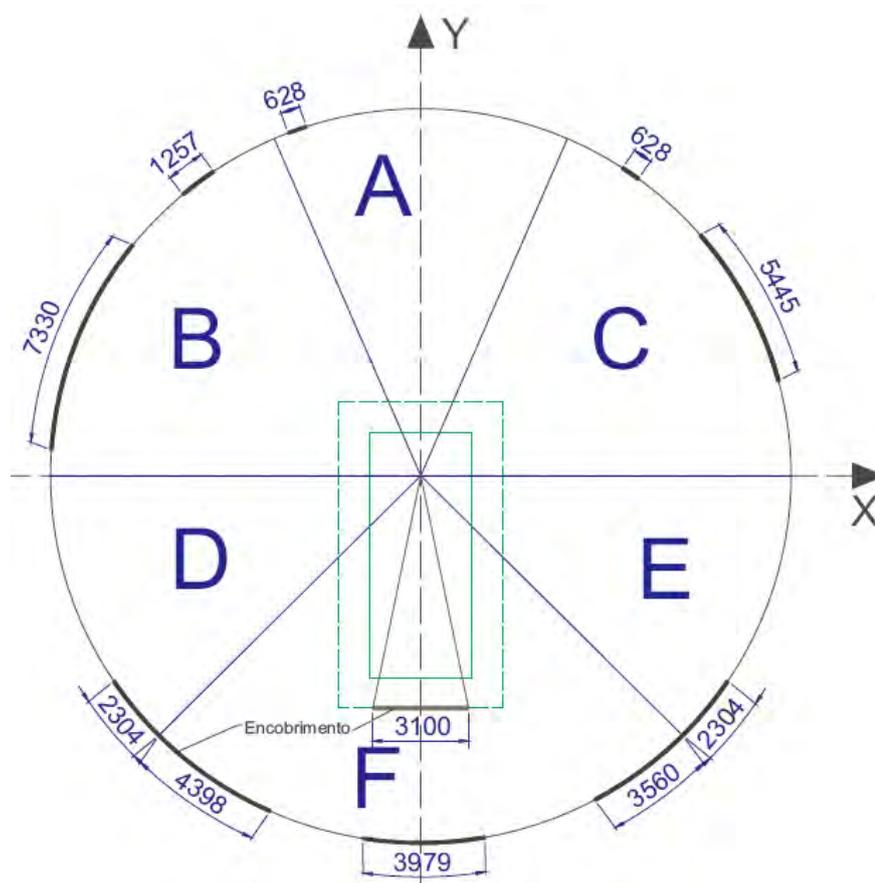
Somando-se o encobrimento combinado, obteve-se um valor correspondente à 42% (31.833 mm) do perímetro do círculo de raio 12 m, no qual não houve iluminação.

**Tabela 12** - Avaliação da iluminação externa do pulverizador autopropelido “Modelo X”

Massa de operação	Setor de visão						RB
	A	B	C	D	E	F	
Nº – tamanho Encobrimento	1 - 628	1 – 1257; 1 - 7330	1 – 628; 1 - 5445	1 - 2304	1 - 2304	1 – 3560; 1 – 3979; 1 - 4398	3100
Encobrimento/ Combinado	628	8587	6073	2304	2304	11937	---

Os resultados da avaliação da iluminação externa da máquina sobre o RB revelaram uma boa iluminação, com 90 % do contorno, ficando o encobrimento (10%) concentrado na parte traseira da máquina (Figura 70).

Diante desta análise, verifica-se a importância do projeto da cabine, no qual deve-se buscar reduzir a existência de suportes e/ou componentes que impeçam a visibilidade do operador e, quando isso não for possível, conciliar as projeções dos obstáculos (SCHLOSSER et al., 2011). Ressalta-se ainda, a observação da posição e largura das partes que compõem a estrutura da máquina, bem como a colocação das partes transparentes nos locais adequados (MENEGAS et al., 2006).



**Figura 70** - Encobrimentos medidos sobre o círculo e o RB

#### H) Análise da simbologia empregada

Esta atividade buscou caracterizar os símbolos usados para a identificação das funções dos controles na cabine do pulverizador e compará-los com os preconizados pelas normas relacionadas. Dentre os parâmetros normativos encontrados, estão a “NBR 11379 (ABNT, 1990) - Símbolos gráficos para máquinas

agrícolas”, a “ISO 11684 (1995) - *Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment - safety signs and hazard pictorials: general principles*”, e a “ISO 3767-2 (2008) - *Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays. Part 2: Symbols for agricultural tractors and machinery*”.

Na análise realizada, observou-se a necessidade de atualização de alguns dos ícones adotados no painel da máquina. Tais diretrizes são provenientes da ISO 3767-2 (2008), a qual contempla os pulverizadores autopropelidos (Quadro 37).

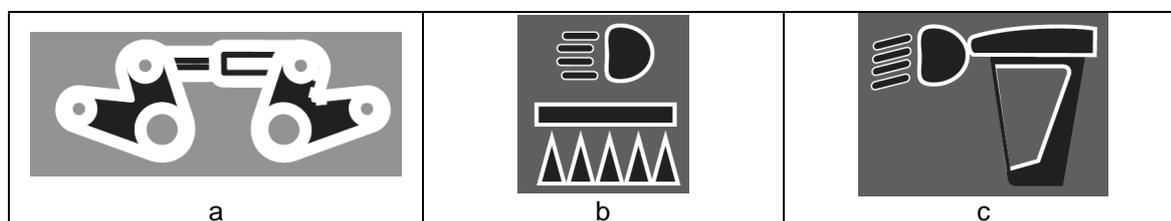
Id	Empregados	Normatizados	Id	Empregados	Normatizados
a			d		
b					
c			e		

Legenda:  
a) Ligar pulverização; b) Desligar pulverização; c) Barra esquerda de pulverização (levantar/baixar); d) Barra direita de pulverização (levantar/baixar); e) Quadro central (levantar/centralizar/baixar)

**Quadro 37** - Exemplos de símbolos adotados e recomendados para pulverizadores autopropelidos (ISO 3767-2, 2008)

Alonço et al. (2006a) salientam a importância do emprego de símbolos normatizados, garantindo a uniformidade entre os fabricantes e proporcionando ao operador maior segurança quanto ao uso dos controles.

No entanto, ressalta-se ainda a carência de símbolos para determinadas funções desempenhadas como, por exemplo, a inclinação das barras (esquerda/direita), acionamento de iluminação externa específica, travamento e destravamento do quadro de pulverização. Tal aspecto levou o fabricante da cabine deste estudo de caso a desenvolver ícones para essas interpretações, como é ilustrado no quadro 38.



**Quadro 38** - Símbolos desenvolvidos pelo fabricante Empresa A: a) Travar/destravar quadro; b) Ligar/desligar luzes frontal; c) Ligar/desligar luzes teto cabine

#### I) Avaliação dos aspectos normatizados relacionados à segurança

Este procedimento visou identificar os itens necessários ao provimento da segurança e da certificação do produto que ainda não foram contemplados na avaliação ergonômica deste trabalho, visto que os mesmos foram apresentados e discutidos separadamente.

Para tanto, realizaram-se pesquisas bibliográficas à leis, normas e consultas a software como o BDASMA - Banco de Dados sobre Aspectos de Segurança em Máquinas Agrícolas (ALONÇO, 2004), identificando as questões normativas e averiguando seu emprego junto ao produto em estudo. Após, os resultados foram agrupados quanto às características “Conforme” e “Não conforme” verificadas na máquina avaliada (Quadro 39).

<b>Conformidade(s):</b>	1) Ausência de tubulação pressurizada na cabine (Ex. manômetros). 2) Presença de equipamentos obrigatórios de segurança: Espelhos retrovisores externos; Lavador de para-brisa; Buzina; Extintor de incêndio; Cinto de segurança; Limpador de pára-brisa. 3) Freios de estacionamento e de serviço com comandos independentes. 4) Piso da escada e plataforma de acesso empregando material antiderrapante. 5) Presença de guarda-corpo dimensionado adequadamente.
<b>Não Conformidade(s):</b>	1) Ausência de equipamentos obrigatórios de segurança: pala interna de proteção contra o sol (para-sol) para o condutor. 2) Ausência de saída(s) de emergência. 3) Ausência de sirene rotativa (giroflex). 4) Ausência de EPCC (estrutura de proteção contra capotamento).

**Quadro 39** - Conformidades e não conformidades verificadas quanto à segurança

Tarefa 2.2.2: *Registrar parâmetros de sucesso e fracasso de cabines avaliadas*: nesta, registraram-se impressões acerca da cabine avaliada, as quais servem como indicativos de permanência ou alterações para projetos futuros. Seguem alguns dos apontamentos:

➤ Os controles do tipo botão de pressão para os dedos, empregados nos painéis e no manche, apresentaram valores para as forças de acionamento dentro dos parâmetros recomendados, tornando a sua escolha uma boa opção para o projeto de cabines. Já os controles do tipo interruptor de alavanca mostraram pouca resistência, o que pode ocasionar o acionamento acidental. O parâmetro de resistência do manche em relação ao deslocamento a frente poderá ser reduzido, trazendo mais facilidade e conforto de manuseio ao usuário.

➤ Os controles poderão ser melhor arranjados “leiaute” em relação à distribuição espacial, visto o elevado percentual obtido fora do alcance ou próximo ao alcance máximo do operador. A mesma observação se aplica aos mostradores, considerando a sua disposição diante dos cones de visão, principalmente, os que requerem monitoramento contínuo.

➤ Quanto às características dimensionais, averiguou-se a necessidade de aumento no espaço interno da cabine, o provimento de saídas de emergência e acesso seguro e ergonômico ao posto de operação.

➤ Na avaliação do campo visual do operador (Apêndice H), constatou-se a necessidade de melhorias na visualização da área delimitadora retangular de um metro “RB”, visto a importância desta no provimento da segurança das pessoas em volta da máquina.

➤ Com relação à iluminação externa, o sistema apresentou um bom desempenho para a visualização das barras de pulverização (Apêndice H), no

entanto, pode ser aperfeiçoado quanto aos setores B e C. Outro apontamento, refere-se à carência de iluminação dos acessos, escada e plataforma.

➤ Considera-se que os parâmetros desenvolvidos na avaliação do campo visual auxiliarão na identificação das relações entre o projeto da cabine e as melhorias obtidas neste quesito.

➤ Por fim, verificou-se que os dados revelados na análise ergonômica evidenciam a necessidade de melhorias no posto de operação da máquina avaliada.

### 5.2.3 Atividade 2.3 - Identificar as necessidades e requisitos dos clientes/usuários

Tarefa 2.3.1 - *Definir os clientes/usuários ao longo do ciclo de vida*: como a cabine deste estudo de caso é um dos módulos do produto final, o pulverizador autopropelido, a caracterização dos usuários ao longo do seu ciclo de vida foi realizada considerando a máquina como um todo, evidenciando os dois grupos existentes, os usuários do processo de produção e os do produto.

No primeiro grupo, para as atividades de planejamento e projeção, tem-se a equipe de desenvolvimento deste trabalho, juntamente com a da engenharia do produto da empresa parceira. Para as etapas de fabricação, montagem, embalagem, armazenagem, manipulação e transporte, além da referida empresa, encontram-se os fornecedores externos e os serviços terceirizados. Estes são considerados os usuários internos do produto, pois estão envolvidos na projeção e implementação do produto no chão de fábrica.

O segundo grupo, que abrange os usuários intermediários, é responsável pela distribuição, marketing e vendas. Nele, encontram-se as revendas de máquinas e implementos agrícolas, as agências de financiamento, pessoal da entrega técnica, além de técnicos vinculados à capacitação de usuários, como, por exemplo, pertencentes ao SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.

Na parte de compras, de operação e manutenção, estão os médios e grandes produtores e seus funcionários, as cooperativas, as empresas que realizam serviços terceirizados e as oficinas. E, no descarte e reciclagem do produto, as empresas de sucatas e as revendas.

Os usuários que não se enquadram como internos e intermediários podem ser considerados como externos, pois são pessoas que exercem atividades nos

setores de consumo ou que sofrem influência direta ou indiretamente do produto (ROMANO, 2003; BACK et al., 2008).

Tarefa 2.3.2 - *Coletar os desejos/necessidades dos clientes/usuários*: tendo em vista que a identificação e coleta das necessidades dos usuários é considerada por Back et al. (2008) como a atividade mais crítica de todo o processo, pois a voz do consumidor deve ser atendida como primeira prioridade, optou-se pela restrição da coleta de informações aos operadores de pulverizadores autopropelidos.

Para a realização de tal atividade, fez-se o uso de questionário estruturado (Apêndice I), o qual foi desenvolvido em uma versão demo do software “Sphinx Léxica”, também empregada para a digitação das respostas e tratamento dos dados.

Para Novaes et al. (2003), os questionários estruturados são ferramentas importantes para investigar os rumos e tendências que um projeto deve tomar e sob que conjunto de valores estas tendências estão presentes entre os clientes entrevistados.

Na elaboração da referida ferramenta, buscou-se que as perguntas e instruções acerca do correto preenchimento fossem formuladas de maneira clara, concreta e precisa, levando em conta o sistema de referência do entrevistado, bem como o seu nível de informação (GIL, 2002).

As propriedades rurais selecionadas para a aplicação do questionário se restringiram às regiões noroeste, centro ocidental e nordeste do estado do Rio Grande do Sul, cuja identificação dos proprietários foi realizada por intermédio de revendas de máquinas e implementos agrícolas, escritório de consultoria agrônômica e contatos da equipe de projeto.

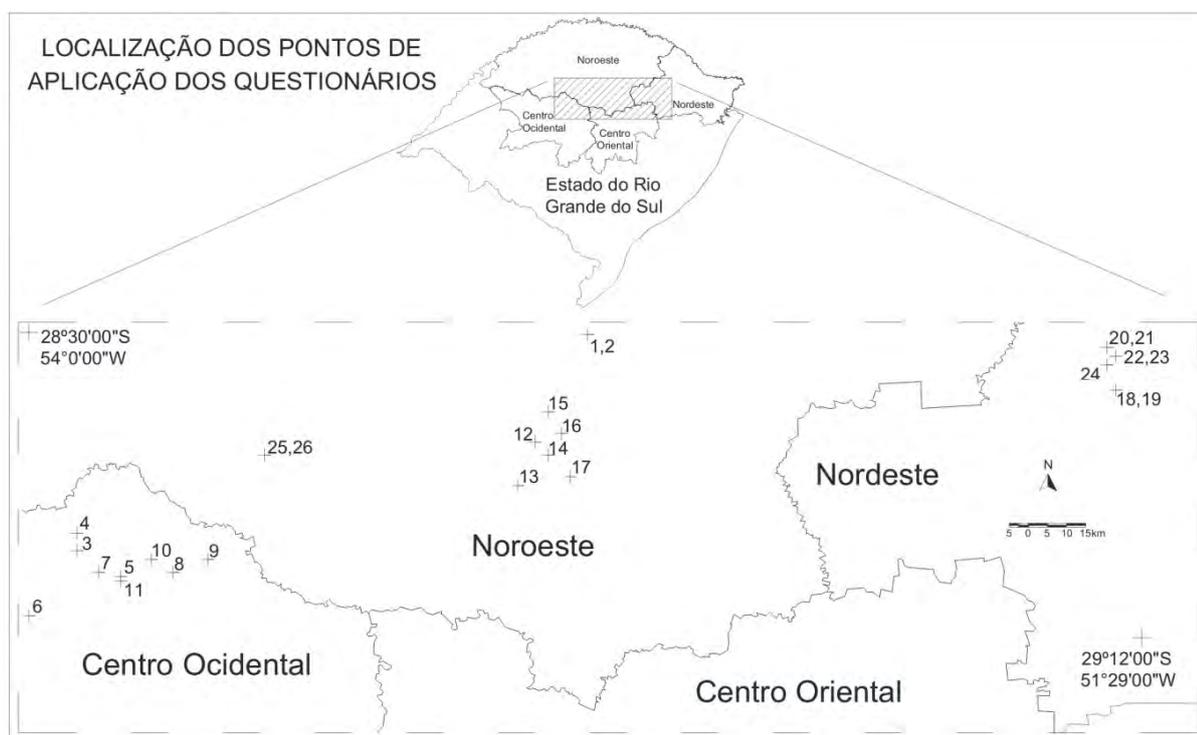
Além da coleta dos desejos/necessidades dos usuários que trabalham com o produto, tal questionário também buscou averiguar: como as cabines disponibilizadas atualmente nos pulverizadores autopropelidos estão atendendo aos quesitos de uso, segurança e ergonomia; as opiniões acerca das idéias que poderiam ser implementadas no novo produto; e, por fim, instigar os operadores a proposições de melhorias baseadas na experiência prática dos mesmos. De posse da análise dos dados coletados, as informações foram agrupadas quanto às necessidades dos clientes/usuários do produto.

Ao total foram aplicados 26 questionários, cuja caracterização da localização pode ser visualizada na tabela 13 e na figura 71. Já a figura 72 ilustra as marcas dos

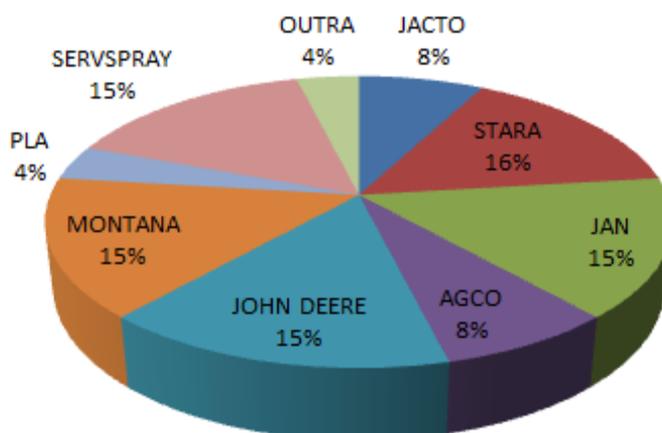
pulverizadores autopropelidos utilizados pelos usuários entrevistados, as quais abrangeram nove fabricantes.

**Tabela 13 - Caracterização da localização da amostragem dos questionários**

Região	Nº das Amostras	Nº de Questionários
Noroeste	1, 2, 12 - 17, 25, 26	10
Centro Ocidental	3 - 11	9
Nordeste	18 - 24	7
Total		26



**Figura 71 - Regiões do RS abrangidas na coleta de dados**



**Figura 72 - Distribuição das marcas de pulverizadores autopropelidos avaliados**

De acordo com Back et al. (2008), um número de 20 ou 30 entrevistas num grupo homogêneo de usuários pode garantir que 90% ou mais das necessidades sejam identificadas. Portanto, considera-se que o número de questionários deste estudo constitua uma amostra satisfatória para atender aos objetivos dessa tarefa.

De modo a elucidar como as características relacionadas ao uso, segurança e ergonomia vem atendendo aos usuários do produto, selecionaram-se algumas das perguntas e respectivas respostas provenientes do questionário estruturado (Quadro 40).

Perguntas	Respostas (%)	
	Sim	Não
Existe algum comando que exige mais força do que você considera adequado para acionar (volante, marchas, acelerador)?	42,3	57,7
Já sofreu algum acidente com o pulverizador (choque, cair, bater, tropeçar, intoxicação)?	15,4	84,6
Você considera que a estrutura da cabine seja resistente o suficiente para lhe proteger em caso de um tombamento/emborcamento da máquina?	34,6	65,4
Sente alguma dificuldade para acessar a cabine (altura/ tamanho dos degraus, proteção, abertura da porta)?	42,3	57,7
A cabine possui algum comando que você acha mais difícil de alcançar?	7,7	92,3
Quando em operação (pulverização) você já sentiu cheiro de agrotóxico na cabine?	46,2	53,8
Quando em operação você já percebeu a entrada de poeira por alguma parte da cabine?	26,9	73,1
Você acha o ruído dentro da cabine elevado?	65,4	34,6
Você acha que a cabine amortece bem os impactos?	84,6	15,4
Você considera o espaço interno da cabine confortável para a sua movimentação/acomodação?	57,7	42,3
Quanto à visibilidade externa, tem alguma parte da máquina (corrimão, coluna da cabine ou outro) que você considera que prejudica a visualização?	42,3	57,7
Existe dificuldade para a visualização do painel devido ao reflexo do sol?	57,7	42,3

**Quadro 40** - Perguntas e percentuais de respostas relativos a aspectos de uso, segurança e ergonomia

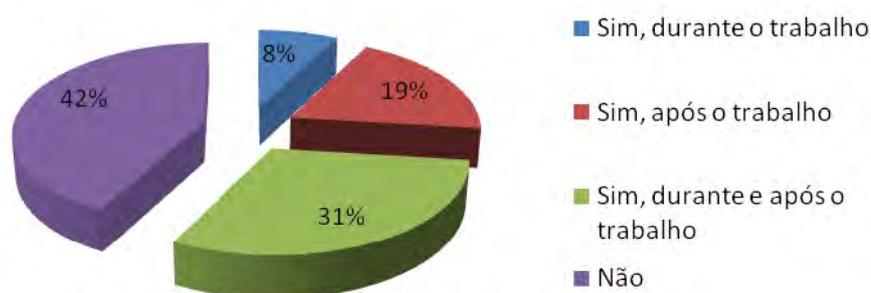
Observou-se que entre os parâmetros que evidenciam a necessidade de aperfeiçoamento das cabines estavam: o ruído, a estrutura de proteção contra capotamento/emborcamento e a problemas relacionados à visualização da máquina e/ou seus componentes. Entretanto, o elevado percentual de insatisfação referente aos demais itens, vem a confirmar o problema apresentado nesta tese, a deficiência na implementação das características de segurança e ergonomia no projeto de cabines.

Considerando que a eficiência do processo de aplicação, por parte do operador, está diretamente relacionada com a necessidade do monitoramento “visualização” das barras de pulverização, e este procedimento torna-se complexo à

medida que não são disponibilizadas condições adequadas para tal. Averiguou-se que os operadores adotam posturas inadequadas, com repetição excessiva dos movimentos da cabeça e pescoço, bem como se expõem ao risco de acidentes, pois acabam desviando o foco de atenção da direção da máquina.

A consequência de tal apontamento pode ser observada na figura 73, em que a maioria dos usuários relataram sentir algum tipo de dor/desconforto no corpo durante e/ou após o trabalho, principalmente no pescoço e nas costas.

Corroborando com a necessidade de melhorias na visualização das barras, verificou-se que os proprietários vêm efetuando adaptações como a instalação de câmeras, modificação no posicionamento e/ou instalação de espelhos retrovisores extras, juntamente com os relatos da necessidade do emprego de sensores nos bicos de pulverização, de modo a emitir alerta de entupimento.



**Figura 73** - Respostas dos usuários quanto à existência de desconforto/dores no uso do produto

Constatou-se que a visualização da barra e do funcionamento da máquina é um ponto relevante evidenciado pelos entrevistados, visto os elevados custos dos produtos químicos e o prejuízo financeiro decorrentes de falhas durante a aplicação.

Ainda vinculado ao uso, verificou-se a necessidade de aperfeiçoamentos dos equipamentos eletrônicos disponibilizados para o manejo do Sistema de Agricultura de Precisão, tanto para a linguagem quanto para as sequências adotadas na configuração/uso dos mesmos. Tal questão merece atenção, considerando-se que 50% da amostra possuía o ensino fundamental completo e 23,1% o ensino fundamental incompleto.

De acordo com os relatos, quando os usuários começavam a se ambientar quanto ao uso destes sistemas, ocorriam atualizações que modificavam

consideravelmente a interface disponibilizada, o que requer novamente tempo para aprendizado.

Face às restrições apresentadas pela empresa parceira do projeto, de não se alterar o equipamento eletrônico de controle da pulverização, sugere-se que o mesmo seja objeto de estudo de trabalhos futuros, buscando proporcionar melhorias na interação com os usuários.

Quanto à segurança durante o processo de pulverização, verificou-se que mais de 46% dos entrevistados já sentiram cheiro de agrotóxico no interior da cabine, o que torna-se um agravante por estarem em ambiente fechado, dispensando a utilização de EPI's. No entanto, não é possível afirmar que tal fato seja proveniente de falhas no projeto de vedação e/ou do sistema de purificação do ar, pois registraram-se diversas solicitações da necessidade da implementação de dispositivo para a higienização do usuário próximo a cabine, bem como local externo para a armazenagem de EPI's de vestimenta contaminados.

Este aspecto impossibilita a distinção entre a situação de um ato inseguro, em que o cheiro de agrotóxico é proveniente da entrada do operador com vestimenta contaminada, ou de uma condição insegura, na qual a máquina apresenta falhas no sistema de vedação e/ou filtragem de ar.

Outra característica relevante abrange o julgamento dos entrevistados acerca das idéias propostas como, por exemplo, a averiguação da rejeição de uma cabine universal para diferentes máquinas, com formato externo e configurações de leiautes internos similares. Tal necessidade havia sido levantada pela empresa A, buscando a redução de custos e facilidades operacionais de produção.

Embora as melhorias propostas pelos entrevistados estejam voltadas às cabines das máquinas por eles utilizadas, averiguaram-se aspectos comuns a serem observados no projeto. Essas informações originais, vindas diretamente do cliente externo, o próprio usuário do produto, foram entendidas e agrupadas em cinco itens, formando as necessidades gerais dos clientes (Quadro 41).

<b>N° N.C</b>	<b>Necessidades dos Clientes</b>
1	Ser confortável
2	Ser fácil de operar
3	Ter boa visibilidade
4	Ser segura
5	Permitir controle da aplicação

**Quadro 41** - Necessidades gerais dos clientes do pulverizador autopropelido

Um dos aspectos que merece especial atenção é o quesito custo, visto a sua relação direta com a disponibilização de melhorias no produto, principalmente, as vinculadas à ergonomia e a segurança. De acordo com Lida (2005), o "juiz" final será o consumidor, tornando-se importante conhecer o que eles querem, quais as características que valorizam e o quanto estão dispostos a pagar.

Ao ser verificada, por parte dos usuários entrevistados, a ausência de quesitos relacionados ao custo, por exemplo, baixo custo de produção/aquisição, quando questionados acerca de tal aspecto, os mesmos relataram que, por se tratar da máquina agrícola mais utilizada na propriedade rural e, por ter a sua eficiência vinculada aos fatores e necessidades apresentados, estavam dispostos a agregar o custo que representasse o valor de uso.

Ainda com relação aos custos, ressalta-se que diversas características a serem incorporadas no posto de operação, de modo a contemplar os aspectos normatizados relacionados à segurança e a ergonomia no projeto de cabines, não apresentarão interferência significativa quanto ao valor final do produto.

Entre os exemplos, podem ser destacados o emprego de símbolos normatizados, o posicionamento dos painéis de controle nas zonas indicadas, o dimensionamento do acesso (tamanho das portas, distância entre degraus, altura dos corrimões de segurança), o projeto dos painéis de controle (tipos de botões, mostradores e a sua distribuição), o espaço livre interno, entre outros.

Considerando-se tais aspectos, em conjunto com o objetivo norteador da metodologia proposta nesta tese, a qual busca a excelência na incorporação das características de segurança e ergonomia no projeto de cabines, optou-se por não intervir na inserção desta necessidade "Baixo Custo" comum a qualquer produto.

*Tarefa 2.3.3 - Estabelecer os requisitos dos clientes/usuários:* nesta tarefa, o estudo das necessidades dos clientes/usuários e dos dados provenientes dos questionários, permitiu o desdobramento e transformação de tais necessidades para uma linguagem mais apurada com a da engenharia, seguindo as diretrizes apresentadas na metodologia proposta, como o emprego dos verbos ser, ter ou estar, seguido do substantivo. Outra decisão foi a vinculação desse resultado, quarenta características, com os fatores de influência identificados no projeto, considerando o de maior relevância para o requisito em questão (Quadro 42).

N° R.C.	N° N.C	Requisitos dos Clientes
Símbolos		
1	2	Ter simbologia adequada às informações
Segurança aspectos gerais		
2	4	Ter dispositivo externo para higienização do operador
3	4	Ter local externo para armazenamento de material contaminado
4	4	Ter local externo à cabine para transporte de produtos químicos
Controles		
5	1	Ter painéis de controles com posicionamento ajustável
6	2	Ter regulagem interna dos retrovisores
7	2	Ter controles com forças adequadas para acionamento
8	2	Ter controles de fácil entendimento
9	5	Ter controle preciso da velocidade de deslocamento
10	1	Ter volante ajustável
Mostradores		
11	3	Ter mostradores de fácil visualização
12	5	Ter dispositivos de alerta de funcionamento operacional
13	5	Ter dispositivos para monitoração das condições da máquina
Assento		
14	1	Ter ajustes no assento
15	4	Ter assento seguro
16	1	Ter assento extra retrátil
Acesso		
17	4	Ter acesso ergonômico à cabine
18	4	Ter iluminação no acesso à cabine
19	4	Ter porta que permita fácil acesso a cabine
Estrutura		
20	4	Ter estrutura de proteção resistente contra capotamento/emborcamento
Espaço interno		
21	1	Ter bom espaço interno
Campo visão		
22	3	Ter boa visibilidade da máquina
23	3	Ter boa visibilidade da trajetória da máquina
24	3	Ter dispositivo de proteção contra reflexo do sol
25	5	Ter dispositivo para desembaçar os vidros
Saída de emergência		
26	4	Ter saída de emergência de fácil utilização
Ambiente – Vibração		
27	1	Ter bom sistema de amortecimento de impactos
Ambiente - Ruído		
28	1	Ter baixo ruído interno
Ambiente – Iluminação		
29	3	Ter bom sistema de iluminação interno
30	3	Ter bom sistema de iluminação externo
Ambiente - Partículas suspensas		
31	4	Ter sistema eficiente de purificação do ar
Ambiente – Condições climáticas		
32	1	Ter saídas de ar do climatizador distribuídas pela cabine
33	1	Ter ambiente climatizado
Outros (conveniência, aparência, qualidade)		
34	4	Ter local externo a cabine para armazenar acessórios
35	4	Ter local interno para armazenar objetos
36	1	Ter sistema para refrigeração de produtos
37	5	Ter instrumentos para monitoramento das condições climáticas externas
38	1	Ter som automotivo
39	1	Ter bom acabamento interno
40	3	Ter um visual moderno

**Quadro 42 - Requisitos dos clientes vinculados aos fatores de influência no projeto**

Tarefa 2.3.4 - *Hierarquizar os requisitos dos clientes/usuários*: de posse da lista de requisitos dos clientes, a equipe de projeto vinculada a instituição de ensino "Unipampa", por meio da ferramenta "Diagrama de Mudge" implementada no software "SAPROC", realizou a hierarquização dos mesmos (Apêndice J), definindo as características, "Os Que's", a serem dadas especial atenção ao longo do processo de projeto. O resultado deste procedimento pode ser visualizado no quadro 43.

	Imp.	N° R.C	Requisitos dos Clientes	Valor	%
Hierarquização dos Requisitos de Clientes	1	31	Ter sistema eficiente de purificação do ar	139	7,38
	2	20	Ter estrutura de proteção resistente contra capotamento/emborcamento	128	6,79
	3	27	Ter bom sistema de amortecimento de impactos	110	5,84
	4	28	Ter baixo ruído interno	106	5,63
	5	33	Ter ambiente climatizado	96	5,10
	6	22	Ter boa visibilidade da máquina	79	4,19
	7	12	Ter dispositivos de alerta de funcionamento operacional	78	4,14
	8	17	Ter acesso ergonômico à cabine	77	4,09
	9	26	Ter saída de emergência de fácil utilização	77	4,09
	10	23	Ter boa visibilidade da trajetória da máquina	75	3,98
	11	2	Ter dispositivo externo para higienização do operador	73	3,87
	12	30	Ter bom sistema de iluminação externo	72	3,82
	13	15	Ter assento seguro	64	3,40
	14	13	Ter dispositivos para monitoração das condições da máquina	62	3,29
	15	37	Ter instrumentos para monitoramento das condições climáticas externas	59	3,13
	16	11	Ter mostradores de fácil visualização	56	2,97
	17	7	Ter controles com forças adequadas para acionamento	54	2,87
	18	1	Ter simbologia adequada às informações	52	2,76
	19	21	Ter bom espaço interno	48	2,55
	20	5	Ter painéis de controles com posicionamento ajustável	47	2,49
	21	14	Ter ajustes no assento	43	2,28
	22	8	Ter controles de fácil entendimento	38	2,02
	23	9	Ter controle preciso da velocidade de deslocamento	38	2,02
	24	18	Ter iluminação no acesso à cabine	33	1,75
	25	3	Ter local externo para armazenamento de material contaminado	30	1,59
	26	19	Ter porta que permita fácil acesso a cabine	21	1,11
	27	6	Ter regulagem interna dos retrovisores	20	1,06
	28	25	Ter dispositivo para desembaçar os vidros	13	0,69
	29	4	Ter local externo a cabine para transporte de produtos químicos	12	0,64
	30	10	Ter volante ajustável	12	0,64
	31	24	Ter dispositivo de proteção contra reflexo do sol	12	0,64
	32	16	Ter assento extra retrátil	9	0,48
	33	39	Ter bom acabamento interno	9	0,48
	34	29	Ter bom sistema de iluminação interno	8	0,42
	35	32	Ter saídas de ar do climatizador distribuídas pela cabine	8	0,42
	36	34	Ter local externo a cabine para armazenar acessórios	8	0,42
	37	38	Ter som automotivo	7	0,37
	38	36	Ter sistema para refrigeração de produtos	5	0,27
	39	40	Ter um visual moderno	5	0,27
	40	35	Ter local interno para armazenar objetos	1	0,05

**Quadro 43** - Requisitos dos clientes hierarquizados

Pode-se observar que os requisitos que obtiveram maior pontuação foram os vinculados diretamente ao provimento da segurança do operador, como o sistema de purificação do ar da cabine, a necessidade de uma estrutura de proteção eficiente para o caso de um acidente com a máquina, tombamento/emborcamento, seguido da redução à exposição da vibração e do ruído. Também merece destaque o requisito de proporcionar uma adequada visualização da máquina, mais direcionado ao êxito da função do produto, a operação de pulverização.

#### 5.2.4 Atividade 2.4 - Definir os requisitos de projeto

Nesta atividade, buscou-se a realização de duas tarefas que contemplaram a conclusão da lista das características de engenharia a serem incorporadas no projeto os "Como's" e o ordenamento "relevância" destes, para o atendimento das necessidades/requisitos relatadas na etapa anterior.

Tarefa 2.4.1 - *Definir os requisitos de projetos não contemplados nos fatores de influência*: verificou-se que os requisitos de projeto que não haviam sido contemplados na tarefa 2.1.2, ou seja, os que não estavam diretamente associados aos fatores de influência, abrangeram o ambiente de higienização do operador e o transporte de componentes da máquina e produtos. Tais características, de modo similar aos demais requisitos de projetos identificados anteriormente (tarefa 2.1.2), são apresentadas com suas respectivas unidades de medida, direção desejável e, em alguns casos, "parâmetros", informações de referência para atribuição do valor meta no detalhamento das especificações de projeto (Quadro 44).

N. R.P	Requisitos de Projeto	Unid	Dir
57	Capacidade de armazenamento do tanque de água para higienização	l	+
	<i>Parâmetro</i> : PN: ISO 4254-6 (2009) - Capacidade mínima de 15 litros.		
58	Dimensões do compartimento para armazenamento do EPI contaminado	mm	+
	<i>Parâmetro</i> : SPN: Botas, luvas, avental.		
59	Dimensões do compartimento para transporte de produtos químicos	mm	+
	<i>Parâmetro</i> : SPN: x		
60	Dimensões do compartimento para armazenamento de acessórios da máquina.	mm	+
	<i>Parâmetro</i> : SPN: Possibilitar armazenamento de caixa de ferramentas, macaco hidráulico, chave de roda e cabos do controle remoto.		

**Quadro 44** - Requisitos de projeto não contemplados nos fatores de influência

Tarefa 2.4.2 - *Hierarquizar os requisitos de projeto*: os sessenta requisitos de projeto também foram hierarquizados pela equipe de projeto vinculada à UNIPAMPA, procedimento que empregou a parte central da matriz da casa da qualidade (Apêndice K), implementada no SAPROC. O resultado da referida análise encontram-se no apêndice L, e o terço superior de tais requisitos hierarquizados estão apresentados no quadro 45.

Ord	QFD	Requisitos de Projeto Hierarquizados	Unid	Dir
1	338	Comprimento da cabine	mm	+
2	336	Altura da cabine	mm	+
3	335	Largura da cabine	mm	+
4	247	Ajustes do assento	mm	+
5	229	Alertas de funcionamento operacional	nº	+
6	223	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-
7	223	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F.	mm	-
8	219	Dimensões do vão das aberturas de acesso (estrutura e porta)	mm	+
9	213	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	%	+
10	213	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	mm	+
11	211	Dispositivo para visualização externa da máquina	nº	+
12	210	Espaço livre interno	mm	+
13	194	Dispositivo de monitoração da máquina	nº	+
14	177	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	%	+
15	171	Características normatizadas dos painéis da cabine	%	+
16	161	Dimensões do assento do instrutor	mm	x
17	160	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	mm	+
18	152	Número de saídas de emergência	n	+
19	152	Dimensões das saídas de emergência	mm	+

**Quadro 45** - Terço superior dos requisitos de projeto hierarquizados

Ressalta-se que neste estudo de caso, devido ao elevado número de requisitos de projeto identificados, em conjunto com questões operacionais referentes à organização da equipe, tal hierarquização não considerou a relação existente entre tais requisitos, telhado da casa da qualidade. Contudo, sugere-se que em trabalhos futuros a mesma seja realizada, proporcionando aos projetistas uma análise mais detalhada do comprometimento entre esses itens.

Evidencia-se as três principais características identificadas no projeto de cabine como sendo as vinculadas diretamente ao seu dimensionamento,

comprimento, altura e largura, em que apresentaram relação com a maioria dos requisitos dos clientes do produto.

Neste sentido, fica claro a interferência das restrições de projeto, apresentadas no escopo deste estudo de caso, para o atendimento das necessidades/vontades dos usuários do produto, pois estas referem-se as dimensões máximas disponibilizadas (comprimento, altura e largura) para o projeto da cabine. A limitação da altura é proveniente da resolução, nº 210 de 2006 do CONTRAN, a qual especifica um valor máximo de 4,4m para a circulação em via pública. As restrições de comprimento e largura da cabine estão relacionadas a própria configuração física da máquina.

A seleção do assento, considerando as possíveis regulagens e amortecimentos, seguido da disponibilização de alertas de funcionamento operacional e, das características relacionadas a visibilidade do operador, diante da máquina, seus componentes e sua trajetória, vão ao encontro do atendimento dos principais requisitos dos clientes, mencionados na atividade anterior.

#### 5.2.5 Atividade 2.5 - Estabelecer as especificações de projeto

Os requisitos de projeto hierarquizados foram complementados com as informações necessárias a elaboração das especificações técnicas da cabine, sendo essas, a atribuição de um valor meta, considerando, quando disponibilizado, o parâmetro do requisito em questão, a forma de avaliação e os aspectos a serem evitados quando da possível não implementação da referência dada.

A atribuição dos máximos valores permitidos para as dimensões da cabine foram provenientes das restrições de projeto, as características do assento advindas de normas específicas apresentadas nos fatores de influência, o número de alertas operacionais por meio da observação das funções presentes no posto de operação, bem como de informações provenientes dos clientes/usuários por meio dos questionários aplicados. Nos parâmetros para a visibilidade, se consideraram as informações coletadas na avaliação da máquina em campo, realizada na tarefa 2.2.1, mais especificamente, quanto à análise do campo de visão do operador.

Por meio da análise ergonômica, na qual havia sido identificada a carência de símbolos para diversas funções atualmente disponibilizadas no posto de operação

do pulverizador autopropelido, foi possível estimar um parâmetro (percentagem) para o valor meta do requisito relacionado.

Também merece destaque a atribuição dos valores meta para as resistências necessárias à deformação da estrutura de proteção contra capotamento - EPCC, em que os parâmetros normativos identificados são destinados ao posto de tratores agrícolas, máquinas que apresentam massa muito inferior, quase a metade, quando comparadas à dos pulverizadores autopropelidos abastecidos. Neste sentido, tendo em vista que os valores são calculados baseando-se em tal parâmetro, a massa, fica a ressalva da necessidade de estudos mais aprofundados quanto a atribuição dos mesmos, de modo que essa estrutura não seja dimensionada inadequadamente.

Por fim, é importante registrar que parte dos valores meta tiveram seus parâmetros atribuídos baseados em informações provenientes do questionário, da entrevista com os operadores, dos dados da análise ergonômica, da percepção da característica pela equipe de projeto, sempre buscando-se referências possíveis de serem alcançadas diante o contexto deste estudo de caso. O exemplo da lista contendo as informações relacionadas as especificações do projeto, pode ser visualizado no quadro 46, estando a listagem completa no apêndice M.

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
1	Comprimento da cabine	mm	+	1700	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção
2	Altura da cabine	mm	+	1800	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção
3	Largura da cabine	mm	+	1750	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção
4	Ajustes do assento	mm	+	Ajuste longitudinal a partir da posição média: 100; Ajuste vertical a partir da posição média: 50	Aferição métrica	Postura corporal inadequada do operador quando em operação da máquina; Comprometimento com custo de produção e com o espaço livre interno
5	Alertas de funcionamento operacional	nº	+	3 Macros: sinal conforme; atenção e perigo; 8 Sub-níveis: 3 nível de produtos (combustível, tanque químico e líquido para limpeza), porta aberta, painel lateral, filtragem do ar na cabine, falha na pulverização e uso do cinto de segurança	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Excesso de informação
6	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-	15.000 (atualmente o valor é de 18.155)	Aferição métrica	Comprometimento da EPCC e estruturas para segurança ao usuário
7	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F.	mm	-	A(65: 2-700); B, C, D e E (205: 1-700 e 1-1300); e F (65: 12.000 - Atualmente é 15.288)	Aferição métrica	Comprometimento da EPCC e estruturas para segurança ao usuário
..	...	...	...	...	...	...

**Quadro 46** - Exemplos de especificações de projeto da cabine do pulverizador autopropelido

5.2.6 Atividade 2.6 - Selecionar/registrar as restrições de segurança relacionadas ao projeto

Nesta última atividade do projeto informacional, utilizando o SAPROC, a equipe de projeto selecionou as restrições de segurança relacionadas ao projeto em desenvolvimento. Tendo em vista que o escopo deste estudo de caso refere-se ao projeto da cabine como um todo, apenas duas das restrições de segurança armazenadas no software, resultado da tarefa 2.1.2, foram excluídas da seleção, uma relacionada à tomada de potência e outra ao engate de três pontos, ambas referindo-se a trator agrícola (Apêndice D).

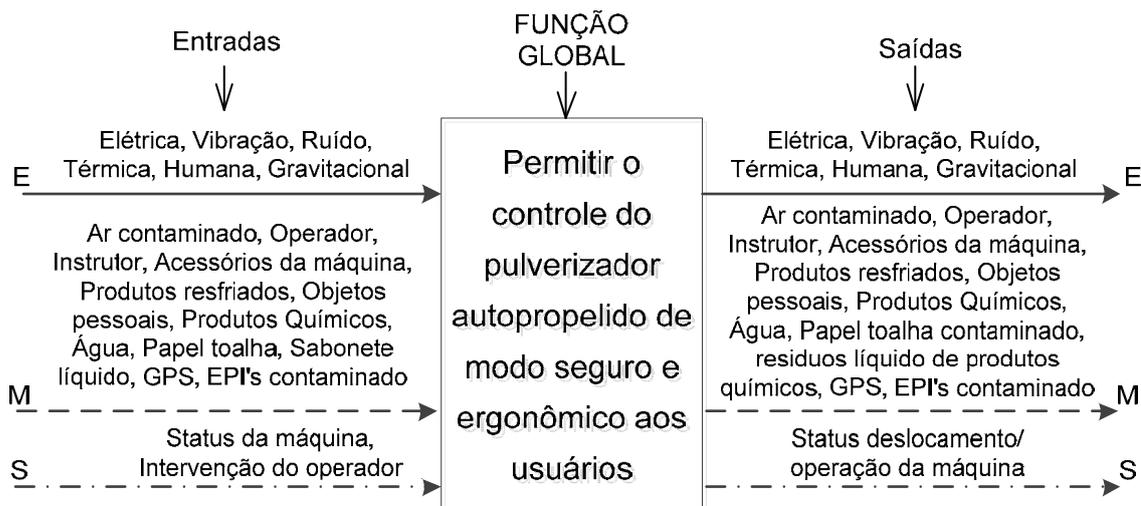
### **5.3 Fase 3: Projeto Conceitual**

Esta fase destinou-se ao desenvolvimento de variantes e seleção de um conceito para a cabine do pulverizador autopropelido.

#### 5.3.1 Atividade 3.1 - Estabelecer a estrutura funcional

Tarefa 3.1.1 - *Definir a função global da cabine*: o procedimento inicial foi a definição da missão principal do produto, caracterizando as entradas e saídas relacionadas ao posto de operação. Neste, buscou-se contemplar as funções atualmente já disponibilizadas na cabine avaliada, bem como a inclusão de características solicitadas pelos usuários do produto, como por exemplo as de higienização e armazenamento de produtos para o transporte. Como pode ser observado tais funções não estão, necessariamente, vinculadas ao ambiente interno da cabine.

Para a identificação das possíveis entradas e saídas para energia, material e sinal, a equipe de projeto buscou mentalizar a aplicação de princípios de soluções para contemplar a missão do produto. Com este procedimento desenvolveu-se o esquema ilustrado na figura 74. É importante destacar que a medida do desenvolvimento deste projeto, algumas destas grandezas poderão não ser apresentadas ao término de sua elaboração.



**Figura 74** - Esquema da estrutura global do posto de operação do pulverizador autopropelido

Tarefa 3.1.2 - *Definir as subfunções da cabine*: através do desdobramento da função global foi possível caracterizar seis funções parciais, que por sua vez, originaram trinta e cinco funções elementares. As mesmas podem ser visualizadas na figura 75.

<b>Função Global:</b> Permitir o controle do pulverizador autopropelido de modo seguro e ergonômico aos usuários	
<b>Função Parcial 1:</b> Acomodar usuários com segurança e ergonomia	
	<b>Função Elementar 1.1:</b> Acomodar operador
	<b>Função Elementar 1.2:</b> Reduzir vibração ao operador
	<b>Função Elementar 1.3:</b> Acomodar instrutor
	<b>Função Elementar 1.4:</b> Reduzir vibração ao instrutor
	<b>Função Elementar 1.5:</b> Proporcionar melhor postura ao operador
<b>Função Parcial 2:</b> Proporcionar praticidade aos usuários	
	<b>Função Elementar 2.1:</b> Armazenar acessórios no exterior da cabine
	<b>Função Elementar 2.2:</b> Manter produtos resfriados
	<b>Função Elementar 2.3:</b> Armazenar objetos no interior da cabine
	<b>Função Elementar 2.4:</b> Armazenar produtos químicos em transporte
<b>Função Parcial 3:</b> Permitir acesso seguro aos usuários	
	<b>Função Elementar 3.1:</b> Iluminar acesso
	<b>Função Elementar 3.2:</b> Permitir acesso a cabine
	<b>Função Elementar 3.3:</b> Permitir entrada a cabine
	<b>Função Elementar 3.4:</b> Permitir saída de emergência
<b>Função Parcial 4:</b> Proteger usuários no transporte/operação	
	<b>Função Elementar 4.1:</b> Proporcionar higienização aos usuários
	<b>Função Elementar 4.2:</b> Armazenar EPI's contaminados
	<b>Função Elementar 4.3:</b> Reduzir vibração na cabine
	<b>Função Elementar 4.4:</b> Isolar ambiente interno
	<b>Função Elementar 4.5:</b> Proteger usuários no emborcamento/tombamento
	<b>Função Elementar 4.6:</b> Climatizar ambiente
	<b>Função Elementar 4.7:</b> Purificar ar da cabine
<b>Função Parcial 5:</b> Proporcionar boa visibilidade aos usuários	
	<b>Função Elementar 5.1:</b> Visualizar barra de pulverização
	<b>Função Elementar 5.2:</b> Visualizar parte inferior da máquina
	<b>Função Elementar 5.3:</b> Visualizar pneus dianteiros
	<b>Função Elementar 5.4:</b> Iluminar ambiente externo
	<b>Função Elementar 5.5:</b> Sinalizar deslocamento da máquina
	<b>Função Elementar 5.6:</b> Desembaçar vidros
	<b>Função Elementar 5.7:</b> Iluminar ambiente interno
	<b>Função Elementar 5.8:</b> Proteger operador contra reflexo do sol
	<b>Função Elementar 5.9:</b> Sinalizar máquina em operação
	<b>Função Elementar 5.10:</b> Desembaçar espelhos retrovisores
<b>Função Parcial 6:</b> Controlar pulverização/deslocamento da máquina	
	<b>Função Elementar 6.1:</b> Controlar funções do deslocamento e pulverização
	<b>Função Elementar 6.2:</b> Monitorar funções do deslocamento e pulverização
	<b>Função Elementar 6.3:</b> Fixar equipamento GPS na cabine
	<b>Função Elementar 6.4:</b> Monitorar as condições climáticas
	<b>Função Elementar 6.5:</b> Entreter operador

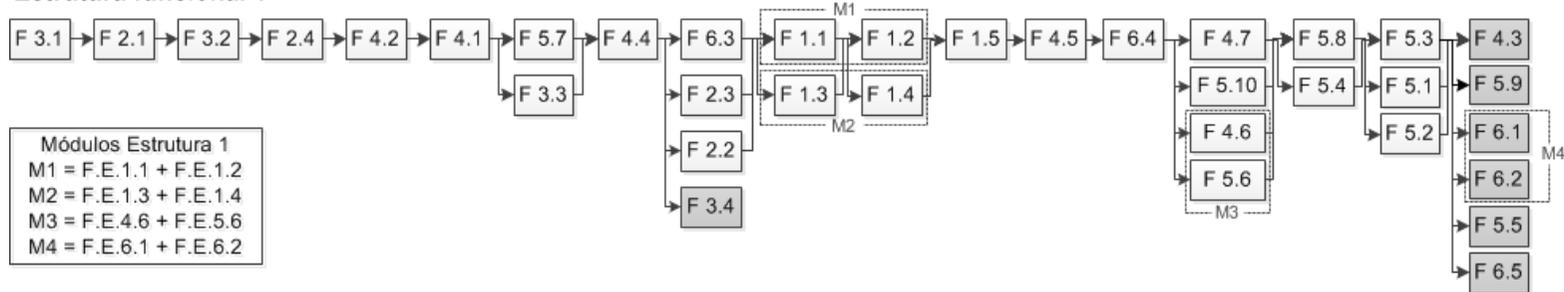
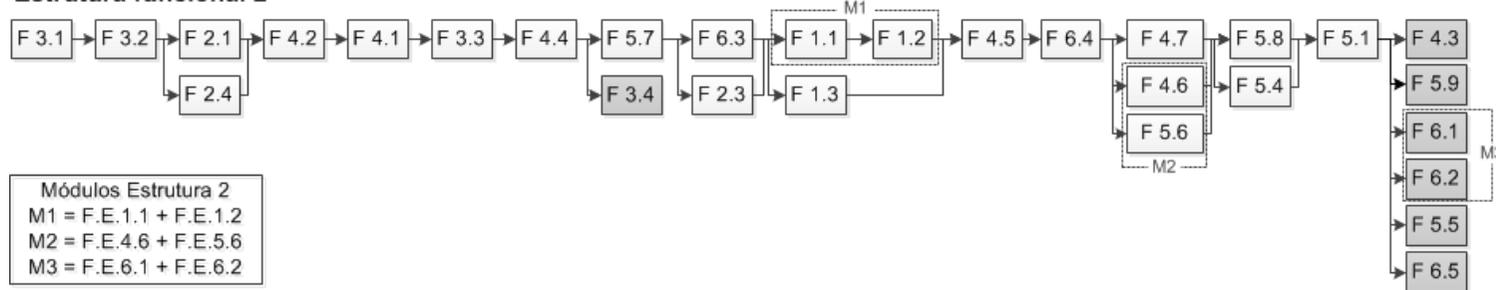
**Figura 75 - Funções do posto de operação do pulverizador autopropelido**

Tarefa 3.1.3 - *Desenvolver as estruturas e os módulos funcionais*: nesta tarefa, empregando a ferramenta F7 - Análise da Tarefa, buscou-se a simulação dos procedimentos adotados pelo operador seguindo uma sequência de execução, correlacionando-os com as funções esperadas e/ou necessárias no posto de operação, a fim de identificar as entradas e saídas de energia, material e sinal (Apêndice N).

Desta forma, desenvolveram-se duas estruturas funcionais (Figura 76). Uma destas, considerando a excelência em termos funcionais, ou seja, contemplando as características julgadas à apresentar o máximo de conforto e praticidade ao usuário (Estrutura 1), e, a outra, trazendo as que já vem sendo disponibilizadas no mercado nacional (Estrutura 2).

Posteriormente, os módulos funcionais foram definidos, sendo apresentados quatro para a estrutura 1, e três para a 2. Tal procedimento também baseou-se na observação de princípios de solução já disponibilizados no mercado que atendem mais de uma função simultaneamente, denominados módulos construtivos.

Como exemplos tem-se o assento, contemplando a função de acomodar o operador e reduzir a exposição deste à vibração, como também o climatizador de ar, que pode atender além da função implícita, outra de desembaçar os vidros da cabine. Por fim, a definição de módulos que apresentam funções com similaridade, como é o caso do módulo 4 - M4, com as funções 6.1 e 6.2, uma referindo-se ao controle e, a outra, ao monitoramento, ambas relacionadas à pulverização e ao deslocamento da máquina.

**Estrutura funcional 1****Estrutura funcional 2****Legenda:****F.P.1 Acomodar usuários com segurança e ergonomia**

- F.E.1.1 Acomodar operador
- F.E.1.2 Reduzir vibração ao operador
- F.E.1.3 Acomodar instrutor
- F.E.1.4 Reduzir vibração ao instrutor
- F.E.1.5 Proporcionar melhor postura ao operador

**F.P.2 Proporcionar praticidade aos usuários**

- F.E.2.1 Armazenar acessórios no exterior da cabine
- F.E.2.2 Manter produtos resfriados
- F.E.2.3 Armazenar objetos no interior da cabine
- F.E.2.4 Armazenar produtos químicos em transporte

**F.P.3 Permitir acesso seguro aos usuários**

- F.E.3.1 Iluminar acesso
- F.E.3.2 Permitir acesso a cabine
- F.E.3.3 Permitir entrada a cabine
- F.E.3.4 Permitir saída de emergência

**F.P.4 Proteger usuários no transporte/operação**

- F.E.4.1 Proporcionar higienização aos usuários
- F.E.4.2 Armazenar EPI's contaminados
- F.E.4.3 Reduzir vibração na cabine
- F.E.4.4 Isolar ambiente interno
- F.E.4.5 Proteger usuários no emborcamento/tombamento
- F.E.4.6 Climatizar ambiente
- F.E.4.7 Purificar ar da cabine

**F.P.5 Proporcionar boa visibilidade aos usuários**

- F.E.5.1 Visualizar barra de pulverização
- F.E.5.2 Visualizar parte inferior da máquina
- F.E.5.3 Visualizar pneus dianteiros
- F.E.5.4 Iluminar ambiente externo
- F.E.5.5 Sinalizar deslocamento da máquina
- F.E.5.6 Desembaçar vidros
- F.E.5.7 Iluminar ambiente interno
- F.E.5.8 Proteger operador contra reflexo do sol

- F.E.5.9 Sinalizar máquina em operação
- F.E.5.10 Desembaçar espelhos retrovisores

**F.P.6 Controlar pulverização/deslocamento da máquina**

- F.E.6.1 Controlar funções do deslocamento e pulverização
- F.E.6.2 Monitorar funções do deslocamento e pulverização
- F.E.6.3 Fixar equipamento GPS na cabine
- F.E.6.4 Monitorar as condições climáticas
- F.E.6.5 Entretreter operador

**F X** Função elementar "X" final

**Figura 76 - Estruturas de funções do posto de operação do pulverizador autopropelido**

Tarefa 3.1.4 - *Selecionar a estrutura funcional*: tendo em vista que as estruturas apresentam uma forma muito abstrata, em que ainda não foram escolhidos ou desenvolvidos os princípios de solução, seguiu-se as orientações de Back et al (2008), buscando-se imaginar ou simular princípios de solução para as diversas funções e, posteriormente, verificando como as estruturas atendem os requisitos dos clientes hierarquizados. Estes critérios foram escolhidos baseados na ferramenta Matriz de seleção de estruturas funcionais - F8 (MARIBONDO, 2000) adotada na metodologia proposta.

Assim como na configuração do SAPROC, este procedimento considerou o terço superior dos requisitos dos clientes hierarquizados, que estão expostos no quadro 47.

Imp	Requisitos dos clientes hierarquizados	Peso % (Mudje)	Estrutura 1		Estrutura 2	
		Pi	vi	pi x vi	vi	pi x vi
1º	Ter sistema eficiente de purificação do ar	7,38	5	36,90	5	36,90
2º	Ter estrutura de proteção resistente contra capotamento/emborcamento	6,79	5	33,95	5	33,95
3º	Ter bom sistema de amortecimento de impactos	5,84	5	29,20	3	17,52
4º	Ter baixo ruído interno	5,63	3	16,89	5	28,15
5º	Ter ambiente climatizado	5,10	5	25,50	5	25,50
6º	Ter boa visibilidade da máquina	4,19	5	20,95	1	4,19
7º	Ter dispositivos de alerta de funcionamento operacional	4,14	5	20,70	5	20,70
8º	Ter acesso ergonômico à cabine	4,09	5	20,45	5	20,45
9º	Ter saída de emergência de fácil utilização	4,09	3	12,27	5	20,45
10º	Ter boa visibilidade da trajetória da máquina	3,98	5	19,90	3	11,94
11º	Ter dispositivo externo para higienização do operador	3,87	5	19,35	5	19,35
12º	Ter bom sistema de iluminação externo	3,82	5	19,10	5	19,10
13º	Ter assento seguro	3,40	5	17,00	3	10,20
Resultado $\sum (pi \times vi)$				292,16		268,40
Posição				1º		2º

**Quadro 47** - Matriz de decisão para seleção da estrutura funcional

A estrutura 1 foi a que obteve a maior pontuação, sendo a escolhida para a apresentação das funções e módulos a serem considerados nas etapas seguintes.

Conforme pode ser verificado na situação deste escopo de projeto, acreditava-se que a estrutura de funções mais completa receberia pontuação máxima para todas as características do "terço superior dos requisitos dos clientes hierarquizados", o que não se confirmou. Embora tal estrutura tenha sido selecionada, verificou-se que a medida da contemplação de uma determinada

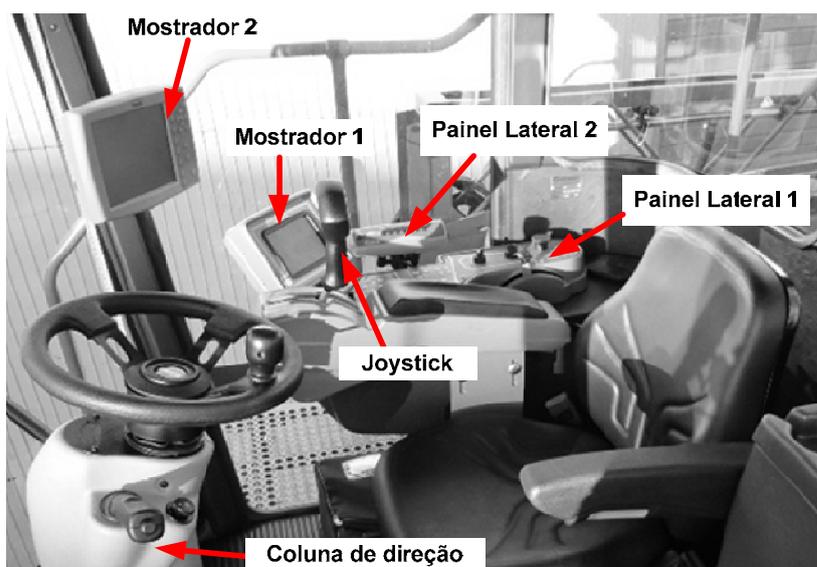
função, a mesma pode trazer aspectos negativos com relação à outra característica determinada pelo cliente.

### 5.3.2 Atividade 3.2 - Desenvolver as concepções alternativas

Tarefa 3.2.1 - *Desenvolver módulos/componentes construtivos comuns às variantes do projeto*: dentre os módulos apresentados na estrutura de funções selecionada, a Estrutura 1, somente o M4 foi considerado como sendo comum as variantes do projeto deste estudo de caso. Isso significa que o mesmo deve obedecer uma série de características específicas, de modo a atender a sua função englobando os princípios dedicados para uso, segurança e ergonomia. Diante disto, os princípios de solução desenvolvidos (Módulos Construtivos) são válidos para todas as variantes do projeto, diferentemente dos demais módulos, em que se pode combinar facilmente diferentes princípios de solução para o seu atendimento. Observa-se que esta etapa refere-se a subdivisão de um projeto maior em partes menores para serem contempladas com as devidas especificidades. Ao módulo construtivo M4, foi atribuído o nome de dispositivos de controle e monitoramento.

#### *Módulo construtivo - M4: Dispositivos de controle e monitoramento*

O M4 é composto por painéis de controle e monitoramento, e coluna de direção da máquina. Por meio do emprego da ferramenta F7 - Análise da tarefa, e da caracterização inicial dos controles e mostradores no posto de operação (Figura 77), buscou-se inicialmente o desenvolvimento do projeto dos painéis de controle e monitoramento.



**Figura 77** - Disposição dos painéis na cabine do pulverizador autopropelido avaliado

Para tanto, foram elaborados cenários, de modo a contemplar as principais operações realizadas pelo usuário no pulverizador autopropelido (Quadro 48).

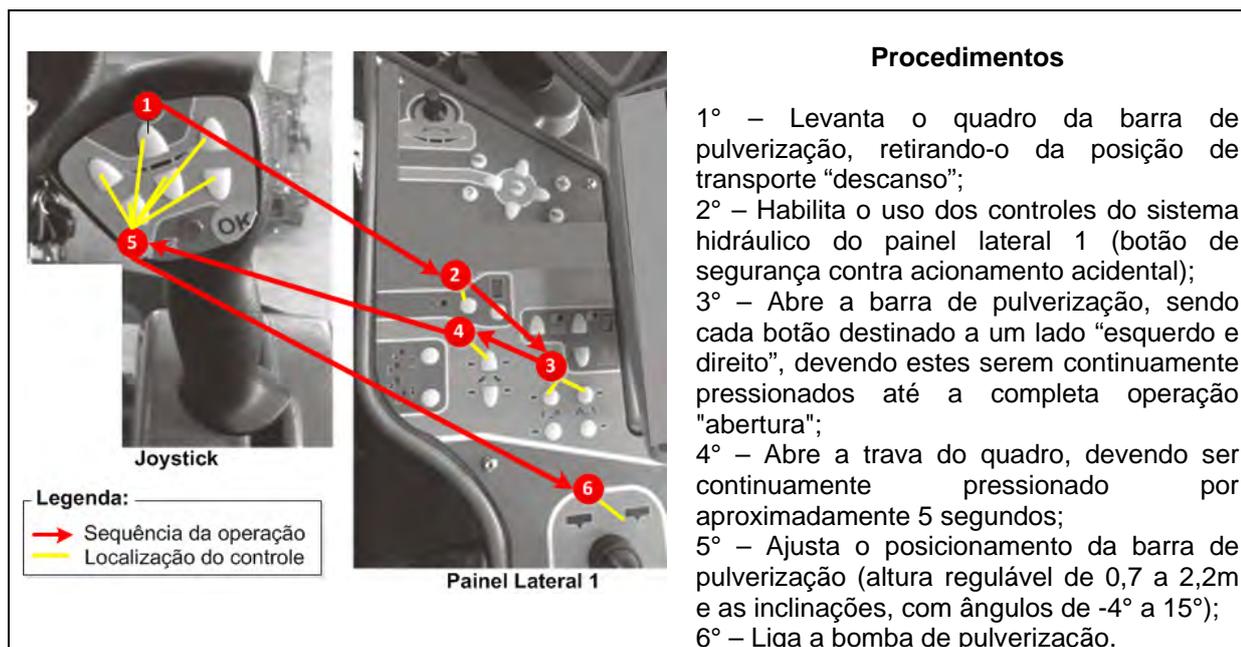
Cenários	Operações
1	Operador ligando a máquina e conduzindo-a ao local da aplicação
2	Operador preparando a máquina para a pulverização
3	Operador finalizando a operação de pulverização
4	Operador desligando a máquina

**Quadro 48** - Operações contempladas na análise da tarefa do pulverizador autopropelido

Ressalta-se que os cenários mencionados acima referem-se às operações a serem realizadas dentro da cabine, ou seja, considerando a máquina preparada e abastecida para a pulverização.

Frente à definição das operações, buscou-se, para cada uma dessas, a identificação e apresentação da sequência de uso dos controles necessários à sua execução. De modo a exemplificar, o quadro 49 apresenta a análise do cenário 2, e as demais encontram-se no apêndice O. O referido apêndice também traz a análise da tarefa do conceito desenvolvido, a fim de visualizar as alterações propostas.

Posteriormente, confrontou-se o tipo de controle empregado com a caracterização da sua função, podendo este ser discreto, quando admite posições bem definidas, ou contínuo, quando empregado em vários ajustes (IIDA, 2005).



**Quadro 49 - Análise da tarefa da preparação da máquina para pulverização**

Outra característica refere-se ao tamanho do controle, em que se recomenda utilizar os menores, empregando o movimento dos dedos, para funções que requerem precisão, e os maiores quando é necessário mais forças. De acordo com as informações disponibilizadas na figura 78, foi então realizada a seleção dos controles dos painéis.

Tipo de controle	Função		Características		
	Discreta	Contínua	Velocidade	Precisão	Força
Botão liga-desliga	Ótimo para ativação 2 posições	Não	Boa	Baixa	Pequena 0,1 a 0,2 kg
Interruptor	Ótimo para ativação 2 ou 3 posições	Não	Boa	Regular	Pequena até 1,0 kg para dedos até 5 kg para a mão
Teclado	Para entrada de dados	Não	Boa	Regular	Pequena 0,1 a 2,0 kg
Botão rotativo	Não	Boa	Baixa	Regular	Até 2,5 kg x cm com diâmetro de 75 mm
Botão discreto	Regular para 3 a 20 posições	Não	Boa	Boa dependendo do desenho	Até 1,5 kg x cm com diâmetro máximo de 100 mm
Alavanca	Boa para 2 a 10 posições	Boa	Boa	Boa	Até 13 kg

**Figura 78 - Funções e características dos principais tipos de controles (Fonte: GRANDJEAN, 1983)**

Na etapa seguinte, baseado no agrupamento de funções relacionadas, sequência de execução e frequência no uso, foi elaborado um conceito para o

posicionamento dos controles. Neste desenvolvimento, fazendo-se uso das ferramentas virtuais e das normas apresentadas nos fatores de influência "Controles" e "Mostradores", no tocante dimensões e posicionamento do painel, verificou-se a necessidade de disponibilização de dois painéis, de modo a contemplar as funções atualmente disponibilizadas na cabine em estudo, bem como de outras requeridas pelos usuários do produto e pela equipe de projeto.

Os painéis foram nomeados de acordo com a sua posição em relação ao operador, painel direito e painel superior, sendo o último dividido em cinco regiões, nas quais, priorizando os critérios de importância e frequência da função, as mesmas foram definidas para contemplar os sistemas ilustrados no quadro 50.



**Quadro 50** - Conceito desenvolvido para o painel superior, sistemas contemplados e suas respectivas regiões

Tendo em vista a importância dos alertas de funcionamento operacional da máquina, evidenciado no diagrama de Mudge e na matriz da casa da qualidade, buscou-se o desenvolvimento de um sistema simples para contemplar esta característica. Assim, com o emprego de luzes e símbolos alocados na região 3, melhor visibilidade do painel superior, torna-se possível ao operador monitorar o status da máquina.

A luz verde indica o funcionamento normal, a amarela, a necessidade de atenção e observação e, a vermelha, a falha em alguma das funções. A medida do acendimento da luz amarela ou vermelha, outra luz é acionada em conjunto, para a identificação de qual função tais cores estão se referindo, permitindo ao operador uma rápida verificação do funcionamento da máquina.

Quanto aos alertas de funcionamento operacional, previstos para a região trêz do painel superior, encontram-se o aviso de porta aberta, o cinto de segurança não afivelado, a falha a ser observada nos mostradores do painel lateral, o entupimento do bico de pulverização e problemas no sistema de filtragem de ar da cabine.

Nesta etapa, verificou-se a carência de símbolos para contemplar algumas das funções disponibilizadas na máquina, conforme já relatado no projeto informacional, o que levou a necessidade de criação de ícones baseados nos já padronizados.

Dentre algumas das modificações propostas para o conceito, quando comparadas com o disponibilizado no projeto do painel lateral 1, estão o agrupamento das funções relacionadas à propulsão e a pulverização. Nesta última, os controles das seções da barra de pulverização (painel lateral 2) foram reposicionados e orientados conforme a configuração física da barra perante a máquina. Também foi destacada a seção do quadro central de pulverização, com posicionamento visando facilitar a rápida identificação das mesmas.

Outra alteração foi a disponibilização de algumas das funções empregadas no joystick para o painel lateral 1, de modo a facilitar a sequência de uso dos controles para as operações de abertura e fechamento da barra de pulverização. Também foi inserido um mecanismo de proteção contra o acionamento acidental de operações controladas no joystick (Figura 79).



**Figura 79** - Dispositivo de proteção contra acionamento acidental disponibilizado no joystick

A incorporação de um mecanismo para fixação do controlador eletrônico de pulverização (mostrador 2) junto ao painel lateral 1, vem ao encontro do solicitado pelos usuários do produto, visto os relatos dos acidentes ocorridos com o uso de ventosas para fixação do referido no vidro da máquina. Tal mecanismo, por ser

ajustável, proporciona uma maior proximidade do equipamento (mostrador 2) junto ao operador, facilitando a visualização e o uso.

Sugere-se que os controles relativos a navegação da tela de monitoramento das condições da máquina (mostrador 1), que estavam posicionados no painel lateral 1, sejam incorporados na mesma (Figura 80), de forma a facilitar a correlação, uso do controle e visualização do status da função executada. Ainda com relação a esta, o emprego de um suporte que permita o ajuste do seu posicionamento perante o operador torna-se fator importante a ser considerado, de modo que o mesmo permaneça no cone de visão do operador.



**Figura 80** - Conceito desenvolvido para o painel lateral

Para o desenvolvimento da coluna de direção da máquina, optou-se pela seleção da mesma, visto que trata-se de um componente disponibilizado no mercado por diversos fornecedores e suas características satisfazem as diretrizes preconizadas, quanto aos aspectos de segurança, uso e ergonomia. Logo, escolheu-se uma coluna com ajustes de inclinação e de posicionamento do volante, a qual foi utilizada para as variantes do projeto (Figura 81).

**Legenda:**

A - Ajuste do posicionamento do volante;

B - Ajuste da inclinação da coluna de direção.

**Figura 81** - Coluna de direção selecionada para as variantes do projeto

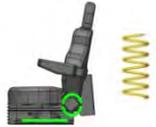
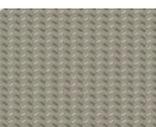
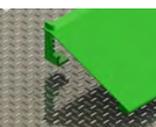
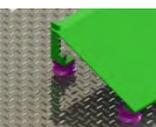
Na realização deste estudo, evidenciou-se a necessidade da observação das características apresentadas para o desenvolvimento do módulo construtivo M4 - Dispositivos de controle e monitoramento, principalmente quanto ao projeto dos painéis, a fim de disponibilizar ao operador uma maior facilidade no aprendizado e uso dos controles e mostradores.

*Tarefa 3.2.2 - Desenvolver/selecionar os princípios de solução para as demais subfunções e combiná-los definindo as variantes da concepção:* nesta, a equipe de projeto empregando a ferramenta Brainstorming (F9), buscou a identificação dos princípios de solução para o atendimento dos módulos funcionais (módulos construtivos), ainda não contemplados na tarefa anterior. Em seguida, repetiu-se o mesmo procedimento para as demais funções elencadas na estrutura 1 da cabine em estudo.

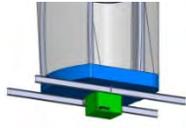
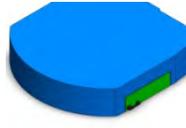
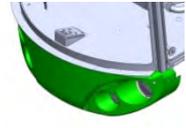
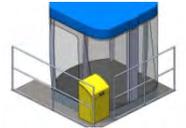
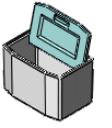
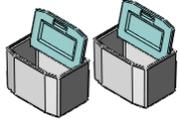
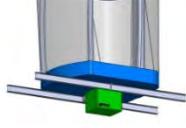
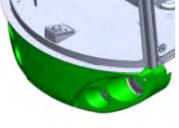
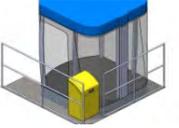
Os princípios de solução apresentados na matriz morfológica (Quadro 51), são descritos no apêndice P, conforme a numeração indicada abaixo do respectivo. Para algumas funções foram empregados os mesmos princípios de solução, como por exemplo, as destinadas ao armazenamento dos produtos químicos e acessórios da máquina.

Neste estudo de caso, optou-se pelo desenvolvimento de três variantes para o projeto, as quais são representadas pelas cores, azul para a Variante 1, verde para a Variante 2 e laranja para a Variante 3.

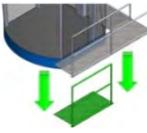
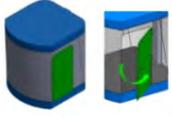
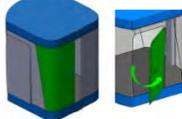
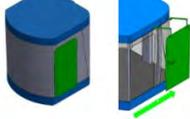
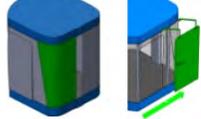
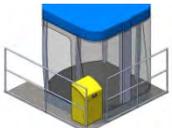
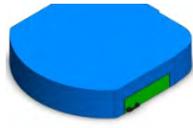
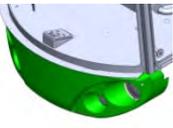
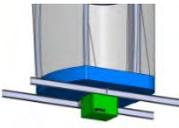
Durante o processo de seleção dos princípios de solução, para cada variante, a equipe buscou combinar os princípios de soluções compatíveis, de acordo com as recomendações de Pahl et al. (2005) e Back et al. (2008).

Função Elementar		Princípio de solução 1	Princípio de solução 2	Princípio de solução 3	Princípio de solução 4	Princípio de solução 5	Princípio de solução 6
Módulo 1	Acomodar e reduzir vibração ao operador (F.E.1.1, F.E.1.2)						
		1	2	3	4	5	6
Módulo 2	Acomodar e reduzir vibração ao Instrutor (F.E.1.3, F.E.1.4)						
		7	8	9	10	11	
Módulo 3	Climatizar ambiente e desembaçar vidros (F.E.4.6, F.E.5.6)						
		12	13				
Módulo 4	Controlar e monitorar funções do deslocamento e pulverização (F.E.6.1, F.E.6.2)						
		14					
F.E.1.5 Proporcionar melhor postura ao operador							
		15	16	17			

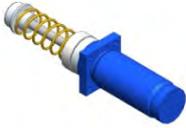
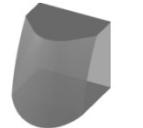
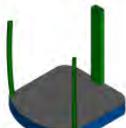
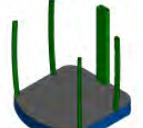
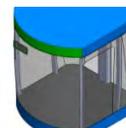
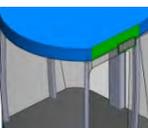
Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido

Função Elementar	Princípio de solução 1	Princípio de solução 2	Princípio de solução 3	Princípio de solução 4	Princípio de solução 5	Princípio de solução 6
F.E.2.1 Armazenar acessórios no exterior da cabine						
	18	19	20	21		
F.E.2.2 Manter produtos resfriados						
	22	23	24			
F.E.2.3 Armazenar objetos no interior da cabine						
	25	26	27			
F.E.2.4 Armazenar produtos químicos em transporte						
	28	29	30			
F.E.3.1 Iluminar acesso						
	31	32	33			

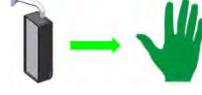
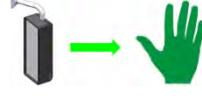
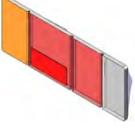
Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)

Função Elementar	Princípio de solução 1	Princípio de solução 2	Princípio de solução 3	Princípio de solução 4	Princípio de solução 5	Princípio de solução 6
F.E.3.2 Permitir acesso a cabine						
	34	35	36			
F.E.3.3 Permitir entrada a cabine						
	37	38	39	40		
F.E.3.4 Permitir saída de emergência						
	41	42				
F.E.4.1 Proporcionar higienização aos usuários						
	43	44	45	46		
F.E.4.2 Armazenar EPI's contaminados						
	47	48	49	50		

Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)

Função Elementar	Princípio de solução 1	Princípio de solução 2	Princípio de solução 3	Princípio de solução 4	Princípio de solução 5	Princípio de solução 6
F.E.4.3 Reduzir vibração na cabine						
	51	52	53	54	55	
F.E.4.4 Isolar ambiente interno						
	56	57	58	59	60	61
F.E.4.5 Proteger usuários no emborcamento/tombamento						
	62	63	64			
F.E.4.7 Purificar ar da cabine						
	65	66	67			
F.E.5.1 Visualizar barra de pulverização						
	68	69	70	71		

Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)

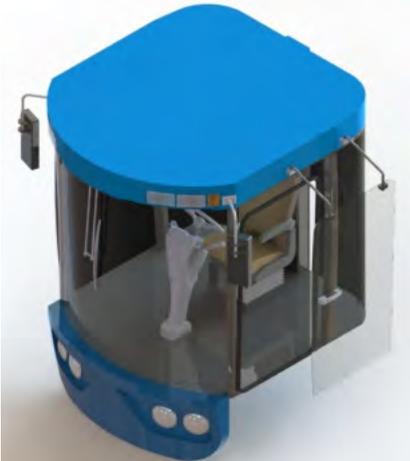
Função Elementar	Princípio de solução 1	Princípio de solução 2	Princípio de solução 3	Princípio de solução 4	Princípio de solução 5	Princípio de solução 6
F.E.5.2 Visualizar parte inferior da máquina						
	72	73	74	75		
F.E.5.3 Visualizar pneus dianteiros						
	76	77	78	79		
F.E.5.4 Iluminar ambiente externo						
		81	82	83	84	
F.E.5.5 Sinalizar deslocamento da máquina						
	85	86				
F.E.5.7 Iluminar ambiente interno						
	87	88				

Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)

Função Elementar	Princípio de solução 1	Princípio de solução 2	Princípio de solução 3	Princípio de solução 4	Princípio de solução 5	Princípio de solução 6
F.E.5.8 Proteger operador contra reflexo do sol						
	89	90	91	92	93	94
F.E.5.9 Sinalizar máquina em operação						
	95					
F.E.5.10 Desembaçar espelhos retrovisores						
	96					
F.E.6.3 Fixar equipamento GPS na cabine						
	97	98	99			
F.E.6.4 Monitorar as condições climáticas						
	100	101				
F.E.6.5 Entreter operador						
	102	103				

Quadro 51 - Matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)

Concluída a matriz morfológica (F12), foram elaborados desenhos com as principais características das três variantes desenvolvidas, estando estas apresentados no quadro 52.

	<p style="text-align: center;"><b>Concepção 1</b></p> <p>Estrutura de proteção contra capotamento interna a cabine e com cinco pontos de fixação, sendo dois na parte frontal, um na lateral dois na traseira da cabine;</p> <p>Formato da cabine seguindo linhas tradicionais "curvas e planas";</p> <p>Acesso com porta lateral basculante, com mecanismos de articulação presos no teto da cabine.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Concepção 2</b></p> <p>Estrutura de proteção contra capotamento interna a cabine e com cinco pontos de fixação, sendo dois na parte frontal e três na traseira da cabine;</p> <p>Formato da cabine seguindo a biônica do Sapo - Característica "Robustez";</p> <p>Acesso com porta lateral basculante, com mecanismos de articulação presos a coluna traseira;</p> <p>Disponibilização de bagageiro no teto da cabine.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Concepção 3</b></p> <p>Estrutura de proteção contra capotamento externa a cabine e com quatro pontos de fixação, sendo dois na parte frontal e dois na traseira da cabine;</p> <p>Formato da cabine seguindo a biônica da aranha - Característica "Agilidade";</p> <p>Acesso com porta traseira basculante, com mecanismos de articulação presos ao teto da cabine.</p>

**Quadro 52** - Variantes para a concepção da cabine do pulverizador autopropelido

### 5.3.3 Atividade 3.3 - Selecionar a concepção alternativa

Nesta atividade foi selecionada a concepção considerada a mais adequada para o desenvolvimento do projeto.

Tarefa 3.3.1 - *Avaliar as concepções alternativas e selecionar a mais adequada*: fazendo-se uso da ferramenta Matriz de Decisão (F13), relacionaram-se as três variantes desenvolvidas com o terço superior dos requisitos de projeto hierarquizados (Quadro 53).

A dificuldade nesta tarefa, julgamento das variantes, está relacionada com o reduzido número de informações e o elevado nível de abstração necessário, característica esta marcante na fase conceitual (NOVAES, 2005).

No julgamento das concepções, diante das características relacionadas aos módulos de uso comum, resultado da tarefa 3.2.1, como é o caso do M4 - Dispositivos de controle e monitoramento, todas as variantes receberam a mesma pontuação.

Após esse procedimento, verificou-se que a variante número dois foi a escolhida. As características da mesma estão detalhadas na próxima tarefa (3.3.2).

Especificações de projeto				Avaliação das concepções						
Imp	Requisitos de projeto hierarquizados	Und	Dir	Peso (QFD)	Concepção 1		Concepção 2		Concepção 3	
				pi	vi	pi x vi	vi	pi x vi	vi	pi x vi
1º	Comprimento da cabine	mm	+	338	10	3380	7	2366	7	2366
	Valor meta: 1700									
2º	Altura da cabine	mm	+	336	10	3360	5	1680	7	2352
	Valor meta: 1800									
3º	Largura da cabine	mm	+	335	10	3350	10	3350	7	2345
	Valor meta: 1750									
4º	Ajustes do assento	mm	+	247	7	1729	10	2470	10	2470
	Valor meta: Ajuste longitudinal a partir da posição média: 100; Ajuste vertical a partir da posição média: 50									
5º	Alertas de funcionamento operacional	nº	+	229	10	2290	10	2290	10	2290
	Valor meta: 3 Macros: sinal conforme; atenção e perigo; 8 Sub-níveis: 3 nível de produtos (combustível, tanque químico e líquido para limpeza), porta aberta, painel lateral, filtragem do ar na cabine, falha na pulverização e uso do cinto de segurança									
6º	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-	223	5	1115	7	1561	10	2230
	Valor meta: 15.000 (atualmente o valor é de 18.155)									
7º	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F	mm	-	223	5	1115	7	1561	10	2230
	Valor meta: A(65: 2-700); B, C, D e E (205: 1-700 e 1-1300); e F (65: 12.000 - Atualmente é 15.288)									
8º	Dimensões do vão das aberturas de acesso (estrutura e porta)	mm	+	219	10	2190	7	1533	7	1533
	Valor meta: Largura: 750 e altura 1400. Mínima dimensão de acesso: 550									
9º	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	%	+	213	10	2130	10	2130	10	2130
	Valor meta: 90									
10º	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	mm	+	213	10	2130	10	2130	10	2130
	Valor meta: Para o painel lateral - Ajuste longitudinal: 200; Ajuste transversal: 90									
11º	Dispositivo para visualização externa da máquina	nº	+	211	5	1055	10	2110	7	1477
	Valor meta: 4 (Visualização da barra esquerda e direita, parte inferior da máquina e pneus dianteiros)									

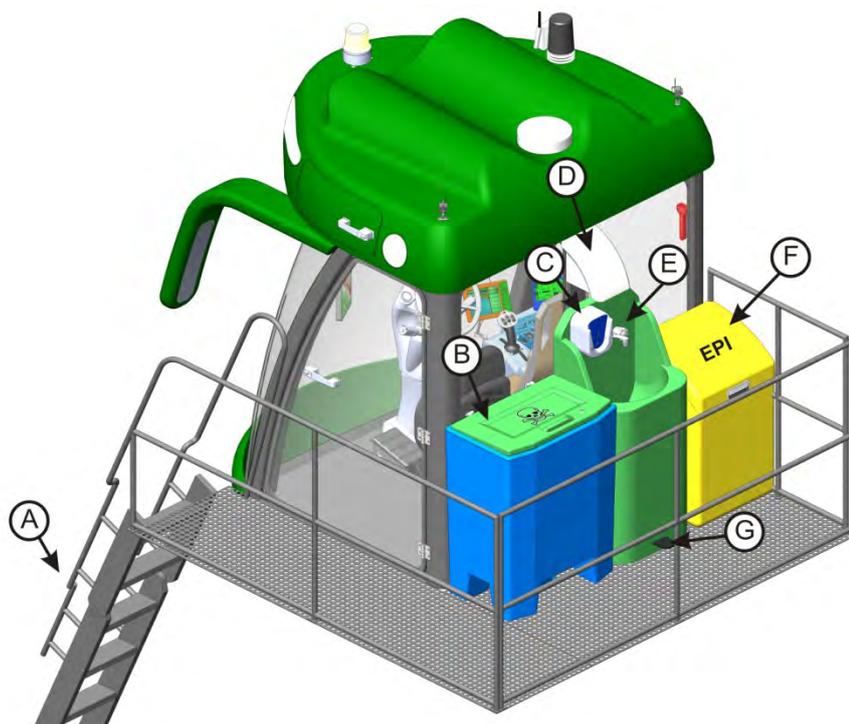
**Quadro 53** - Matriz de decisão para seleção da concepção do projeto

Especificações de projeto				Avaliação das concepções							
Imp	Requisitos de projeto hierarquizados	Und	Dir	Peso (QFD)	Concepção 1		Concepção 2		Concepção 3		
				pi	vi	pi x vi	vi	pi x vi	vi	pi x vi	
12º	Espaço livre interno	mm	+	210	10	2100	10	2100	7	1470	
	Valor meta: Altura: 1550, Largura 1300, Comprimento: 1200 (Dimensões aproximadas que formam o volume da ferramenta virtual - FV4 (utilizada para avaliação do espaço interno))										
13º	Dispositivo de monitoração da máquina	nº	+	194	10	1940	10	1940	10	1940	
	Valor meta: 2 (1 painel superior e 1 painel lateral)										
14º	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	%	+	177	7	1239	10	1770	7	1239	
	Valor meta: 90										
15º	Características normatizadas dos painéis da cabine	%	+	171	10	1710	10	1710	10	1710	
	Valor meta: 90										
16º	Dimensões do assento do instrutor	mm	x	161	5	805	10	1610	5	805	
	Valor meta: Largura total do assento (Almofada): 450; Comprimento total do encosto lombar do assento: 260; Largura total do encosto lombar do assento: 450; Comprimento do assento a frente em relação ao SIP 260; Largura total da base de acomodação horizontal do operador considerando a bordadura interna: 300										
17º	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	mm	+	160	10	1600	10	1600	7	1120	
	Valor meta: 80										
18º	Número de saídas de emergência	n	+	152	5	760	7	1064	10	1520	
	Valor meta: 2										
19º	Dimensões das saídas de emergência	mm	+	152	5	760	10	1520	7	1064	
	Valor meta: 700mm (diâmetro mínimo para uma área circular)										
Resultado $\sum (pi \times vi)$					34.758		36.495		34.421		
Posição					2º		1º		3º		

**Quadro 53** - Matriz de decisão para seleção da concepção do projeto (continuação)

Tarefa 3.3.2 - *Descrever o conceito da cabine*: a variante 2, concepção escolhida como a que melhor atende ao escopo deste estudo de caso, traz como principais características:

- Uma estrutura de proteção contra capotamento - EPCC com cinco pontos de fixação na base da cabine (chassi) e porta de acesso localizada na lateral, fazendo-se uso da coluna traseira da cabine para suporte dos mecanismos de abertura (dobradiças). Esta conta com limitador de abertura (amortecedor), de modo a permitir que a mesma não se feche involuntariamente;
- Sistema de amortecimento de impactos, empregando suspensão a ar, podendo ser regulado de acordo com a pressão de ar das câmeras, em conjunto com as molas;
- Local para armazenamento (Figura 82) dos:
  - Produtos químicos durante o transporte, disponibilizado na parte traseira externa da cabine junto à plataforma. Tal compartimento é provido de trava de segurança;
  - Acessórios (da máquina), localizado na parte externa superior da cabine (teto), também contata com chaves de segurança;
  - EPI's contaminados, na parte externa traseira da cabine junto à plataforma.
- Sistema de higienização composto por, um aquecedor de ar para a secagem das mãos, um tanque de limpeza com retenção do líquido contaminado proveniente do procedimento, compartimento para o sabonete líquido e reservatório de água limpa, alocado sobre o teto de cabine (interior do toldo). O destravamento do sistema de retenção do líquido contaminado se dá por um pedal situado próximo à plataforma, e a liberação da água pelo pressionamento de uma válvula (torneira), a qual libera o fluxo por um tempo pré-determinado. Por meio deste sistema, almeja-se que, antes da entrada do operador na cabine, o mesmo retire os EPI's contaminados, armazene no local reservado para esta finalidade e realize a higienização das mãos;

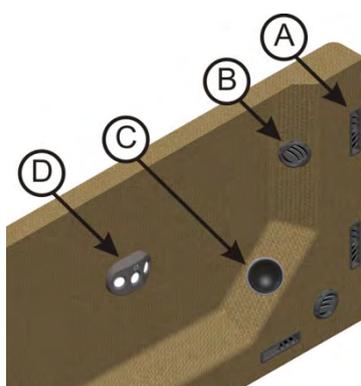


**Legenda:**

- |  |  |
|--|--|
| A - Escada de acesso à cabine;                             | E - Tanque de higienização;  |
| B - Compartimento para armazenamento de produtos químicos; | F - Compartimento para armazenamento de EPI's contaminado;                   |
| C - Reservatório de sabonete líquido;                      | G - Dispositivo de segurança para retenção do líquido contaminado no tanque. |
| D - Aquecedor de ar para secagem das mãos;                 |  |

**Figura 82** - Perspectiva isométrica posterior do conceito da cabine desenvolvido para o pulverizador autopropelido

➤ Climatizador de ambiente, oferecendo uma leve pressurização interna e empregando saídas de ar fixas, objetivando o desembaçamento dos vidros, e reguláveis, ambas distribuídas pela cabine, de modo a reduzir a variação de temperatura no seu interior (Figura 83). O ar proveniente deste, passa por um sistema de purificação, empregando filtros de carvão ativado, posicionados na parte externa frontal superior da cabine (teto);

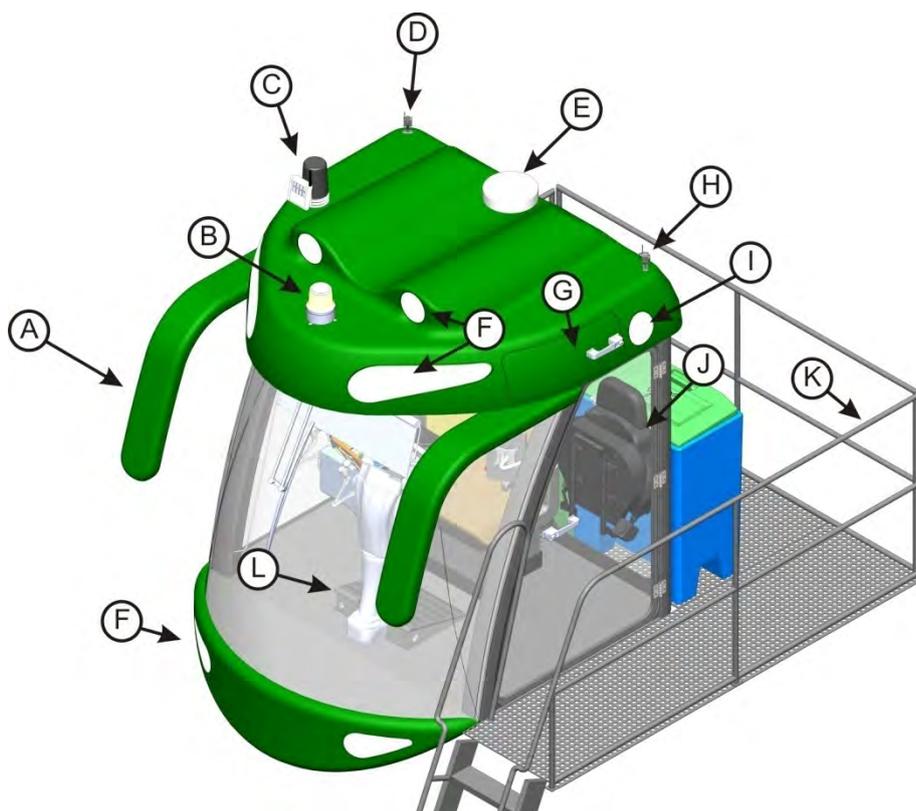


**Legenda:**

- |   |
|---|
| A - Saídas de ar fixas do climatizador do ambiente;         |
| B - Saídas de ar direcionáveis do climatizador do ambiente; |
| C - Autofalantes do sistema de som;                         |
| D - Luzes internas direcionáveis.                           |

**Figura 83** - Parte interna superior da cabine

- Equipamento de som para entretenimento do operador e sistema de iluminação interna composto por luzes direcionáveis;
- Sistema de iluminação do ambiente externo (Figura 84), utilizando luzes integradas fixas no pára-choque e na parte frontal do teto da cabine, além de outras ajustáveis localizadas nas laterais, também no teto da cabine;



**Legenda:**

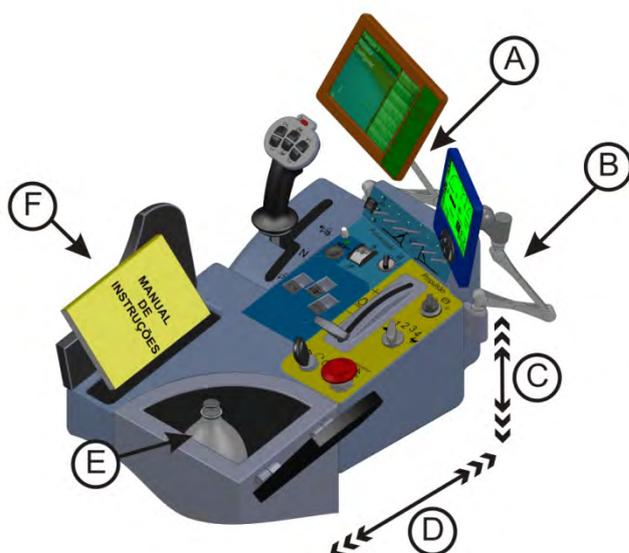
- |  |  |
|--|--|
| A - Espelho retrovisor com regulagem elétrica;                 | G - Porta acessórios;  |
| B - Giroflex;  | H - Câmera para visualização da barra esquerda de pulverização;                |
| C - Sensores da estação metereológica embarcada;               | I - Farol ajustável para iluminação lateral;                                   |
| D - Câmera para visualização da barra direita de pulverização; | J - Assento do instrutor retrátil;   |
| E - Antena do equipamento GPS;                                 | K - Corrimões de segurança;  |
| F - Faróis para iluminação frontal;                            | L - Apoio para os pés com amortecimento de vibração e regulagem de inclinação. |

**Figura 84** - Perspectiva isométrica frontal do conceito da cabine desenvolvido para o pulverizador autopropelido

- Sistema para desmascarar os espelhos externos empregando resistência elétrica;

➤ Frigobar para resfriamento de produtos e local para armazenamento do manual de instrução do operador, disponibilizado em compartimento interno do painel lateral, e acomodação de objetos pessoais (Figura 85);

➤ Painel lateral com posicionamento ajustável para a regulação longitudinal e de altura, contando com dispositivo para fixação regulável do equipamento GPS e da tela de monitoramento das condições da máquina;

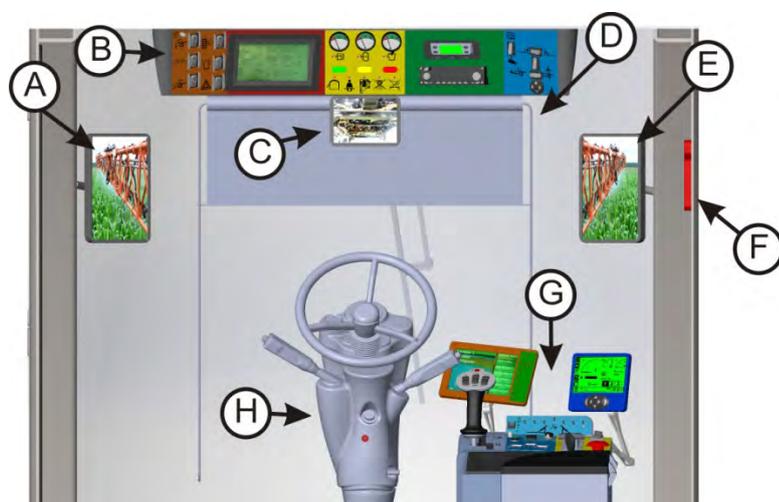


**Legenda:**

A - Suporte ajustável para fixação do controlador eletrônico de pulverização;  
 B - Suporte ajustável para fixação da tela de monitoramento das condições da máquina;  
 C - Painel lateral com ajustes de posicionamento vertical;  
 D - Painel lateral com ajustes de posicionamento longitudinal;  
 E - Frigobar;  
 F - Local para armazenamento do manual de instrução do operador.

**Figura 85 - Painel lateral direito e frigobar**

➤ Película solar, cortina de proteção do operador contra os reflexos do sol e saídas de emergência proporcionadas por dispositivo de liberação dos vidros (Figura 86);



**Legenda:**

A - Tela para visualização da barra esquerda de pulverização;  
 B - Painel superior;  
 C - Tela para visualização da parte inferior da máquina, do quadro central de pulverização e manual de instrução digital;  
 D - Cortina;  
 E - Tela para visualização da barra direita de pulverização;  
 F - Saída de emergência;  
 G - Painel lateral;  
 H - Coluna de direção com ajustes de inclinação e posicionamento do volante.

**Figura 86 - Visualização do ambiente interno da cabine**

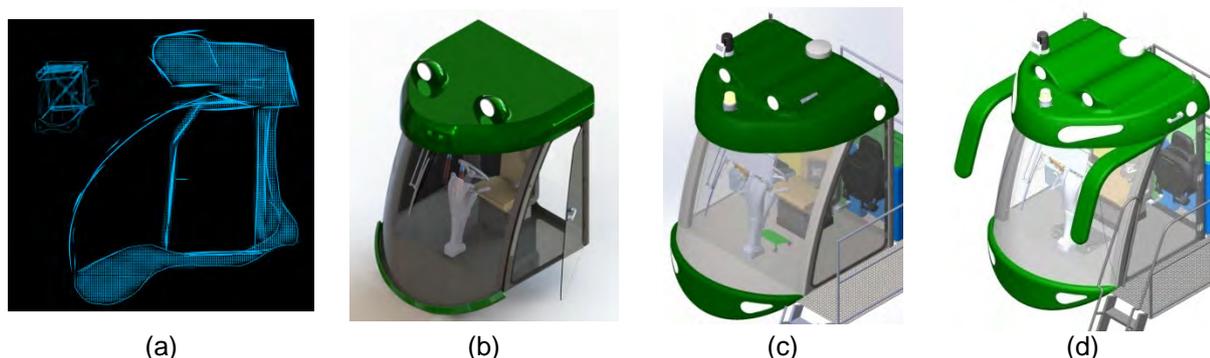
- O emprego de quatro câmeras, sendo duas posicionadas no teto, para a visualização das barras de pulverização (direita e esquerda), uma na parte traseira superior, para visualização do quadro central de pulverização e, outra na parte traseira inferior da máquina, permitindo, além da observação dos componentes, o posicionamento dos pneus dianteiros diante a cultura. A regulagem destas câmeras se dá de modo automatizado, por controles disponibilizados no painel superior. Já em uma das telas (central) também é possível a visualização do manual de instrução digital;
- Estação meteorológica embarcada para o monitoramento das condições climáticas com tela localizada no painel superior;
- Ainda no ambiente interno (Figura 87), o assento do operador conta com regulagem longitudinal, transversal e de inclinação, e sistema de amortecimento a ar. Para a acomodação do instrutor, é disponibilizado um assento retrátil com amortecimento empregando molas, ambos equipados com cinto de segurança;



**Figura 87** - Perspectiva do ambiente interno do conceito proposto para a cabine

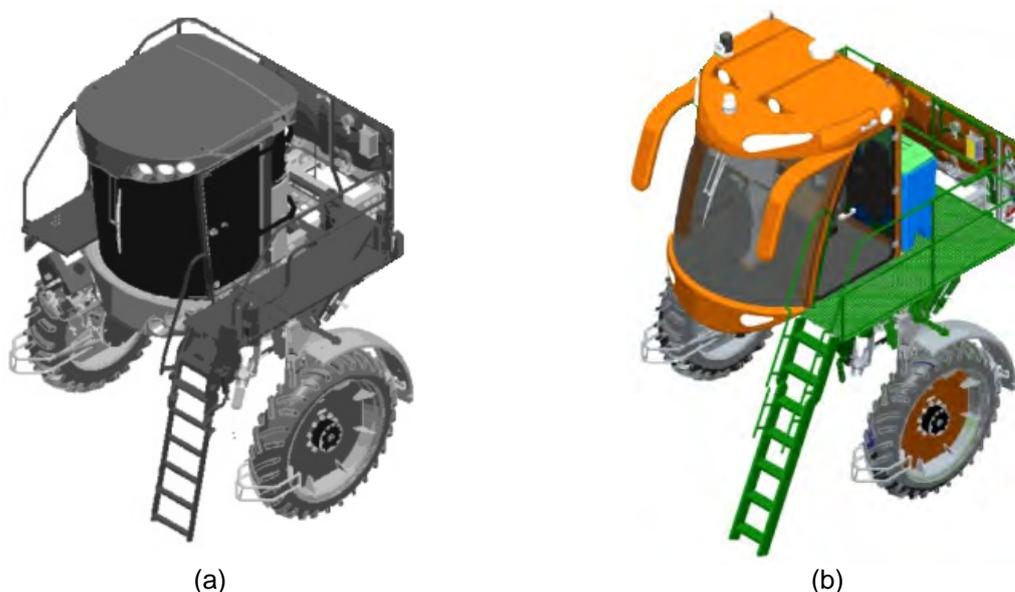
- Suporte de apoio para os pés com um sistema de amortecimento que, juntamente com a sua inclinação, pode ser ajustável pelo operador, proporcionando uma melhor postura e redução da exposição à vibração;
- Acionamento automático da iluminação de acesso por meio de sensor instalado próximo à escada e equipamentos obrigatórios de segurança como o giroflex, espelhos retrovisores, extintor de incêndio (classe A,B e C), buzina, limpador e lavador de para-brisa.

Ao término da fase conceitual, considera-se relevante salientar que o que se pretende com a exposição das representações gráficas das formas do conceito são recomendações quanto às diretrizes a serem observadas. Conforme Ferreira (1997), o produto é projetado numa evolução sistemática de modelos, em que o mais detalhado e concreto substitui outro mais simples e abstrato, até a viabilização física do objeto projetado. Tais etapas de aperfeiçoamento no desenvolvimento da concepção podem ser visualizadas na figura 88.



**Figura 88** - Etapas do processo de desenvolvimento do conceito da cabine do pulverizador autopropelido: (a) Esboço inicial baseado na biônica do sapo; (b) Formulação da variante; (c) Variante apresentando os princípios de solução; (d) Detalhamento final para o conceito do produto

De modo a visualizar as alterações propostas para o projeto, a figura 89a apresenta o produto, pulverizador autopropelido, empregando a cabine atualmente disponibilizada, e a figura 89b, traz o conceito desenvolvido.



**Figura 89** - Projeto do pulverizador autopropelido: (a) Cabine atual; (b) Conceito proposto

Ao final deste capítulo, fica a ressalva da importância da inserção das especificações técnicas elaboradas na fase de projeto informacional, a verificação do atendimento das restrições de segurança apresentadas, como também das características de conceito desenvolvidas na última fase da metodologia proposta, para o provimento de uma cabine de pulverizador autopropelido segura e ergonômica ao operador.

# **CAPÍTULO 6 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

## **6.1 Introdução**

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões gerais acerca do uso da metodologia proposta, do software desenvolvido, bem como da aplicação dos mesmos em um estudo de caso. Também são abordadas considerações específicas à metodologia da tese. Ao final, as recomendações para a elaboração de trabalhos futuros.

## **6.2 Conclusões**

Diante do limitado aproveitamento dos conhecimentos de ergonomia e segurança em projetos de cabines de máquinas agrícolas, a partir do objetivo central desta tese, a proposição de uma metodologia e ferramentas para a incorporação de tais aspectos nas fases de planejamento, projeto informacional e conceitual, como também pelas hipóteses norteadoras, são apresentadas as seguintes conclusões:

- A metodologia para a concepção de cabines de máquinas agrícolas, com enfoque na segurança e ergonomia, demonstrou agregar significativas contribuições para o provimento de postos de trabalho mais adequados aos operadores e, por consequência, a todos os envolvidos;
- A ferramenta "Software de Auxílio ao Projeto de Cabines de Máquinas Agrícolas - SAPROC", apresentou-se como um meio facilitador para a consulta/edição dos fatores e parâmetros envolvidos, assim como para a orientação ao projetista quanto à sequência proposta e auxílio na transformação das informações ao longo do desenvolvimento do projeto;
- As ferramentas virtuais mostraram-se instrumentos promissores para agilizar as etapas de dimensionamento da cabine e seus componentes, face à atual dinâmica de desenvolvimento de produtos empregada na indústria.

### 6.3 Considerações sobre a aplicação da metodologia proposta

Diante dos resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia proposta nesta tese, seguem alguns dos apontamentos:

➤ Na fase de planejamento, verificou-se maior facilidade no gerenciamento das atividades, visto as mesmas serem previamente elaboradas, analisando-se os riscos inerentes à sua execução, bem como os custos, o material necessário e a estimativa do tempo de realização;

➤ No projeto informacional, por meio da tarefa pesquisar informações técnicas, destacou-se a criação do banco de imagens como um recurso em potencial na etapa do desenvolvimento de concepções, principalmente, quanto à geração de formas;

➤ Averiguou-se que a atividade destinada à identificação dos fatores de influência, na qual buscou-se os aspectos envolvidos no projeto de cabines, como também os parâmetros inerentes a estes, tanto os normativos quanto os inseridos pela equipe de projeto, auxiliou significativamente na elaboração da lista de requisitos de projeto. Tal procedimento também contribuiu no processo de atribuição dos valores meta, na atividade de elaboração das especificações do projeto, permitindo maior flexibilidade quanto à atribuição dos mesmos;

➤ A identificação das restrições de segurança mostrou-se um meio importante para o embasamento das características e parâmetros a serem observados na análise ergonômica, elucidando as conformidades e não conformidades do produto. Este resultado também proporcionou uma flexibilidade no procedimento da atribuição dos valores meta, em que de posse dos parâmetros de observância obrigatória, foi possível estimar os valores a serem adotados no produto, buscando uma relação de custo/benefício;

➤ A tarefa da análise ergonômica revelou-se um potencial no processo de projeto, apresentando os parâmetros a serem melhorados e os a serem mantidos no produto avaliado, bem como auxiliando na identificação das características relacionadas ao provimento da segurança do operador no uso da máquina;

➤ O emprego de questionário estruturado revelou-se uma ferramenta eficaz para a averiguação dos desejos/necessidades e idéias dos clientes/usuários, como também para confrontar tais características com as propostas pela equipe de projeto;

- Pode ser verificada a eficiência da caracterização dos requisitos de projeto já na atividade inicial do projeto informacional, em que por meio do estudo dos fatores de influência do projeto, praticamente todas as características de engenharia empregadas no produto foram reveladas;
- Verificou-se que o emprego da ferramenta da análise da tarefa, para a elaboração das estruturas funcionais, averiguando a reciprocidade entre a função exercida pelo operador e a contrapartida pela máquina, permitiu uma adequada visualização e configuração das funções existentes. Também, mostrou ser um facilitador na identificação dos princípios de solução e seus relacionamentos, o que auxiliou a equipe no entendimento do produto;
- A definição da sequência entre as funções, bem como a identificação das relações série ou paralelo entre as mesmas, são procedimentos que auxiliaram na formulação dos módulos;
- A tarefa destinada ao desenvolvimento de módulos comuns as variantes do projeto, revelou ser uma importante etapa para a incorporação das especificidades necessárias ao provimento da segurança e ergonomia;
- Por fim, averiguou-se a importância do desenvolvimento do posto de operação, em etapa anterior ou simultânea com a máquina, a fim de eliminar as restrições de projeto que influem diretamente na inserção das características necessárias ao provimento da segurança e ergonomia.

#### **6.4 Recomendações para trabalhos futuros**

Ao término desta tese, seguem algumas sugestões de estudos a fim de complementar o trabalho realizado:

- O desenvolvimento de novos módulos junto ao software "SAPROC", visto o banco de dados implementado. Os mesmos poderiam abranger, por exemplo, componentes para a avaliação de máquinas, como estudos que vem sendo realizados (desenvolvimento do coeficiente tecnológico de pulverizadores autopropeledidos);
- A implementação das fases de projeto preliminar e detalhado no SAPROC, principalmente no que se refere ao armazenamento de arquivos, trará benefícios quanto à organização e consulta das informações de projeto, evitando perdas e auxiliando a formalização;

- A disponibilização do SAPROC via web, para cadastro, consultas e edição de projetos, bem como para acesso ao bancos de dados implementado;
- O aperfeiçoamento dos equipamentos eletrônicos para controle de pulverização, principalmente quanto à interface e sequenciamento das operações empregadas, de modo a torná-los mais acessíveis ao seu público alvo.

## CAPÍTULO 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. I.; PINHO, D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teórico-metodológicos da ergonomia. **Estudos de Psicologia**, Campinas, (numero especial), p. 45-52, 2002.

ALONÇO, A. dos S. Equipamentos e tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. In: MEDEIROS, C. A. B.; RASEIRA, M. do C. B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: Embrapa-SPI; Pelotas: Embrapa-CPACT, 1998. Cap. 12, p. 296-317.

ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras**. 2004. 221 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ALONÇO, A. dos S. et al. Levantamento e identificação dos símbolos gráficos utilizados para a caracterização de controles e comandos em máquinas agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 453-460, mai./ago. 2006a.

ALONÇO, A. dos S. et al. Análise ergonômica do trabalho em atividades desenvolvidas com uma roçadora manual motorizada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1638-1642, set./out. 2006b.

ALONÇO, A. dos S. et al. Nível de conhecimento da simbologia gráfica utilizada para caracterizar comandos e controles de máquinas agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 126-132, jan./fev. 2007.

ALVAREZ, B. R. **Qualidade de vida relacionada à saúde de trabalhadores**. 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Symbols for operator controls on agricultural equipment**. ASAE 5304.5. St. Joseph, 1984. 4p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9999**: Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1987. 12p.

\_\_\_\_\_. **NBR 11379**: Símbolos gráficos para máquinas agrícolas. São Paulo, 1990. 13p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1992. 4p.

\_\_\_\_\_. **NBR 12319**: Medição da vibração transmitida ao operador - Tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 1992. 13p.

\_\_\_\_\_. **NBR/ISO 4254-1:** Tratores e máquinas agrícolas e florestais – recursos técnicos para garantir a segurança, parte 1: geral. Rio de Janeiro, 1999. 13p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM-ISO 5353:** Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais: ponto de referência do assento. Rio de Janeiro, 1999. 5p.

\_\_\_\_\_. **NBR/ISO 4252:** Tratores agrícolas - local de trabalho do operador, acesso e saída - dimensões. Rio de Janeiro, 2000. 4p.

\_\_\_\_\_. **NBR/ISO 5006:** Máquinas rodoviárias – Campo de visão do operador – Método de ensaio e critérios de desempenho. Rio de Janeiro, 2008. 21p.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 3776-1:** Tratores e máquinas agrícolas - Cintos de segurança Parte 1: Requisitos de localização das ancoragens. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 3776-2:** Tratores e máquinas agrícolas - Cintos de Segurança Parte 2: Requisitos de resistência das ancoragens. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 5700:** Tratores agrícolas e florestais - Estruturas de proteção na capotagem (EPC) - Método de ensaio estático e condições de aceitação. 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 4252:** Tratores agrícolas - Local de trabalho do operador, acesso e saída – Dimensões. 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 26322-1:** Tratores agrícolas e florestais - Segurança Parte 1: Tratores convencionais .2011.

AVERY, J. L. **Aquatic weed management:** herbicide safety, technology and application techniques. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center/ Mississippi State University, 2003. (SRAC Publication, 3601) 8p.

BACK, N. et al. **Projeto integrado de produtos:** planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.

BAESSO, M. M. et al. Avaliação do nível de ruído emitido por um conjunto trator-pulverizador com e sem assistência de ar. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 400-407, out./nov. 2008.

BALESTRA, M. R. G. **Levantamento e identificação de símbolos gráficos utilizados para caracterizar comandos e controles de tratores agrícolas.** 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

BARROSO, M.P. et al. Anthropometric study of a Portuguese workers. **International Journal of Industry Ergonomics**, n. 35, p. 401-410, 2005.

BRASIL. Lei n. 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 11 jul. de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7802.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm). Acesso em 17 abr. 2008.

BRASIL. Decreto n.1255, de 29 de setembro de 1994. Promulga a Convenção n. 119 da Organização Internacional do Trabalho sobre Proteção das Máquinas, concluída em Genebra, em 25 de junho de 1963. **Lex** - Coletânea de legislação federal e marginália. São Paulo, v.58, p.1271-1277, jul/set, 1994.

BRASIL, A. D. **Conhecimento e uso de metodologias de desenvolvimento de produtos**: uma pesquisa envolvendo trinta empresas situadas nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1997. Dissertação (mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BRITO, A. B. de. **Avaliação e redesenho da cabine do “Feller-Buncher” com base em fatores ergonômicos**. 2007. 135 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance**: strategy, organization and management in the world auto industry. Boston-Mass: Harvard Business School Press, 1991.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. **Resoluções do Contran**. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/resolucoes.htm>>. Acesso em: 3 de abr. 2008.

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

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. D. Desenvolvimento do coeficiente parcial de ergonomia e segurança em tratores agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 727-735, set./dez. 2004a.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. D. Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1807-1811, nov./dez. 2004b.

DIAS, A. et al. **Metodologia para análise de risco**: mitigação da perda SF<sub>6</sub> em disjuntores. Florianópolis: [s.n.], 2011.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. Trad. Itiro lida. 2nd ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

FALZON, P. Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia: elementos de uma análise cognitiva da prática. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Ed. Blucher, 2007. p. 3-19.

FERNANDES, H. C. et al. Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.11, n.1 - 4, p. 23 - 31, jan./dez., 2003.

FERNANDES, H. C. et al. Análise antropométrica de um grupo de operadores brasileiros de “feller-buncher”. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 17-25, mar. 2009.

FERREIRA, M. G. G. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual.** 1997. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

FIEDLER, N. C. **Avaliação ergonômica de máquinas utilizadas na colheita de madeira.** 1995. 126 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

FONSECA, A. J. H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional.** 2000. 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FONTANA, G. et al. A. Avaliação de características ergonômicas no posto do operador em colhedoras combinadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 684-694, set./dez. 2004.

FONTANA, G. **Avaliação ergonômica do projeto interno de cabines de Forwarders e Skidders.** 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de “Forwarder” e “Skidder”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 71-81, 2007.

FOWLER, M. **UML essencial: um breve guia para linguagem-padrão de modelagem de objetos.** Trad. João Tortello. 3º ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola.** 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle.** Florianópolis: UFSC, 1992.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia.** 4 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

GRIFFITH, L. J.; LEONARD, S. D. Association of colors with warning signal words. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 20, p. 317-325, 1997.

GUAZZI, D. M. **Utilização do QDF como uma ferramenta de melhoria contínua do grau de satisfação de clientes internos: uma aplicação em cooperativas agropecuárias.** 1999. 209 f. Tese (doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2nd ed. Sao Paulo: Edgard Blucher, 2005.

ISO. INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3767/1:** Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden

equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 1: Common symbols. Geneva, 1982. 5 p.

\_\_\_\_\_. **ISO 3767/2:** Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 2: Symbols for agricultural tractors and machinery. Geneva, 1982. 3p.

\_\_\_\_\_. **ISO 2631:** Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration. 1985. 2nd. 15p.

\_\_\_\_\_. **ISO 5721:** Tractors for agriculture - operator's field of vision. 1989. 7p.

\_\_\_\_\_. **ISO 4253:** Agricultural tractors – operator's seating accommodation – dimensions. Rio de Janeiro, 1993.

\_\_\_\_\_. **ISO 11684:** First edition – tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Safety signs and hazard pictorials – General principles. Geneva, 1995. 52p.

\_\_\_\_\_. **ISO 5131:** Acoustics - Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Measurement of noise at the operator's position - Survey method. 1996.

\_\_\_\_\_. **ISO 15077:** Tractors and machinery for agriculture and forestry: operator controls: actuating forces, their displacement and location. Genève. 1996.

\_\_\_\_\_. **ISO 2631:** Mechanical vibration and shock – evaluation of human exposure of whole-body vibration: general requirements. Geneva, 1997. 31p.

\_\_\_\_\_. **ISO 14269-2:** Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry - Operator enclosure environment - Part 2: Heating, ventilation and air-conditioning test method and performance. 1997.

\_\_\_\_\_. **ISO 14269-4:** Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry - Operator enclosure environment - Part 4: Air filter element test method. 1997.

\_\_\_\_\_. **ISO 3767-1:** Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment -- Symbols for operator controls and other displays -- Part 1: Common symbols. 1998.

\_\_\_\_\_. **ISO 5007:** Agricultural wheeled tractors - Operator's seat - Laboratory measurement of transmitted vibration. 2003.

\_\_\_\_\_. **ISO 16154:** Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Installation of lighting, light signalling and marking devices for travel on public roadways. 2005.

\_\_\_\_\_. **ISO 3463:** Tractors for agriculture and forestry Roll-over protective structures (ROPS) Dynamic test method and acceptance conditions. Geneva, 2006. 35 p.

\_\_\_\_\_. **ISO 4252:** Agricultural tractor's - Operator's workplace, access and exit - Dimensions. 2007. 14p.

\_\_\_\_\_. **ISO 15077:** Tractors and self-propelled machinery for agriculture - Operator controls - Actuating forces, displacement, location and method of operation. 2008. 14p.

\_\_\_\_\_. **ISO 3767-1:** Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 1: Common symbols. Amendment 1: additional symbols. 2008. 10 p.

\_\_\_\_\_. **ISO 3767-2:** Tractors machinery for agriculture an forestry, powered lawn and garden equipment – symbols for operator controls and other displays – Part 2: symbols for agricultural tractors an machinery. 2008.

\_\_\_\_\_. **ISO 4254-1:** Agricultural machinery – Safety - Part 1: General requirements. 2008.

\_\_\_\_\_. **ISO 4254-6:** Agricultural machinery - Safety -Part 6: Sprayers and liquid fertilizer distributors. 2009.

\_\_\_\_\_. **ISO 3776-3:** Tractors and machinery for agriculture - Seat belts - Part 3: Requirements for assemblies. 2009.

KERZNER, H. **Project management:** a systems approach in planning, scheduling and controlling. 6th ed. New York: John Wiley: Sons, 2001.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia:** adaptando o trabalho ao homem. 5. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2005.

LETA, F.; ARAÚJO, R. M.; VELLOSO, M. P. Qualitative measurement of colour based on human perception. **CGIV:** The First European Conference on Colour in Graphics, Image and Vision, 2002.

LETA, F. R.; VELLOSO, M. P.; SANTOS, A. R. M. dos. O uso de cores em cilindros contendo gás – uma análise sobre a percepção visual sob diferentes iluminantes. **Produção**, v. 16, n. 2, p. 203-215, mai./ago.2006.

LIMA, J. S. de S. et al. Avaliação de alguns fatores ergonômicos nos tratores “Feller-Buncher” e “Skidder” utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 291-298, 2005.

LOBO JUNIOR, M. I. Pulverizador autopropelido. Disponível em: <http://www.pulverizar.com.br/autopropelido.htm/>. Acesso em: 20 ago. 2012.

MACHADO NETO, J. G. et al. Segurança das condições de aplicação de herbicidas com aerobarco em plantas daninhas aquáticas no lago da Hidrelétrica de Jupá. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 2, p. 399-405, 2006.

MARIBONDO, J. de F. **Desenvolvimento de uma metodologia de projeto de sistemas modulares, aplicada a unidades de processamento de resíduos sólidos domiciliares**. 2000. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MARQUEZ, L. **Solo tractor' 90**. Madrid: Laboreo, 1990.

MARQUEZ, L. **El tractor agrícola características y utilizacion**, Madrid: Laboreo Solotractor, 1991.

MARZIALE, M. H. P.; CARVALHO, E. C. de. Condições ergonômicas do trabalho da equipe de enfermagem em unidade de internação de cardiologia. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 6, n. 1, p. 99-117, jan. 1998.

MATTAR, D. M. P. et al. Conformidade de acessos e de saídas de postos de operação em tratores agrícolas segundo norma NBR/ISO 4252. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 74-81, jan./fev. 2010.

MATUO, T. et al. Proteção de Plantas. In: ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Tecnologia de Aplicação e Equipamentos**. Brasília: ABEAS, 2005.

MENEGAS, M. T.; DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, F. Apreciação ergonômica da cabina de tratores agrícolas: visibilidade. **Revista Produção On Line**, Florianópolis, v. 6, n. 1, jan./abr. 2006.

MENEGATTI, F. A. **Desenvolvimento de um sistema de dosagem de fertilizantes para agricultura de precisão**. 2004. 296 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

MENEZES, J. F. et al. **Avaliação de características de visibilidade apresentadas por um grupo de tratores de rodas**. Campi: IAC, 1985. (Boletim técnico 101)

MEUNIER, P.; YIN, S. Performance of a 2D image-based anthropometric measurement and clothing sizing system. **Applied Ergonomics**, Guildford, n. 31, p. 445-451, 2000.

MILLANVOYE, M. As ambiências físicas no posto de trabalho. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Ed. Blucher, 2007. p. 73-84.

MINETTE, L. J. et al. Avaliação dos efeitos do ruído e da vibração no corte florestal com motosserra. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 325-330, 1998.

MINETTE, L. J. et al. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal. **Revista Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 6, p. 664-667, nov./dez. 2007.

MORAES, A. Ergonomia e usabilidade de produtos, programas, informação. In: MORAES, A.; FRISONI, B. C. (Orgs). **Ergodesign: produtos e processos**. Rio de Janeiro: 2AB, 2001. Cap. 1, p. 9-50.

MORAES, A.; MONT`ALVÃO, C. **Ergonomia**: conceitos e aplicações. Rio de Janeiro: 2AB, 2003.

MULLIN, S. K.; TAYLOR, P. J. The effects of parallax on geometric morphometric data. **Computers in biology and medicine**, Elmsford, v. 32, p. 455- 464, 2002.

NEVES, J. V. M. **Conceber pictogramas**. 2007. Disponível em: <http://portaldasartesgraficas.com/artigos/home.htm>. Acesso em: 26 jun. 2010.

NORMA REGULAMENTADORA Nº12 - **Máquinas e equipamentos. Ministério do Trabalho e Emprego**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 20 jun. 2010.

NORMA REGULAMENTADORA Nº15 - **Atividades e Operações Insalubres. Ministério do Trabalho e Emprego**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em: 20 jun. 2010.

NORMA REGULAMENTADORA Nº17 - **Ergonomia. Ministério do Trabalho e Emprego**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em 17 jun. 2010.

NORMA REGULAMENTADORA Nº31 - **Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária silvicultura, exploração florestal e aquicultura**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/legislacao/>. Acesso em 17 jun. 2010.

NOVAES, A. L. T. **Desenvolvimento de um sistema mecânico para a limpeza e classificação de ostras**. 2005. 220 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: a systematic approach**. 2nd. Ed. Berlim: Springer – Verlag, 1996.

PAHL, G. et al. **Projeto na engenharia**: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: E. Blucher, 2005.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**: guia PMBOK. 3. ed. Four Campus Boulevard, Newtown Square: PMI, 2004.

PRASAD, N.; TEWARI, V. K.; YADAV, R. Tractor ride vibration: a review. **Journal of Terramechanics**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 205-219, Oct./Dec. 1995.

RAMOS, J.; SELL, I. A biônica no projeto de produtos. **Produção**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 95-108, dez. 1994.

REIS, A. V. **Desenvolvimento de Concepções para a Dosagem e Deposição de Precisão para Sementes Miúdas**. 2003. 277 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

REIS, A. V.; FORCELLINI, F. A. Identificação de requisitos de clientes para o projeto de um dosador de precisão para sementes miúdas. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 26, n.1, p.309-320, jan./abr. 2006.

RINALDI, P. C. N. et al. Características de segurança e níveis de ruído em tratores agrícolas. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 2, p. 215-224, abr./jun. 2008.

RIO, R. P.; PIRES, L. **Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica** 3. ed. Belo Horizonte: Health, 2001.

ROBIN, P. **Segurança e ergonomia em maquinaria agrícola: tratores agrícolas**. São Paulo: IPT, 1987. 26 p.

ROMANO, L. N. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquinas agrícolas**. 2003. 266 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

ROSSI, M. A. **Análise ergonômica do ambiente de trabalho para operadores de tratores e colhedoras agrícolas**. 2007. 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

ROOZENBURG, N. F.M.; EEKELS, J. **Product design: fundamental methods**. England: John & Sons Ltda, 1995.

ROZIN, D. **Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com Normas de ergonomia e segurança**. 2004. 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

ROZIN, D. et al. Conformidades dos comandos de operação de tratores agrícolas nacionais com a norma NBR ISSO 4253. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 9, p. 1014-1019, set. 2010.

SANTANA, F. E.; FORCELLINI, F. A.; DIAS, A. Aplicação prática da gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24., 2004, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis, 2004.

SANTOS FILHO, A. G. dos; SANTOS, J. E. G. G. dos. **Apostila de Máquinas Agrícolas**. Bauru: UNESP/DEM., 2001.

SANTOS FILHO, P. F. **Avaliação dos níveis de ruído e vibração vertical no assento de um trator agrícola de aquisição de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados**. 2002. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SANTOS, A. C. dos; FORCELLINI, F. A. O projeto do processo no PDP na indústria de alimentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 4., 2003, Gramado. **Anais...** Gramado, 2003.

SANTOS, A. C. dos. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Produtos Alimentícios - PDPA com ênfase no projeto do processo**. 2004. 180 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SCHLOSSER, J. F. **Tratores agrícolas**. Santa Maria: UFSM, Departamento de Engenharia Rural, 2001. 63p. (Série técnica I)

SCHLOSSER, J. F. et al. Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 983-988, dez. 2002.

SCHLOSSER, J. F. et al. Alteração do campo visual em função do uso de cabinas em tratores agrícolas. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 359-366, mar./abr. 2011.

SILVA, A. L. da. **Avaliação ergonômica dos controles e mostradores do posto de trabalho do operador de tratores**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

SILVA, C. B. da et al. Avaliação ergonômica de uma colhedora de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 179-185, jan./fev. 2011.

SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Ergonomia aplicada ao trabalho. In. MACHADO, C. C. **Colheita florestal**. Viçosa: UFV, 2002.

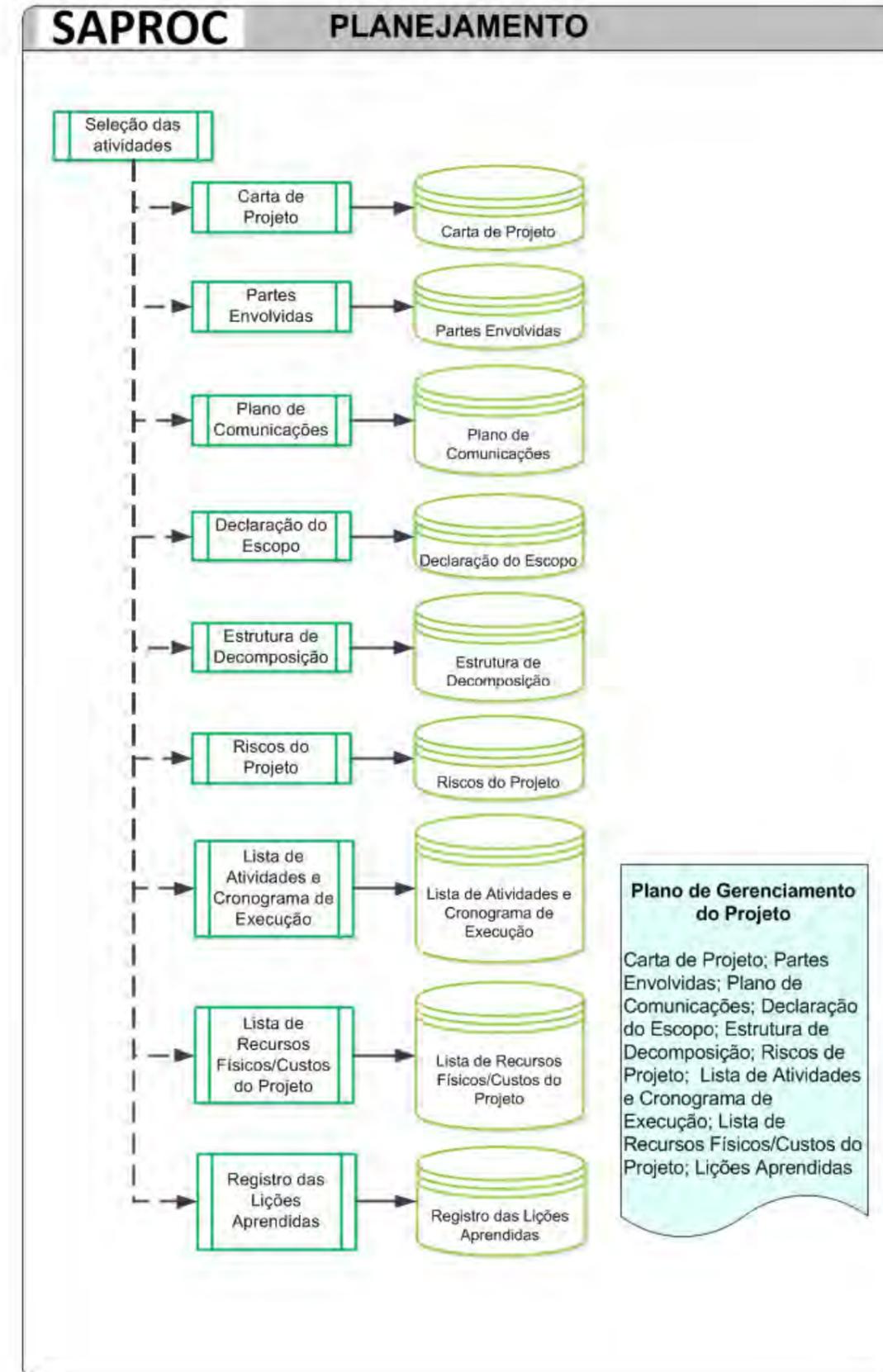
THAYER, D. D. Herbicide safety. In: **Aquatic pest control applicator training manual**. University of Florida, 1998. Disponível em: < <http://aquat1.ifas.ufl.edu/g-safety.html>>. Acesso em: 25 jun. 2010.

THOMAS, R. E. et al. The anthropometry of forest machine operators in the southern USA. **Journal of Forest Engineering**, v. 5, n. 2, p. 33-41, 2001.

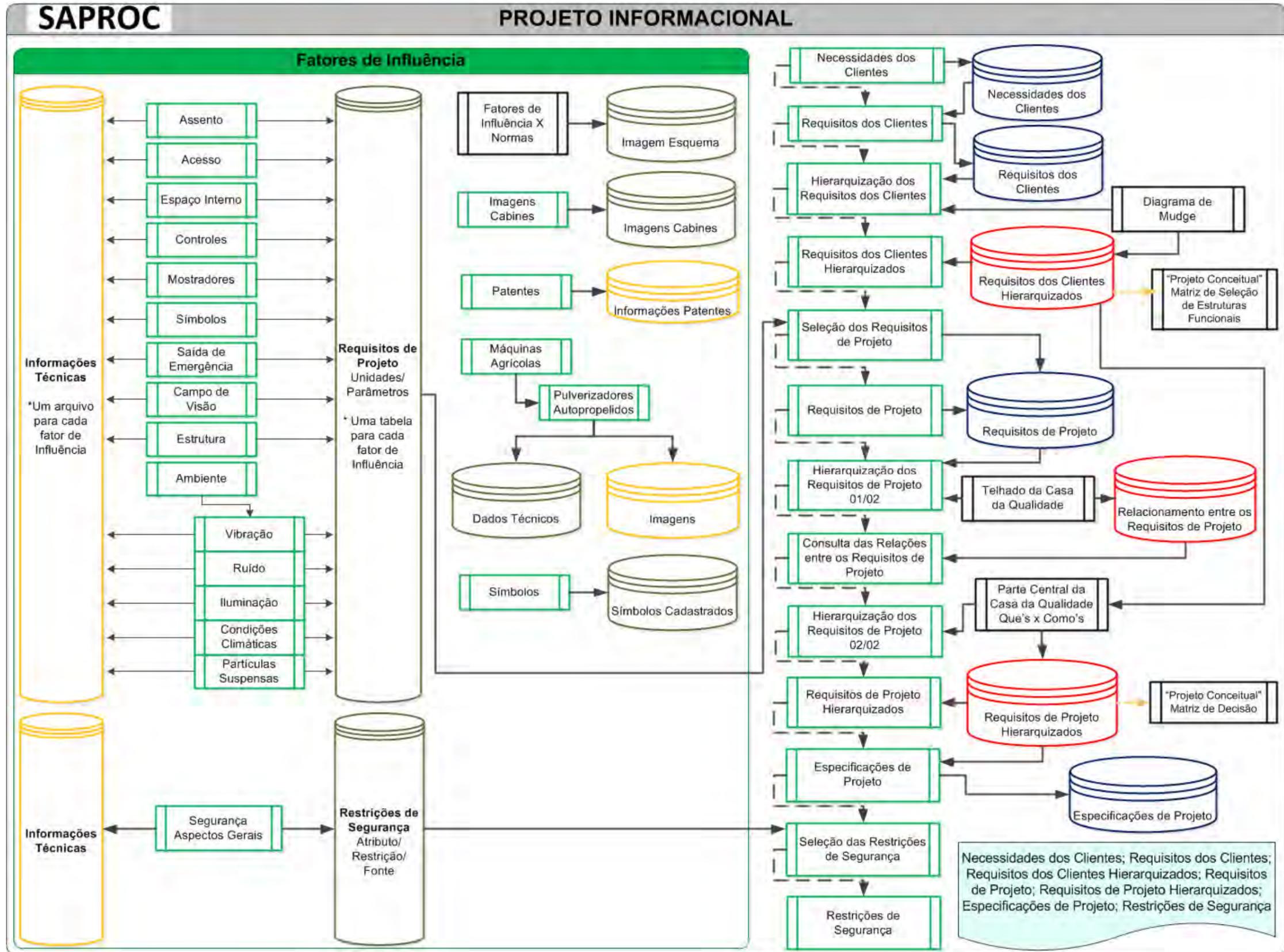
VENTUROLI, F. et al. Avaliação do nível de ruído em marcenarias no Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 547-551, 2003.

## **APÊNDICES**

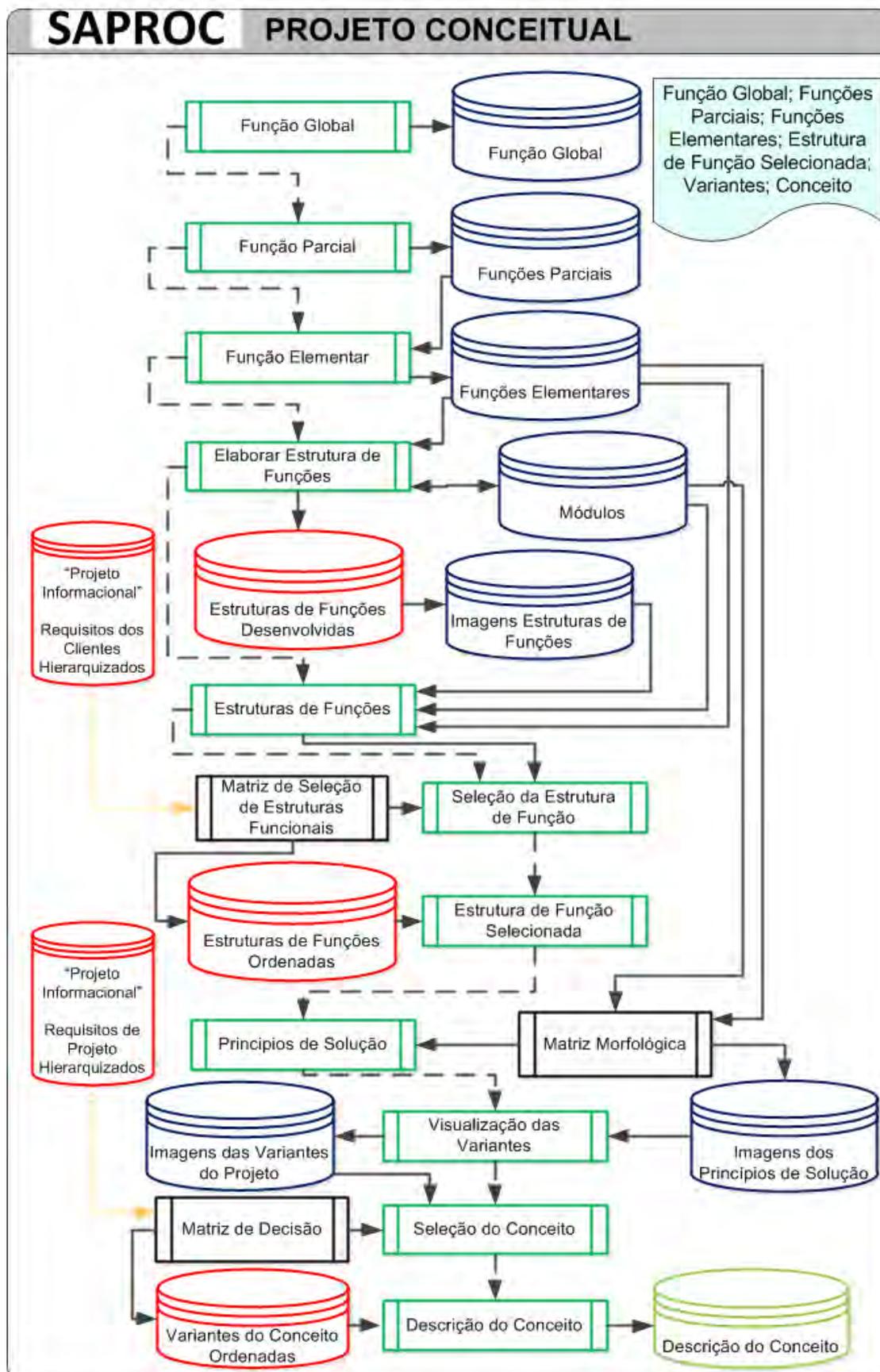
## SOFTWARE DE AUXÍLIO AO PROJETO DE CABINES DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS - SAPROC



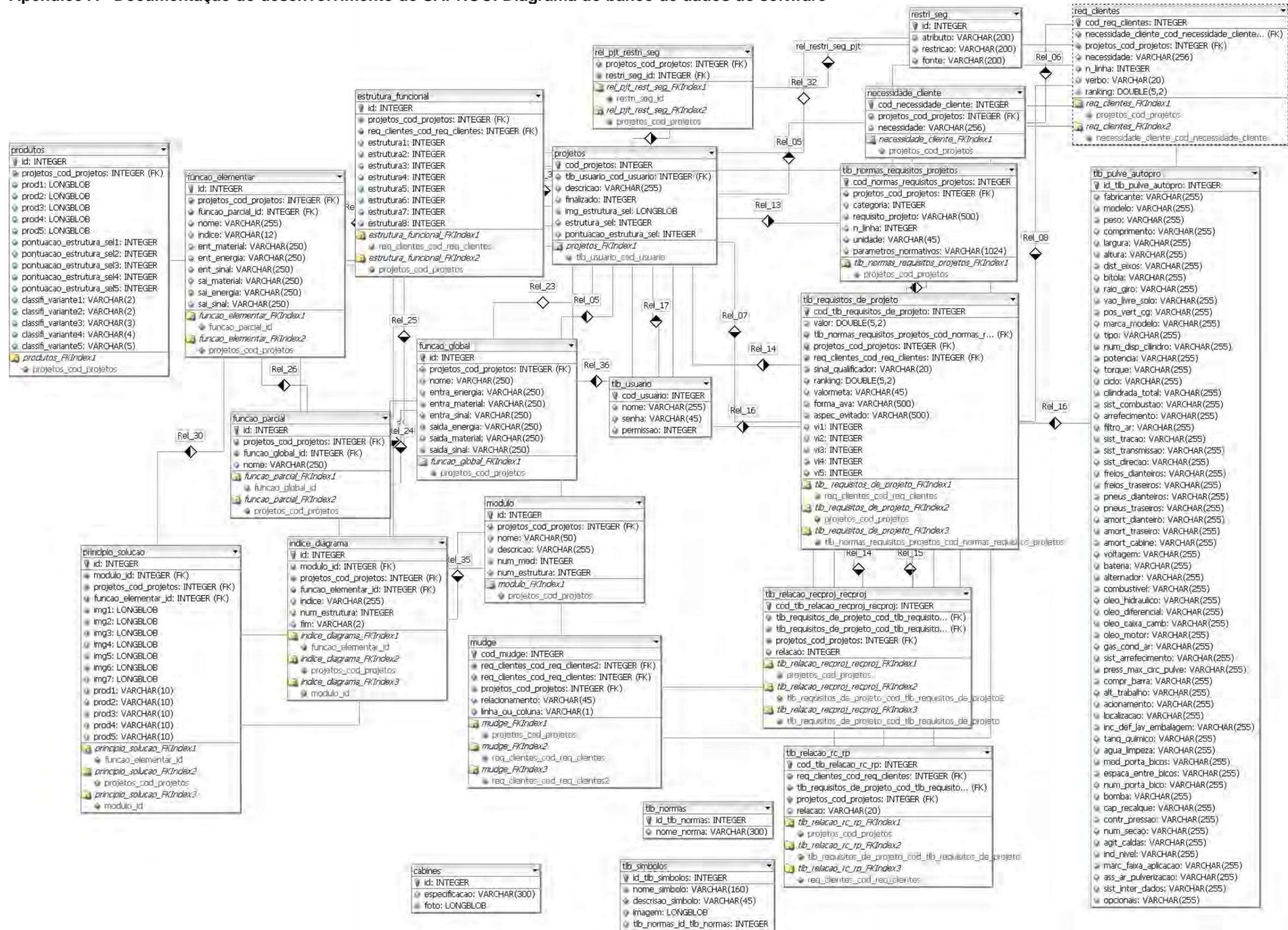
Apêndice A - Documentação do desenvolvimento do SAPROC: Fluxograma do software (continuação)



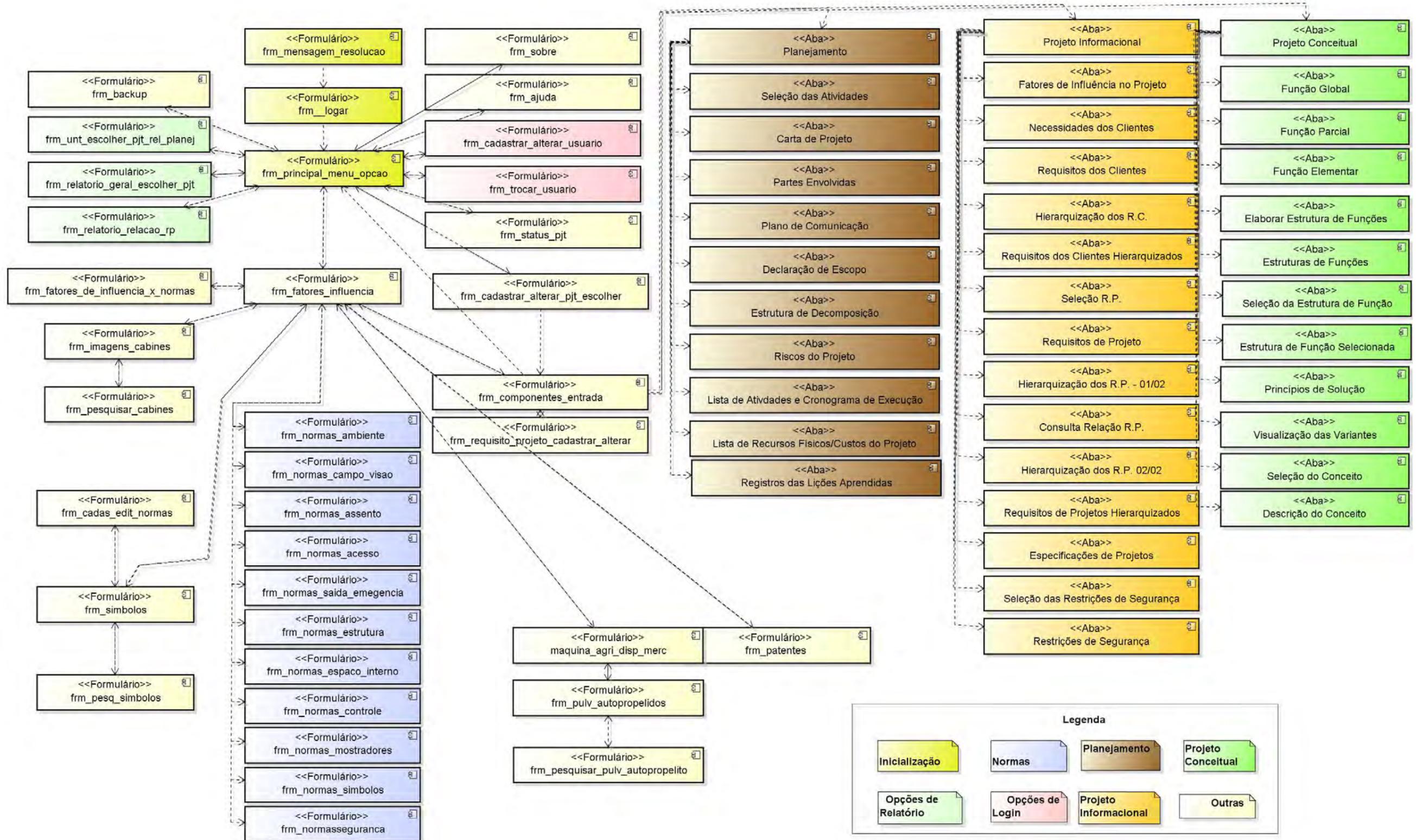
Apêndice A - Documentação do desenvolvimento do SAPROC: Fluxograma do software (continuação)



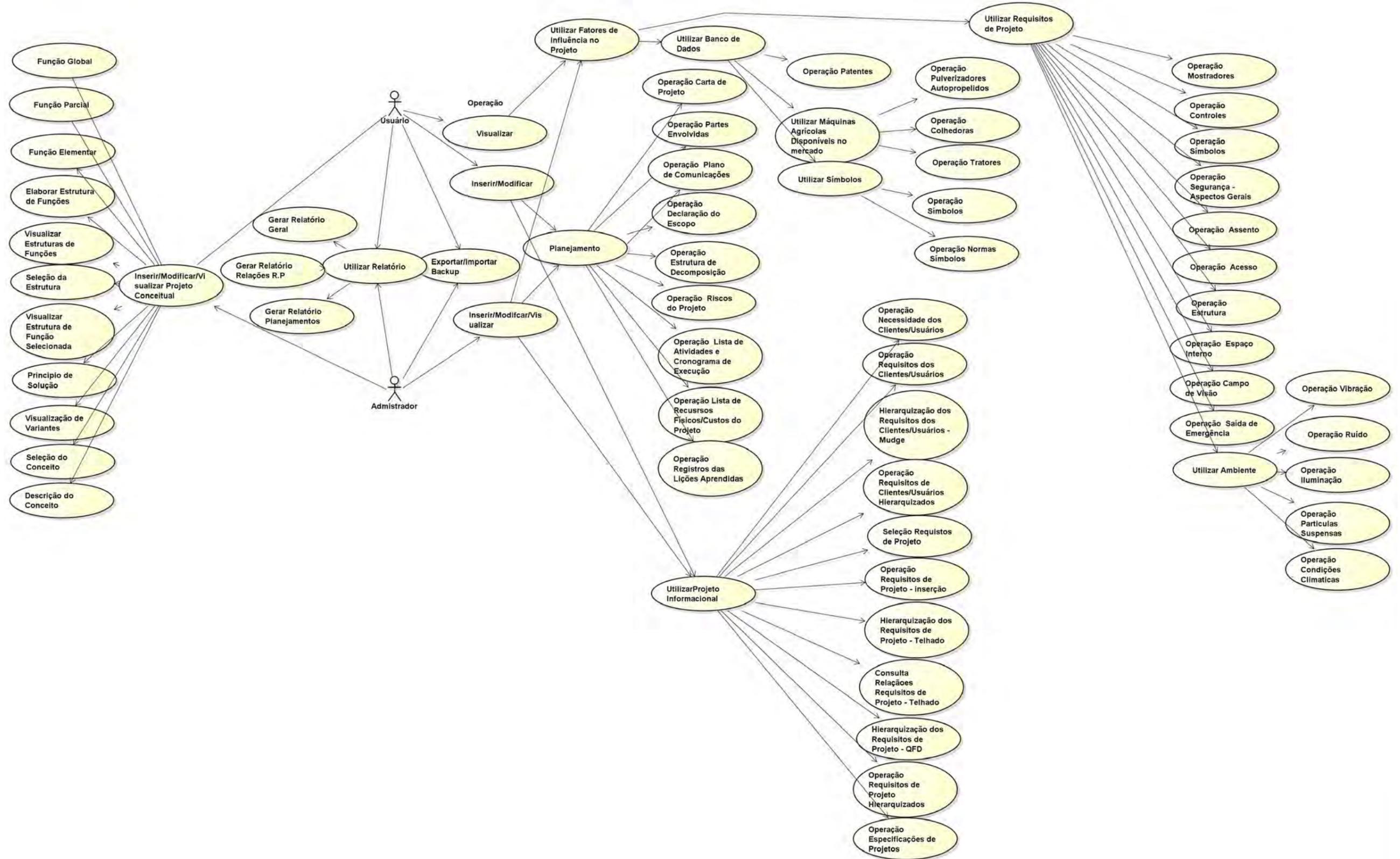
Apêndice A - Documentação do desenvolvimento do SAPROC: Diagrama do banco de dados do software



Apêndice A - Documentação do desenvolvimento do SAPROC: Diagrama de componentes do software



Apêndice A - Documentação do desenvolvimento do SAPROC: Diagrama de caso de uso do software



**Apêndice B - Exemplo de imagens de pulverizadores autopropelidos contempladas no banco de cabines**



## **Apêndice C - Nomenclatura das normas apresentadas no esquema Fatores de influência X Normas**

ISO 3462-1980 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Seat reference point – Method of determination

ISO 3463-1981 – Agricultural and forestry wheeled tractors – Protective structures – Dynamic test methods and acceptance conditions

ISO 3600-1981 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Operator manuals and technical publications – Presentation

ISO 3737-1976 – Agricultural tractors and self-propelled machines – Test method for enclosure pressurization systems

ISO 3767/1-1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 1 – Common symbols

ISO 3767/2-1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 2 – Symbols for agricultural tractors and machinery

ISO 3776-1976 – Agricultural tractors – Anchorages for seat belts

Relatório Técnico da ISO 15-12-1978 ( Tratores agrícolas – Máxima força de atuação para operação de controles.

ISO 3789/1 – 1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Location and method of operation of operator controls – Part 1: Common controls.

ISO 3789/2 – 1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Location and method of operation of operator controls – Part 2: Controls for agricultural tractors and machinery.

ISO 3789/3 – 1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Location and method of operation of operator controls – Part 3: Controls for powered lawn and garden equipment.

ISO 4253-1977 – Agricultural tractors – Operator's seating accommodation – Dimensions

ISO/TR 5007-1980 - Agricultural wheeled tractors – Operator seat – Measurement of transmitted vibration

ISO 5008-1979 - Agricultural wheeled tractors and field machinery – Measurement of whole-body vibration of the operator

ISO 5131-1982 - Acoustics- Tractor and machinery for agriculture and forestry – Measurement of noise at the operator's position – Survey method

ISO 5687-1981 – Equipment for harvesting – Combine harvester – Determination and designation of grain tank capacity and unloading device performance

ISO 5690/1 – 1982 – Equipment for distributing fertilizers – Test methods – Part 1: Full width fertilizer distributors

ISO 5721-1981 – Agricultural tractors – Operator's field of vision

ISO 3767/2 - 2008 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part2: Symbols for agricultural tractors and machinery

ISO 14269/3 – 1997 – Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry – Operator enclosure environment – Part3: Determination of effect of solar heating

ISO 15077-2008 – Tractors and self-propelled machinery for agriculture – Operator controls – Actuating forces, displacement, location and method of operation

ISO 4252-2007 – Agricultural tractors – Operator's workplace, access and exit – Dimensions

ISO 4253-1993 – Agricultural tractors – Operator's seating accommodation – Dimensions

## **Apêndice C - Nomenclatura das normas apresentadas no esquema Fatores de influência X Normas (continuação)**

ABNT NBR ISO 5006:2008 – Máquinas rodoviárias – Campo de visão do operador – Método de ensaio e critérios de desempenho

NBR ISO 4254/1-1999 – Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 1: Geral

NBR 9999-1987 – Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas

NBR ISO 4252 – 2000 – Tratores agrícolas - Local de trabalho do operador, acesso e saída – Dimensões

NBR ISO 4254/1-1999 – Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 1: Geral

NBR ISO 4254/3-2000 – Tratores e máquinas agrícolas e florestais – Recursos técnicos para garantir a segurança – Parte 3: Tratores

NBR 9740 – 1987 – Colhedora autopropelida de grãos – Determinação das características técnicas e de desempenho.

NBR 9741 – 1987 – Colhedora autopropelida de grãos – Terminologia

ISO 4254-9/1 – 1992 – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – Part 9: equipment for sowing, planting and distributing fertilizers.

ISO 11684 – 1995 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Safety signs and hazard pictorials – General principles

BS EN 1553 – 2000 - Agricultural machinery – Agricultural self-propelled mounted, semi-mounted and trailed machines – Common safety requirements.

ISO 3600 – 1996 - third edition – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Operator’s manuals – Content and presentation.

ISO 4254-5 – 1992 - First edition – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 5: power-driven soil-working equipment.

ISO 4254-6 – 1995 – First Edition – Tractors and machinery for agriculture and forestry – Technical means for ensuring safety – part 6: equipment for crop protection.

NBR 10152 – 1987 - Níveis de ruído para conforto acústico.

NBR NM ISO 5353 - 1999 – Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais – Ponto de referência do assento.

NBR 5413 – 1992 – Iluminância de interiores

NBR 11379 – 1987 – Símbolos gráficos para máquinas agrícolas.

ISO 3767/1 – 1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 1: Common symbols.

ISO 3767/2 – 1982 – Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 2: Symbols for agricultural tractors and machinery.

ASAE S304.5 – 1984 – Symbols for operator controls on agricultural equipment.

ISO 5353 – 1978 – Earth-moving machinery – Seat index point.

ISO 5395/2 – 1981 – Power lawn mowers, lawn tractors, and lawn and garden tractors with mowing attachments – Safety requirements and test procedures – Part:2 Basic requirements

NR31 – Norma regulamentadora de segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária silvicultura, exploração florestal e aquicultura.

ISO 3463 (2006) Tractors for agriculture and forestry -- Roll-over protective structures (ROPS) -- Dynamic test method and acceptance conditions

## **Apêndice C - Nomenclatura das normas apresentadas no esquema Fatores de influência X Normas (continuação)**

NBR ISO 5700 (2009) Tratores agrícolas e florestais - Estruturas de proteção na capotagem (EPC) - Método de ensaio estático e condições de aceitação

ISO 14269-1 (1997) Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry -- Operator enclosure environment -- Part 1: Vocabulary

ISO 14269-2 (1997) Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry -- Operator enclosure environment -- Part 2: Heating, ventilation and air-conditioning test method and performance

ISO 14269-4 (1997) Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry -- Operator enclosure environment -- Part 4: Air filter element test method

ISO 14269-5 (1997) Tractors and self-propelled machines for agriculture and forestry -- Operator enclosure environment -- Part 5: Pressurization system test method

ISO 3767-1 (1998) Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment -- Symbols for operator controls and other displays -- Part 1: Common symbols

ISO 3767-1 (1998)/Amd 1:2008

NBR ISO 3776-1 (2009) Tratores e máquinas agrícolas - Cintos de segurança Parte 1: Requisitos de localização das ancoragens

NBR ISO 3776-2 (2009) Tratores e máquinas agrícolas - Cintos de Segurança Parte 2: Requisitos de resistência das ancoragens

ISO 3776-3 (2009) Tractors and machinery for agriculture -- Seat belts -- Part 3: Requirements for assemblies

NBR 12319 (1992) Medição da vibração transmitida ao operador - Tratores agrícolas de rodas e máquinas agrícolas - Procedimento

ISO 5007 (2003) - Agricultural wheeled tractors -- Operator's seat -- Laboratory measurement of transmitted vibration

ISO 5131 (1996) Acoustics -- Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Measurement of noise at the operator's position -- Survey method

ISO 4254-1 (2008) Agricultural machinery -- Safety -- Part 1: General requirements

NBR ISO 26322-1 (2011) Tratores agrícolas e florestais — Segurança Parte 1: Tratores convencionais

ISO 4254-6 (2009) Agricultural machinery -- Safety -- Part 6: Sprayers and liquid fertilizer distributors

ISO 16154 (2005) Tractors and machinery for agriculture and forestry -- Installation of lighting, light signalling and marking devices for travel on public roadways

NBR ISO 4252 (2011) Tratores agrícolas – Local de trabalho do operador, acesso e saída – Dimensões

ISO 3795 (1989) Road vehicles, and tractors and machinery for agriculture and forestry -- Determination of burning behaviour of interior materials.

## Apêndice D - Restrições de segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas

RESTRIÇÃO	FONTE
Fator de influência: <b>Ruído</b>	
Não deve ultrapassar a 85 dB's medidos na posição do ouvido do operador	NR 15
Ensaio de medição do ruído na posição do operador devem ser efetuados de acordo com a ISO 5131	NBR ISO 26322-1 (2011)
Ensaio de medição do ruído quando a máquina estiver em movimento devem ser efetuados de acordo com a ISO 7216	NBR ISO 26322-1 (2011)
Fator de influência: <b>Controles</b>	
Os controles devem ser escolhidos, projetados, construídos e dispostos de tal forma que suas localizações e métodos de operação estejam de acordo com a ISO 15077	NBR ISO 26322-1 (2011)
Controles operados com a mão devem ter folgas mínimas de acordo com a NBR ISO 4252 (Exceto controles operados com a ponta dos dedos)	NBR ISO 26322-1 (2011)
O controle de partida e parada do motor deve possuir um dispositivo que evite o acionamento acidental (Ex. chave removível)	NBR ISO 26322-1 (2011)
Não deve ser possível dar a partida no motor com a TDP acionada	NBR ISO 26322-1 (2011)
A partida do motor não pode movimentar o engate de três pontos	NBR ISO 26322-1 (2011)
Cada fonte de potência deve ser montada com um dispositivo que permita ser desligado rapidamente. Deve ser projetado de modo que quando estiver na posição "desligado" a fonte de potência não possa ser colocada em movimento, salvo se o dispositivo for manualmente religado	NBR ISO 4254-1 (1999)
Os pedais devem ter tamanho e espaço apropriados e ser adequadamente distribuídos. Os pedais devem ter superfície antiderrapante e ser fáceis de limpar	NBR ISO 26322-1 (2011)
Os pedais (embreagem, freio e acelerador) devem ter a mesma função e disposição daqueles de um automóvel	NBR ISO 26322-1 (2011)
Os controles de movimento da máquina devem ser disponibilizados ao operador somente na sua posição de trabalho	ISO 4254-1 (2008)
Controles manuais de desligamento de pulverização deve ser disponibilizado ao alcance do operador na posição de trabalho	ISO 4254-6 (2009)
Fator de influência: <b>Mostradores</b>	
Não deve haver mangueiras ou sistemas pressurizados no interior da cabine, como por exemplo manômetros	ISO 4254-6 (2009)

### Apêndice D - Restrições de segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas (continuação)

RESTRIÇÃO	FONTE
Fator de influência: <b>Acesso</b>	
As dimensões de acesso devem atender aos requisitos da norma NBR ISO 4252	NBR ISO 26322-1 (2011)
Se a altura vertical do piso do posto de operação exceder a 550mm acima do solo, deverá ser fornecido meios de acesso com dimensões especificadas de acordo com a norma NBR ISO 26322-1 (2011)	NBR ISO 26322-1 (2011)
Se existir partes perigosas da máquina atrás dos degraus ou escadas de acesso em que o operador possa entrar em contato, deve ser providenciado uma proteção na parte dos fundos dos referidos (degraus ou escadas)	NBR ISO 26322-1 (2011)
O corrimão deverá ser fornecido em ambos os lados do acesso, possibilitando que o operador mantenha os três pontos de contato no acesso ou saída do posto de trabalho	ISO 4254-1 (2008) e NBR ISO 26322-1 (2011)
A distância vertical entre degraus sucessivos deverá ser igual (tolerância de $\pm 20$ mm)	NBR ISO 26322-1 (2011)
A distância vertical entre o degrau superior e a plataforma do operador não deve exceder a 300mm	NBR ISO 26322-1 (2011)
Cada degrau deve ter uma superfície antiderrapante e um batente lateral em cada extremidade e ser projetado para minimizar o acúmulo de barro ou neve	NBR ISO 26322-1 (2011)
Uma conexão ou conexões entre o primeiro e o segundo degraus são permitidas	NBR ISO 26322-1 (2011)
Se escadas forem utilizadas, sua inclinação deve estar entre 70° e 90° com a horizontal. Se a escada tiver inclinação menor que 70° com a horizontal deverão ser observadas as dimensões especificadas na NBR ISO 26322-1 (2011)	NBR ISO 26322-1 (2011)
Se partes dos meios de acesso forem móveis, a força manual não pode exceder a 200N de valor médio, movendo do início até a posição de parada e os picos não podem exceder a 400N. Não pode haver riscos de corte, aperto ou movimento incontrolável para o operador na movimentação de meios de acesso móveis	NBR ISO 26322-1 (2011)
A extremidade inferior do corrimão/pega-mão deve estar localizada a no máximo 1500mm da superfície do solo	NBR ISO 26322-1 (2011)
Deve haver um espaço livre de no mínimo 30mm entre as partes adjacentes do corrimão/pega-mão (exceto nos pontos de fixação)	NBR ISO 26322-1 (2011)
O corrimão ou o pega-mão deve ser posicionado a uma altura entre 850 e 1100mm acima do degrau superior. Deve ter pelo menos 110mm de comprimento	NBR ISO 26322-1 (2011)
A plataforma deve ser plana, com superfície antiderrapante e sistema de drenagem. Deve possuir proteção para os pés (batente) corrimão e proteção intermediária (entre corrimão e proteção para os pés) as dimensões devem estar de acordo com a ISO 4254-1 (2008)	ISO 4254-1 (2008)
Proteções e barreiras devem ser projetadas para suportar uma carga vertical de 1200N	NBR ISO 26322-1 (2011)
Barreiras utilizadas como proteção contra riscos relacionados às partes móveis de trabalho devem resistir às seguintes cargas horizontais: 1000N, até 400mm do solo em posição de trabalho e 600N, acima de 400mm do solo em posição de trabalho	NBR ISO 26322-1 (2011) e ISO 4254-1 (2008)

### Apêndice D - Restrições de segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas (continuação)

RESTRIÇÃO	FONTE
Fator de influência: <b>Acesso</b> (continuação)	
Superfícies quentes que podem ser alcançadas involuntariamente pelo operador durante a operação normal do trator devem ser cobertas ou isoladas termicamente. Se aplica às superfícies quentes que estão próximas aos degraus, corrimãos, pega-mão e partes integrantes da máquina utilizadas como meios de acesso e que podem ser tocadas inadvertidamente	NBR ISO 26322-1 (2011)
Deve ser fornecido um meio para manter a porta na posição aberta, a fim de evitar fechamento acidental	ISO 4254-1 (2008)
Os espelhos retrovisores não devem invadir o espaço destinado para acesso a cabine	ISO 4254-1 (2008)
Quando uma proteção estiver em uma posição que possa ocasionalmente ser utilizada como degrau, esta deve resistir a uma carga de 1200N	NBR ISO 4254-1 (1999)
Fator de influência: <b>Saída de Emergência</b>	
As dimensões da saída de emergência devem estar de acordo com os requisitos da norma NBR ISO 4252	NBR ISO 26322-1 (2011)
Se a saída de emergência não for óbvia a mesma deve ser rotulada com a identificação e com os procedimentos de uso	ISO 4254-1 (2008)
Fator de influência: <b>Espaço Interno</b>	
Não pode haver pontos cortantes ou de esmagamento dentro do alcance da mão ou pé do operador enquanto sentado no assento. As delimitações destes espaços são especificadas na norma NBR ISO 26322-1 (2011)	NBR ISO 26322-1 (2011)
O espaço interno deve respeitar as mínimas dimensões da zona de segurança	NBR ISO 5700 (2009)
Fator de influência: <b>Assento</b>	
O assento deve suportar o operador, em todos os modos de trabalho e operação, e evitar que o operador escorregue do mesmo	NBR ISO 26322-1 (2011) e NBR ISO 4254-1 (1999)
Caso a máquina seja equipada com EPCC o assento deve ser equipado com um cinto de segurança que atenda aos requisitos das normas NBR ISO 3776-1, NBR ISO 3776-2 e ISO 3776-3	NBR ISO 26322-1 (2011) e ISO 4254-1 (2008)
Se fornecido um assento para instrução este deve atender à ISO 23205 (2006)	NBR ISO 26322-1 (2011)
O sistema de suspensão do assento deve ser ajustável de acordo com o peso do operador	ISO 4254-1 (2008)
Fator de influência: <b>Estrutura</b>	
O sistema de proteção na capotagem deve ser instalado respeitando os requisitos das normas NBR ISO 5700 ou ISO 3463	NBR ISO 26322-1 (2011)
Baterias, reservatórios de óleos e sistemas de refrigeração devem ser localizados, construídos, revestidos, e/ou vedados para minimizar o risco de vazamento que possam prejudicar o operador em caso de capotagem	NBR ISO 26322-1 (2011)

### Apêndice D - Restrições de segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas (continuação)

RESTRIÇÃO	FONTE
Fator de influência: <b>Partículas Suspensas</b>	
O sistema de exaustão dos gases do motor (saída do tubo de descarga) deve estar localizado e direcionado de modo que libere os gases para longe do operador e da entrada de ar da cabine	NBR ISO 26322-1 (2011), ISO 4254-1 (2008) e NBR ISO 4254-1 (1999)
O sistema de pressurização de ar da cabine e o desempenho do filtro de ar devem atender os requisitos das normas ISO 14269-5 e ISO 14269-4 respectivamente	ISO 14269-5 e ISO 14269-4 (1997)
Fator de influência: <b>Campo de Visão</b>	
A EPCC, guarnições de janelas, portas, cano de escape, capô do motor e equipamentos e acessórios devem ser dimensionados de modo que o encobrimento máximo fique dentro dos parâmetros especificado pela (NBR ISO 5006:2008)	NBR ISO 5006 (2008)
Fator de influência: <b>Iluminação</b>	
As luzes externas montadas em par devem estar eqüidistantes com relação ao plano médio longitudinal da máquina	ISO 16154 (2005)
As características fotométricas das luzes utilizadas devem atender os requisitos da norma ISO 16154	ISO 16154 (2005)
Não deve ser empregada luz vermelha que possa ser vista de frente da máquina, assim como luz branca que possa ser visível pela traseira da máquina	ISO 16154 (2005)
As luzes podem ser agrupadas, combinadas ou incorporadas mutuamente umas com as outras, desde que atenda todos os requisitos quanto à cor, orientação, posição, visibilidade geométrica, conexões elétricas e outros requisitos da norma ISO 16154 (2005)	ISO 16154 (2005)
Fator de influência: <b>Símbolos</b>	
Sinais de segurança devem estar adequadamente apresentados sempre que for necessário alertar o operador e outros sobre o risco de danos pessoais durante a operação normal e de manutenção. Estes devem estar de acordo com a norma ISO 11684	NBR ISO 26322-1 (2011)
Os sinais de instrução relativos à operação, manutenção e cuidados devem ter uma aparência diferentes dos sinais de segurança (especialmente a cor)	NBR ISO 26322-1 (2011)
Fator de influência: <b>Aspectos Gerais</b>	
Deve ser provido um local seco e de fácil acesso para armazenamento do manual de instrução	NBR ISO 26322-1 (2011) e ISO 4254-1 (2008)
O material interno da cabine, tais como cobertura do assento, cobertura dos painéis, piso e teto, não podem ultrapassar a taxa máxima de inflamabilidade de 150mm/min quando ensaiados com a ISO 3795	NBR ISO 26322-1 (2011) e ISO 4254-1 (2008)

### Apêndice D - Restrições de segurança no projeto de cabines de máquinas agrícolas (continuação)

RESTRIÇÃO	FONTE
Fator de influência: <b>Aspectos Gerais</b> (continuação)	
A cabine deve ser equipada com limpador de pára-brisa	ISO 4254-1 (2008)
Deve ser disponibilizado luzes de trabalho	ISO 4254-1 (2008)
Os cabos elétricos devem ser protegidos de superfícies potencialmente abrasivas e devem ser resistentes e protegidos contra o contato de lubrificante ou combustível. Devem ainda estar localizados de modo que nenhuma parte entre em contacto com o sistema de escape, peças móveis ou arestas vivas. Fusíveis ou outros dispositivos de proteção de sobrecarga devem ser instalado em todos os circuitos elétricos, exceto para o circuito de arranque-motor e o sistema de alta tensão de ignição por centelha. Deve haver possibilidade de desligamento de todos os sistemas em simultâneo. Distribuição de energia elétrica desses aparelhos entre os circuitos devem evitar a possibilidade de corte de todos os sistemas de alerta simultaneamente	ISO 4254-1 (2008)
Para máquinas pulverizadoras deve ser disponibilizado um tanque com água limpa com capacidade mínima de 15 litros e este deve ser equipado com uma torneira que pode ser facilmente aberta sem a utilização de uma ferramenta e sem ter que ser continuamente pressionada	ISO 4254-6 (2009)
As proteções devem ser rigidamente fixas, não devem ter bordas pontiagudas, devem ser resistentes à intempérie e devem manter sua resistência sob condições extremas de temperatura, levando em consideração o uso pretendido	NBR ISO 4254-1 (1999)

## Apêndice E - Lista de identificação dos controles e mostradores empregados no pulverizador autopropelido “Modelo X”

### CONTROLES

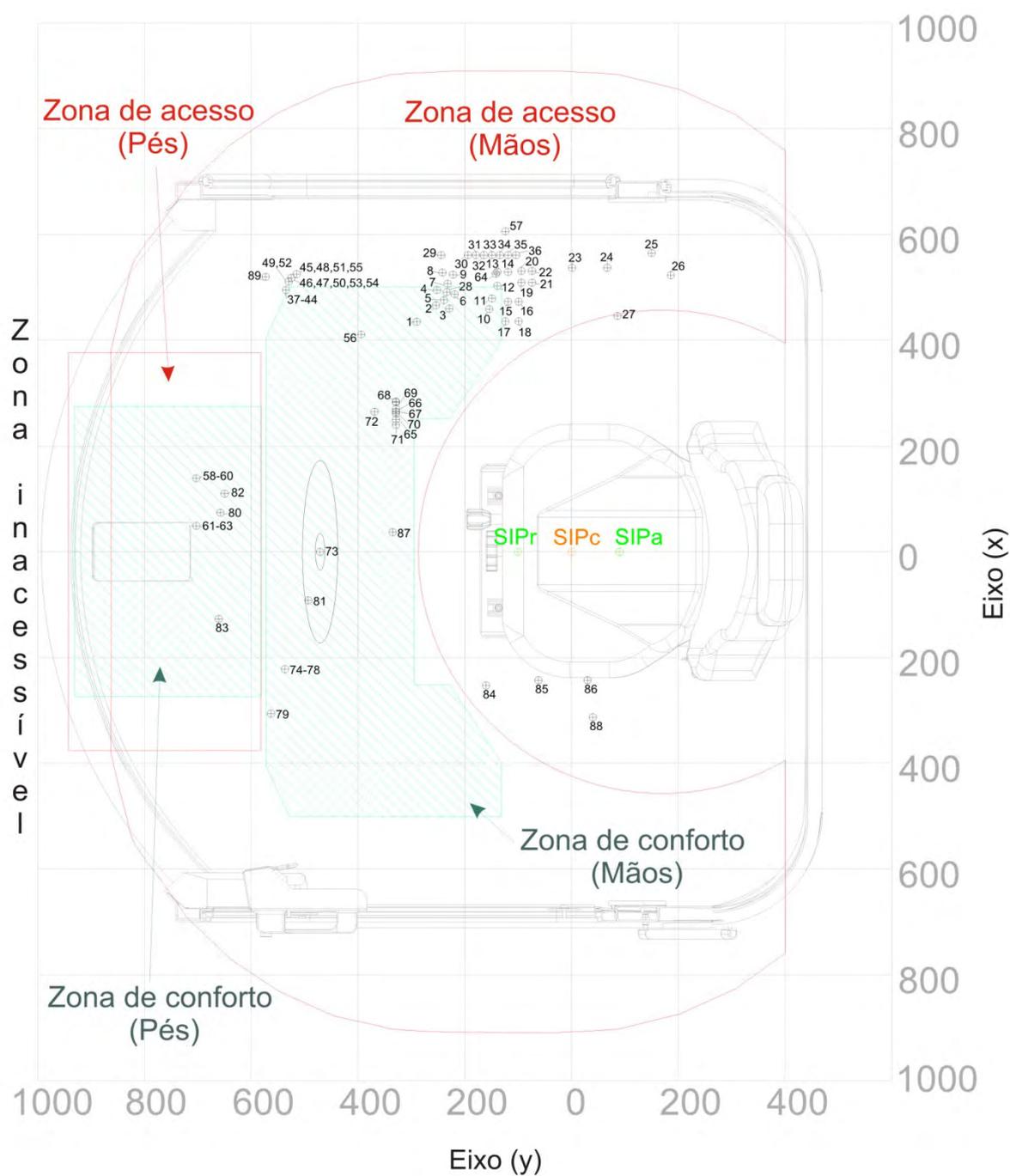
- |  |   |
|--|---|
| 1. Ajustar sensor da barra                             | 43. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 2. Navegação painel "ESC"                              | 44. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 3. Navegação painel "?"                                | 45. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 4. Navegação painel                                    | 46. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 5. Navegação painel                                    | 47. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 6. Navegação painel                                    | 48. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 7. Navegação painel                                    | 49. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 8. Navegação painel "+"                                | 50. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 9. Navegação painel "-"                                | 51. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 10. Ativar/ desativar sistema hidráulico               | 52. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 11. Ativar/ desativar suspensão do quadro              | 53. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 12. Ligar/ desligar luzes frontal                      | 54. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 13. Ligar/ desligar luzes teto cabine                  | 55. Navegação "sistema de controle de pulverização"         |
| 14. Ligar/ desligar luzes de alerta                    | 56*. Ajustar posição tela operação da máquina               |
| 15. Destruar o quadro                                  | 57*. Ajustar posição painel controles barra de pulverização |
| 16. Travar o quadro                                    | 58. Regular sistema condicionador de ar                     |
| 17. Subir marcha                                       | 59. Regular sistema condicionador de ar                     |
| 18. Descer marcha                                      | 60. Regular sistema condicionador de ar                     |
| 19. Abrir barra esquerda                               | 61. Regular sistema condicionador de ar                     |
| 20. Abrir barra direita                                | 62. Regular sistema condicionador de ar                     |
| 21. Fechar barra esquerda                              | 63. Regular sistema condicionador de ar                     |
| 22. Fechar barra direita                               | 64. Iluminação interna cabine                               |
| 23. Ligar/desligar bomba de pulverização               | 65. Baixar barra de pulverização esquerda                   |
| 24. Acionar freio de estacionamento                    | 66. Ligar/desligar piloto automático                        |
| 25. Acionar emergência piloto                          | 67. Baixar quadro   |
| 26. Acender cigarro (Isqueiro)                         | 68. Baixar barra de pulverização direita                    |
| 27. Acelerador   | 69. Levantar barra de pulverização direita                  |
| 28. Navegação painel "ok"                              | 70. Levantar quadro   |
| 29. Ligar/desligar pulverização                        | 71. Levantar barra de pulverização esquerda                 |
| 30. Ligar/desligar seção 01                            | 72. Atribuir movimento a máquina (p/ frente e p/ trás)      |
| 31. Ligar/desligar seção 02                            | 73. Direcionar a máquina                                    |
| 32. Ligar/desligar seção 03                            | 74. Controle multi-funções (pisca direita)                  |
| 33. Ligar/desligar seção 04                            | 75. Controle multi-funções (pisca esquerda)                 |
| 34. Ligar/desligar seção 05                            | 76. Controle multi-funções (luz alta)                       |
| 35. Ligar/desligar seção 06                            | 77. Controle multi-funções (jogar água pára-brisa)          |
| 36. Ligar/desligar seção 07                            | 78. Controle multi-funções (limpador do pára-brisa)         |
| 37. Ligar/desligar sistema de controle de pulverização | 79. Controle multi-funções (buzina)                         |
| 38. Navegação "sistema de controle de pulverização"    | 80. Pisca-alerta  |
| 39. Navegação "sistema de controle de pulverização"    | 81. Ligar luz externa                                       |
| 40. Navegação "sistema de controle de pulverização"    | 82. Ligar/desligar máquina (Chave ignição)                  |
| 41. Navegação "sistema de controle de pulverização"    | 83*. Ajustar inclinação da coluna de direção                |
| 42. Navegação "sistema de controle de pulverização"    | 84*. Ajustar posição do assento (recuado/ afastado)         |
|  | 85*. Ajustar altura do assento                              |
|  | 86*. Ajustar suspensão do assento                           |
|  | 87*. Ajustar inclinação do assento                          |
|  | 88*. Ajustar limite do apoio do braço                       |
|  | 89*. Ajustar tela sistema AP                                |

\* Controles destinados a ajustes

### MOSTRADORES

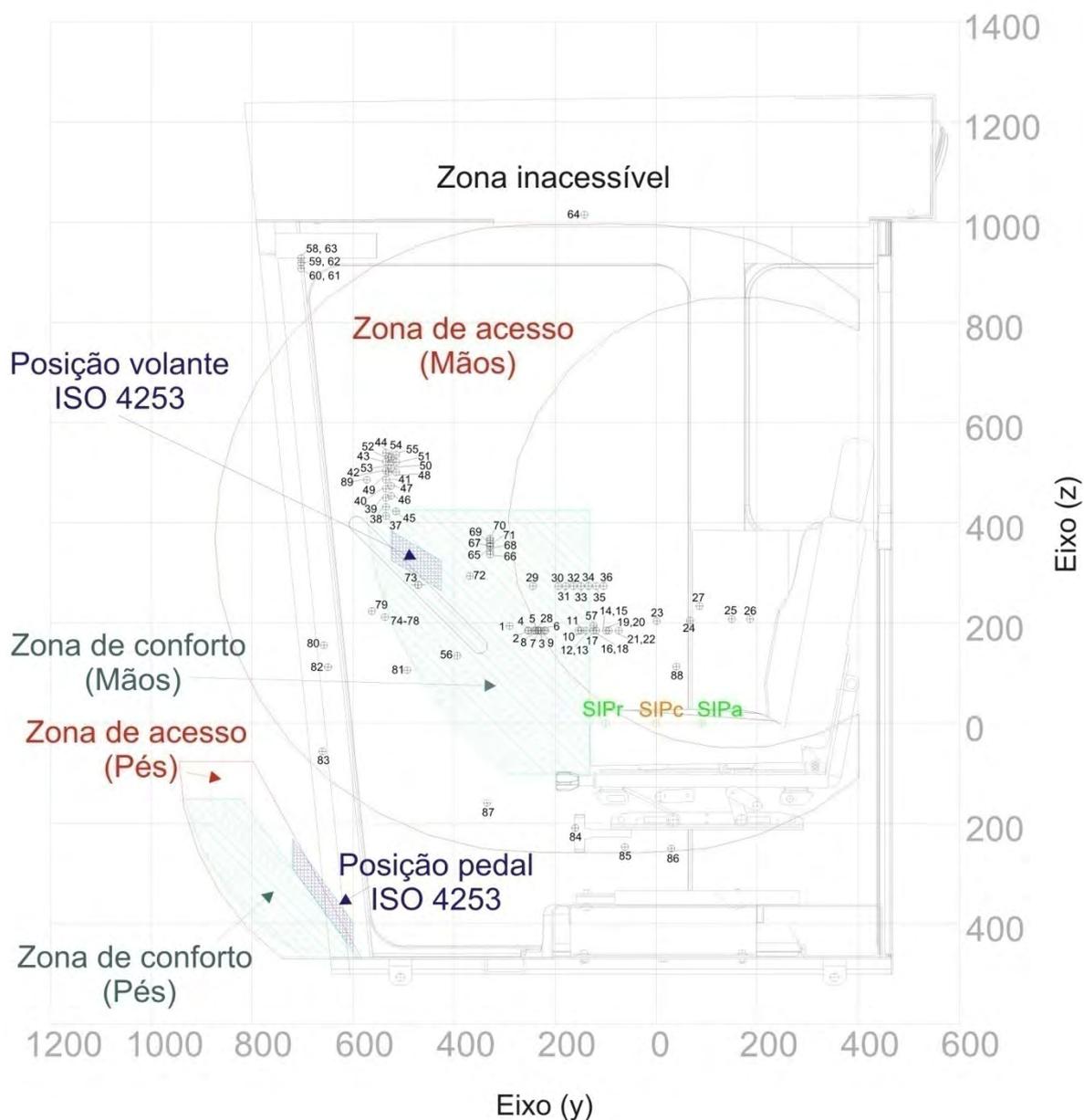
- |                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| 90. Coluna de direção         | 92. Tela sistema AP                  |
| 91. Tela operações da máquina | 93. Tela sistema condicionador de ar |

**Apêndice F - Exemplo da análise da distribuição espacial dos controles: Vista superior (eixos x e y), SIP - Posição Central**



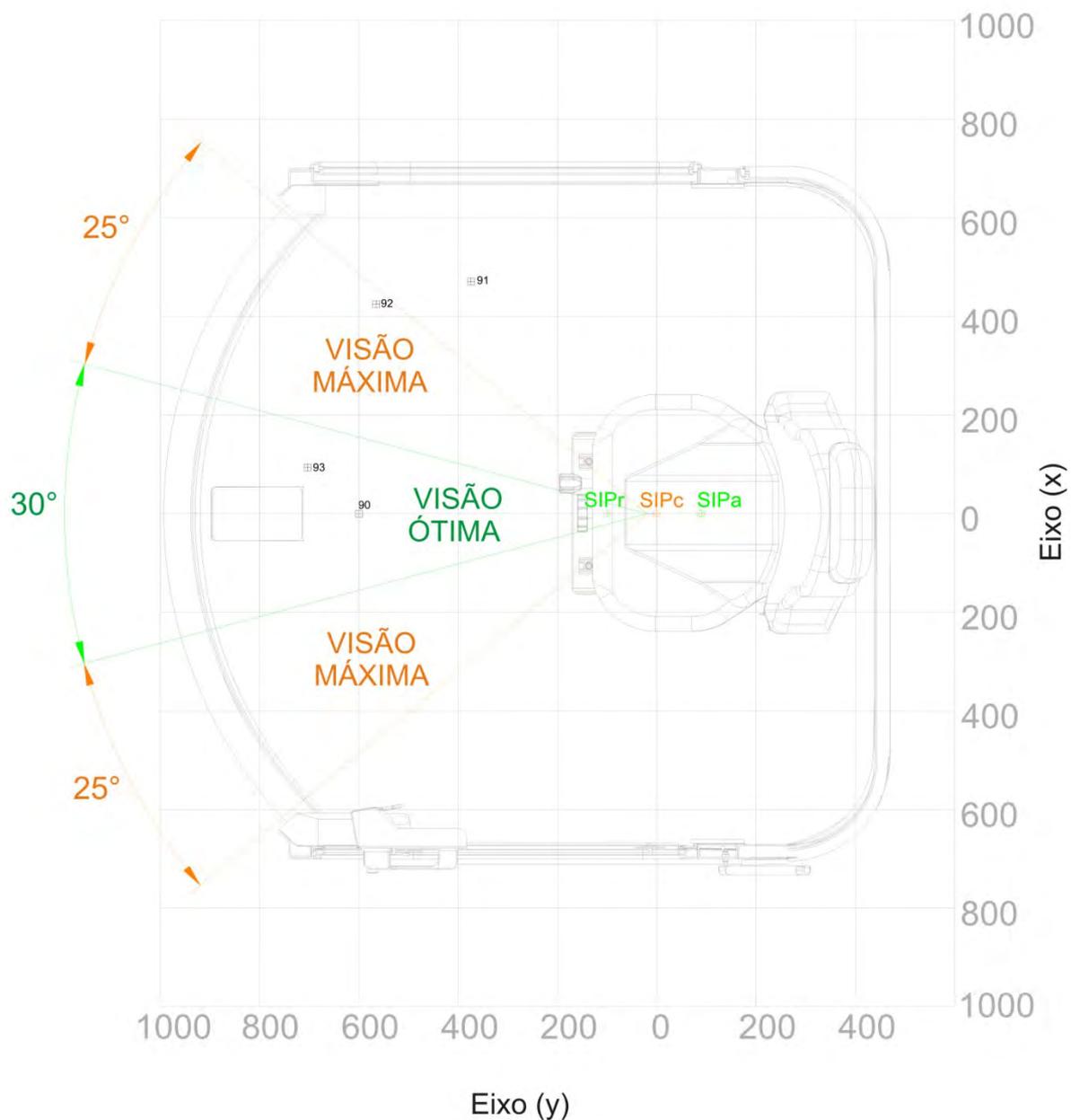
Unidades (mm)

**Apêndice F - Exemplo da análise da distribuição espacial dos controles (continuação): Vista lateral (eixos y e z), SIP - Posição Central**



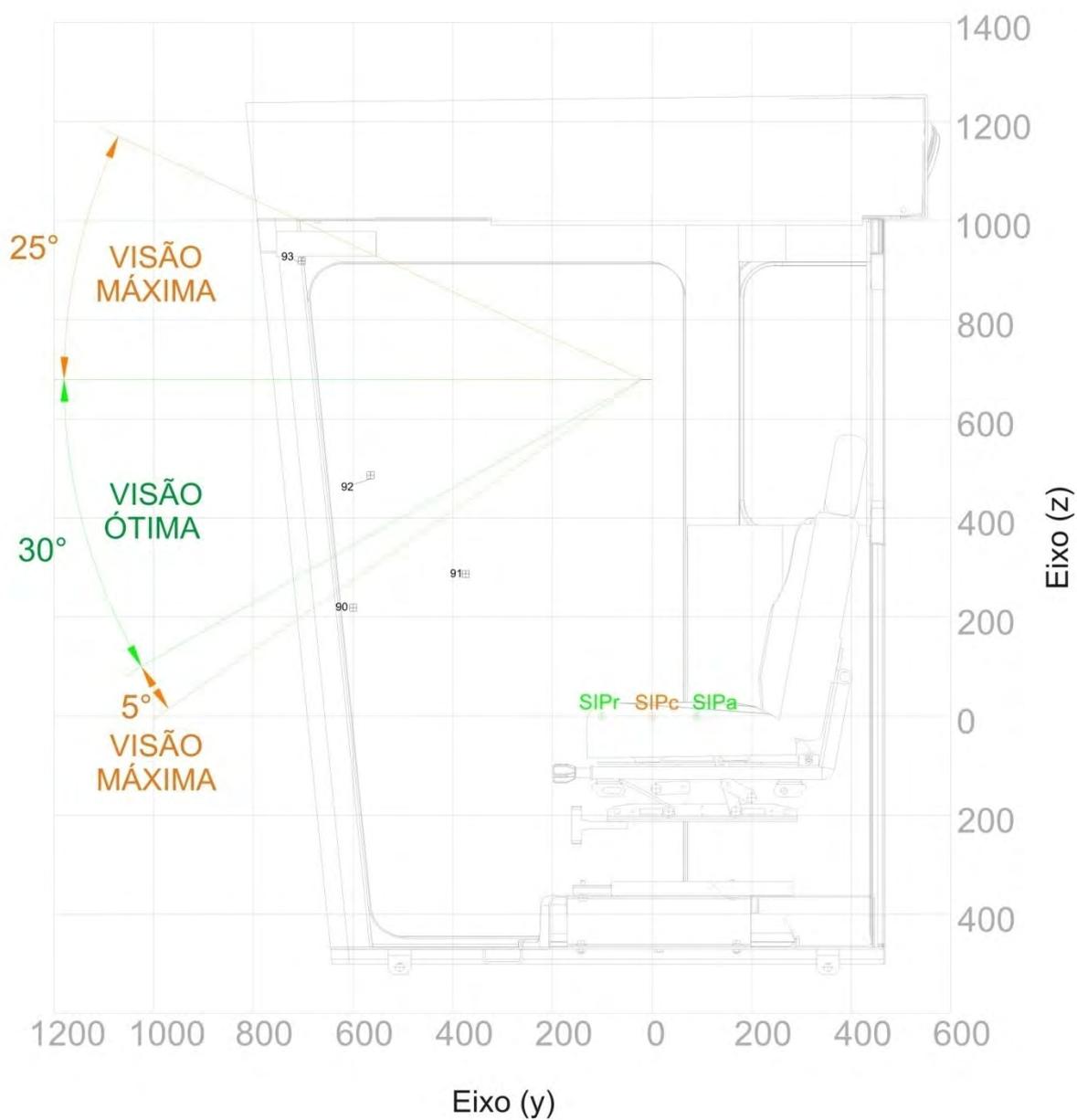
Unidades (mm)

**Apêndice G - Exemplo da análise da distribuição espacial dos mostradores:  
Vista superior (eixos x e y), SIP - Posição Central**



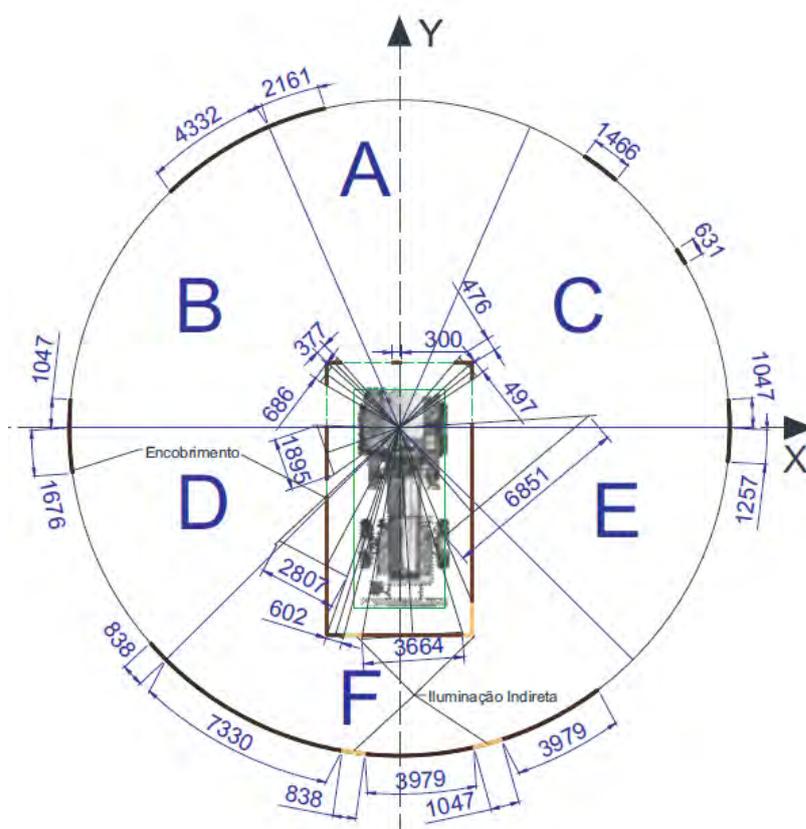
Unidades (mm)

**Apêndice G - Exemplo da análise da distribuição espacial dos mostradores (continuação): Vista lateral (eixos y e z), SIP - Posição Central**

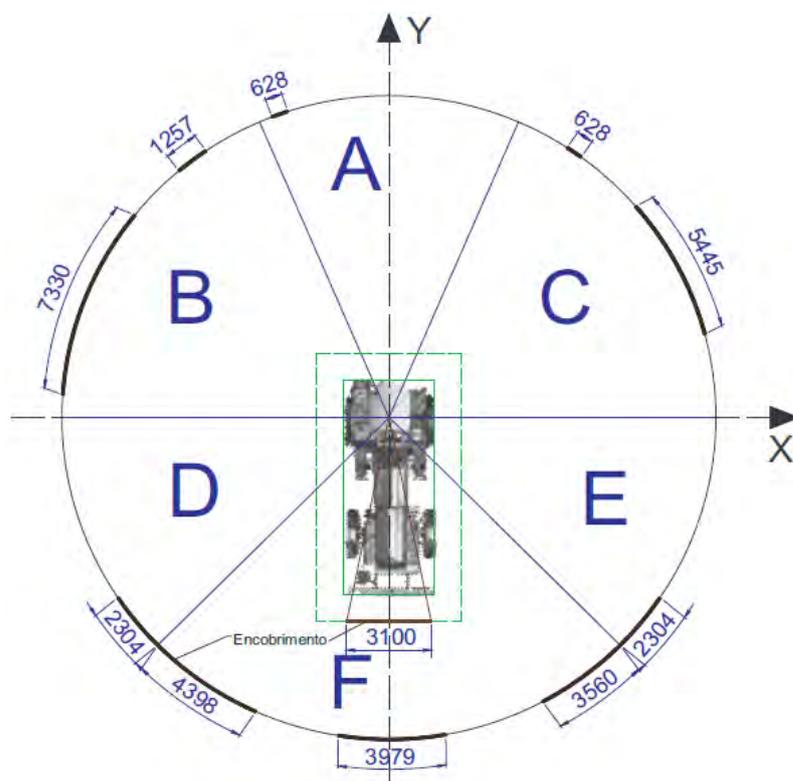


Unidades (mm)

**Apêndice H - Sobreposição do pulverizador autopropelido na avaliação do campo de visão do operador e da iluminação externa**



Projeção do pulverizador sobre a avaliação do campo de visão do operador



Projeção do pulverizador sobre a avaliação da iluminação externa

## Apêndice I - Questionário estruturado para coleta das necessidades dos usuários do produto

IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS DO PRODUTO	
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA - PPGEA LABORATÓRIO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS - LASERG Produto: Cabine de operação de pulverizador autopropelido	
1. Localização (Coordenadas - GPS)	2. Número da amostra:
<input type="text"/>	<input type="text"/>
PERFIL DO OPERADOR E CARACTERÍSTICAS DA MÁQUINA	
3. Qual a sua idade?	9. Tez uso de simulador?
<input type="radio"/> 16 a 24 anos <input type="radio"/> 25 a 34 anos <input type="radio"/> 35 a 44 anos <input type="radio"/> 45 a 54 anos <input type="radio"/> Acima de 54 anos	<input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não
4. Qual a sua escolaridade?	10. Qual a marca do pulverizadores autopropelido que você trabalha?
<input type="radio"/> Não sabe ler <input type="radio"/> 1º Grau Incompleto <input type="radio"/> 1º Grau Completo <input type="radio"/> 2º Grau Incompleto <input type="radio"/> 2º Grau Completo <input type="radio"/> Superior Incompleto <input type="radio"/> Superior Completo	<input type="radio"/> JACTO <input type="radio"/> STARA <input type="radio"/> JAN <input type="radio"/> AGCO <input type="radio"/> CASE <input type="radio"/> JOHN DEERE <input type="radio"/> MONTANA <input type="radio"/> PLA <input type="radio"/> ROBUSTA <input type="radio"/> SERVSPRAY <input type="radio"/> OUTRA*
5. Há quanto tempo trabalha como operador de pulverizador autopropelido?	<i>Ir para a questão 11 para as categorias marcadas com um '*'</i>
<input type="radio"/> Menos de 1 ano <input type="radio"/> 1 a 2 anos <input type="radio"/> 2 a 3 anos <input type="radio"/> 3 a 4 anos <input type="radio"/> Mais de 4 anos	11. Qual?
6. Recebeu algum treinamento para operação da máquina?	<input type="text"/>
<input type="radio"/> Sim* <sup>12</sup> <input type="radio"/> Não	12. Qual o Modelo/Capacidade Tanque Químico?
<i>Ir para a questão 7 para as categorias marcadas com um '*'</i>	<input type="text"/>
<i>Ir para a questão 8 para as categorias marcadas com um '*'</i>	13. Qual o ano de fabricação do pulverizador?
<i>Ir para a questão 9 para as categorias marcadas com um '*'</i>	<input type="text"/>
7. Aproximadamente quantas horas de treinamento/curso você recebeu?	
<input type="text"/>	
8. De quem recebeu o curso de operação?	
<input type="radio"/> Cooperativa <input type="radio"/> Familiares <input type="radio"/> Pessoal da entrega técnica <input type="radio"/> Técnico particular <input type="radio"/> Outro operador <input type="radio"/> Outros	
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Atribua nota aos itens abaixo, considerando (1) para muito insatisfeito e (5) para muito satisfeito:	22. Enumere de 1 a 4 as principais características para uma boa cabine, considerando 1 para a mais importante e 4 para a menos importante.
	1. Ser confortável (Posição de operação, Nível de ruído e vibração, Climatização)
	2. Ser fácil de operar (Entendimento símbolos, controles e mostradores, Uso do Sistema de Agricultura de Precisão)
	3. Ter boa visibilidade e iluminação (Área externa, Painéis, Barra de pulverização)
	4. Ser segura (Acesso, Corrimões, Saída de emergência, Filtragem do ar)
	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	<i>Ordenar 4 respostas.</i>
14. Forças empregadas para o acionamento dos controles	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
15. Facilidade no entendimento dos controles	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
16. Facilidade no entendimento das informações das telas/monitores	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
17. Acesso à cabine (entrada e saída)	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
18. Isolamento do ruído no posto de trabalho	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
19. Espaço interno da cabine	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
20. Amortecimento da vibração no posto de trabalho	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
21. Iluminação externa (faróis)	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5
1 (1), 2 (2), 3 (3), 4 (4), 5 (5)	

## Apêndice I - Questionário estruturado para coleta das necessidades dos usuários do produto (continuação)

AJUSTES / REGULAGEM	
<p><b>23. Quais ajustes/regulagens são disponibilizados na cabine que você trabalha:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Volante - Inclinação da coluna de direção  <input type="checkbox"/> Volante - Outro tipo  <input type="checkbox"/> Retrovisor - Manual  <input type="checkbox"/> Retrovisor - Outro tipo  <input type="checkbox"/> Painel de controles  <input type="checkbox"/> Mostradores "Telas"</p> <p><i>Você pode marcar diversas casas.</i></p>	<p><b>30. Qual (is)?</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>
<p><b>24. O assento possui:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Sistema de amortecimento    <input type="checkbox"/> Encosto do braço direito  <input type="checkbox"/> Encosto do braço esquerdo    <input type="checkbox"/> Encosto para a cabeça</p> <p><i>Você pode marcar diversas casas.</i></p>	<p><b>31. Existe algum comando que exige mais força do que você considera adequado para acionar (volante, marchas, acelerador)?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim*    <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 32 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>
<p><b>25. Quanto ao assento do operador, quais regulagens são possíveis?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ajuste da altura  <input type="checkbox"/> Ajuste da inclinação  <input type="checkbox"/> Ajuste da profundidade  <input type="checkbox"/> Ajuste no sistema de amortecimento  <input type="checkbox"/> Ajuste no encosto do braço direito  <input type="checkbox"/> Ajuste no encosto do braço esquerdo  <input type="checkbox"/> Ajuste no encosto para cabeça</p> <p><i>Você pode marcar diversas casas.</i></p>	<p><b>32. Qual (is)?</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>
<p><b>26. O assento é confortável?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim    <input type="radio"/> Não</p>	<p><b>33. Durante ou após a operação da máquina você sente algum tipo de desconforto ou dores no corpo?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim, durante o trabalho*    <input type="radio"/> Sim, após o trabalho*  <input type="radio"/> Sim, durante e após o trabalho*    <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 34 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>
<p><b>27. O assento transmite calor para as nádegas e/ou pernas?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim    <input type="radio"/> Não</p>	<p><b>34. Em que local (is)?</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>
<p><b>28. Qual o tipo de revestimento utilizado no assento?</b></p> <p><input type="radio"/> Couro    <input type="radio"/> Material sintético    <input type="radio"/> Tecido    <input type="radio"/> Outro</p>	<p><b>35. O ar condicionado mantém a temperatura agradável na cabine?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim    <input type="radio"/> Não</p>
<p><b>29. Você sente alguma dificuldade em fazer algum dos ajustes na cabine (posição incomoda, força excessiva, falta de espaço)?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim*    <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 30 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>	
SEGURANÇA E ACESSO	
<p><b>36. Utiliza algum Equipamento de Proteção Individual (EPI) durante o uso da máquina (aplicação)?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim*    <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 37 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>	
<p><b>37. Qual (is)?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Máscara respiratória    <input type="checkbox"/> Luvas  <input type="checkbox"/> viseira facial    <input type="checkbox"/> Jaleco  <input type="checkbox"/> Boné Árabe    <input type="checkbox"/> Botas  <input type="checkbox"/> Protetor auricular    <input type="checkbox"/> Macacão</p> <p><i>Você pode marcar diversas casas.</i></p>	<p><b>39. Pode relatar como se acidentou?</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>
<p><b>38. Já sofreu algum acidente com o pulverizador (choque, cair, bater, tropeçar, intoxicação)?</b></p> <p><input type="radio"/> Sim*    <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 39 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>	<p><b>40. A cabine que você utiliza possui:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Cinto de segurança  <input type="checkbox"/> Extintor de incêndio  <input type="checkbox"/> Giroflex  <input type="checkbox"/> Saida de emergência  <input type="checkbox"/> Local para armazenar o manual de instruções  <input type="checkbox"/> Para-Sol</p> <p><i>Você pode marcar diversas casas.</i></p>

## Apêndice I - Questionário estruturado para coleta das necessidades dos usuários do produto (continuação)

<p>41. Você guarda o manual na cabine?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>42. Já fez uso do manual?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>43. Você considera que a estrutura da cabine seja resistente o suficiente para lhe proteger em caso de um tombamento/emborcamento da máquina?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>44. Sente alguma dificuldade para acessar a cabine (altura/ tamanho dos degraus, proteção, abertura da porta)?  <input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 45 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>	<p>45. Qual (is) ?  <input type="text"/></p> <p>46. A cabine possui algum comando que você acha mais difícil de alcançar?  <input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 47 para as categorias marcadas com um '*'</i></p> <p>47. Qual (is)?  <input type="text"/></p>																																				
<b>GASES</b>																																					
<p>48. Quando em operação (pulverização) você já sentiu cheiro de agrotóxico na cabine ?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>	<p>49. Quando em operação você já percebeu a entrada de poeira por alguma parte da cabine ?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																				
<b>RUÍDO E VIBRAÇÃO</b>																																					
<p>50. A cabine possui sistema de som?  <input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 51 para as categorias marcadas com um '*'</i></p> <p>51. Você o utiliza?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>	<p>52. Você acha o ruído dentro da cabine elevado?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>53. Você acha que a cabine amortece bem os impactos?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																				
<b>ESPAÇO INTERNO</b>																																					
<p>54. Você considera o espaço interno da cabine confortável para a sua movimentação/acomodação?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>55. Você acha que a cabine deve possuir um assento extra?  <input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 56 para as categorias marcadas com um '*'</i></p>	<p>56. Você acha que este (assento extra) deveria ser fixo ou retrátil?  <input type="radio"/> Fixo <input type="radio"/> Retrátil</p>																																				
<b>ILUMINAÇÃO E VISIBILIDADE</b>																																					
<p>57. Em dias mais escuros você sente a necessidade de ligar alguma iluminação na cabine para encher os símbolos, controles ou comandos ?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>58. Você opera ou já operou a máquina em dias escuros ou durante a noite?  <input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 59 para as categorias marcadas com um '*'</i></p> <p>Que nota você atribui a iluminação dos itens abaixo, considerando 1 para a mínima e 5 para a máxima:</p>	<p>64. Quanto à visibilidade externa, tem alguma parte da máquina (corrimão, coluna da cabine ou outro) que você considera que prejudica a visualização?  <input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 65 para as categorias marcadas com um '*'</i></p> <p>65. Qual (is)?  <input type="text"/></p>																																				
<table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>59. Para o acesso a cabine (degraus, escada)</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>60. Dos símbolos</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>61. Dos controles</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>62. Dos mostradores (Painéis, relógios)</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>63. Da barra de pulverização</td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> <td><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Péssima (1), Ruim (2), Média (3), Boa (4), Excelente (5).</i></p>		1	2	3	4	5	59. Para o acesso a cabine (degraus, escada)	<input type="radio"/>	60. Dos símbolos	<input type="radio"/>	61. Dos controles	<input type="radio"/>	62. Dos mostradores (Painéis, relógios)	<input type="radio"/>	63. Da barra de pulverização	<input type="radio"/>	<p>66. Na posição de operação da máquina você consegue visualizar o alinhamento dos pneus com as entre-linhas da cultura?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>67. Existe dificuldade para a visualização do painel devido ao reflexo do sol?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p> <p>68. Há acúmulo de pó no pára-brisa?  <input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																				
	1	2	3	4	5																																
59. Para o acesso a cabine (degraus, escada)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																
60. Dos símbolos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																
61. Dos controles	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																
62. Dos mostradores (Painéis, relógios)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																
63. Da barra de pulverização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																

## Apêndice I - Questionário estruturado para coleta das necessidades dos usuários do produto (continuação)

<p>69. Na posição de operação da máquina você consegue visualizar todos os controles e mostradores?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																																													
<b>CONTROLES E COMANDOS</b>																																																													
<p>70. Já utilizou as cores para memorizar algum controle?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																																													
<p>71. Na sua opinião, a posição dos controles é adequada a sua importância?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>	<p>77. Que nota você atribui aos termos (palavras) utilizados no Sistema de Agricultura de Precisão, considerando 1 para a mínima e 10 para a máxima?</p> <p><input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 10</p>																																																												
<p>72. Você considera o formato "pega" de algum controle ruim?</p> <p><input type="radio"/> Sim* <input type="radio"/> Não</p> <p><i>Ir para a questão 73 para as categorias marcadas com um *</i></p>																																																													
<p>73. Qual (is)?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 30px; width: 100%;"></div>	<p>78. Tem algo a sugerir para melhorar o uso/configuração do Sistema de Agricultura de Precisão?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div>																																																												
<p>74. Além dos alertas sonoros, você gostaria que a máquina repassasse outras informações pelo sistema de som?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																																													
<p>75. Os símbolos contidos nos painéis transmitem claramente as informações?</p> <p><input type="radio"/> Sim <input type="radio"/> Não</p>																																																													
<p>76. Que nota você atribui ao seu grau de satisfação em relação ao uso/configuração do Sistema de Agricultura de Precisão, sendo 1 para a mínima e 10 para a máxima.</p> <p><input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 10</p>																																																													
<b>SUGESTÕES E OPINIÕES</b>																																																													
<p>Atribua notas as idéias abaixo, considerando (1) para Péssima e (5) para Excelente:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 80%;"></th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>79. A cabine possuir compartimento para armazenar uma caixa de ferramentas.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>80. A porta de acesso da cabine ser na traseira para melhorar a visualização externa.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>81. Ser empregado o mesmo formato de cabine para diferentes máquinas (colhedora, pulverizador, distribuidor de fertilizantes).</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>82. Se a disposição dos controles e mostradores fosse semelhante para diferentes máquinas, alterando somente as funções de acordo com as necessidades requeridas.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>83. Comandos elétricos para regulagem dos retrovisores.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>84. Controlar a altura da barra de pulverização através de controles disponibilizados no volante.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>85. A cabine possuir telas (monitores) para visualização das barras de pulverização.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>86. O manual de instrução da máquina também ser disponibilizado de modo digital, ou seja, podendo ser consultado em uma tela.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> <tr> <td>87. Poder regular do interior da cabine a altura do vão livre da máquina ao solo.</td> <td style="text-align: center;"><input type="radio"/></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Péssima (1), Ruim (2), Média (3), Boa (4), Excelente (5).</i></p>		1	2	3	4	5	79. A cabine possuir compartimento para armazenar uma caixa de ferramentas.	<input type="radio"/>	80. A porta de acesso da cabine ser na traseira para melhorar a visualização externa.	<input type="radio"/>	81. Ser empregado o mesmo formato de cabine para diferentes máquinas (colhedora, pulverizador, distribuidor de fertilizantes).	<input type="radio"/>	82. Se a disposição dos controles e mostradores fosse semelhante para diferentes máquinas, alterando somente as funções de acordo com as necessidades requeridas.	<input type="radio"/>	83. Comandos elétricos para regulagem dos retrovisores.	<input type="radio"/>	84. Controlar a altura da barra de pulverização através de controles disponibilizados no volante.	<input type="radio"/>	85. A cabine possuir telas (monitores) para visualização das barras de pulverização.	<input type="radio"/>	86. O manual de instrução da máquina também ser disponibilizado de modo digital, ou seja, podendo ser consultado em uma tela.	<input type="radio"/>	87. Poder regular do interior da cabine a altura do vão livre da máquina ao solo.	<input type="radio"/>	<p>88. Quais sugestões você dá para melhorar o conforto, a segurança e/ou a eficiência da cabine?</p> <div style="border: 1px solid black; height: 200px; width: 100%;"></div>																																				
	1	2	3	4	5																																																								
79. A cabine possuir compartimento para armazenar uma caixa de ferramentas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
80. A porta de acesso da cabine ser na traseira para melhorar a visualização externa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
81. Ser empregado o mesmo formato de cabine para diferentes máquinas (colhedora, pulverizador, distribuidor de fertilizantes).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
82. Se a disposição dos controles e mostradores fosse semelhante para diferentes máquinas, alterando somente as funções de acordo com as necessidades requeridas.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
83. Comandos elétricos para regulagem dos retrovisores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
84. Controlar a altura da barra de pulverização através de controles disponibilizados no volante.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
85. A cabine possuir telas (monitores) para visualização das barras de pulverização.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
86. O manual de instrução da máquina também ser disponibilizado de modo digital, ou seja, podendo ser consultado em uma tela.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								
87. Poder regular do interior da cabine a altura do vão livre da máquina ao solo.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>																																																								



Apêndice K - Matriz da casa da qualidade do projeto da cabine do pulverizador autopropelido

**Legenda**  
 Relacionamento: Requisitos dos Clientes X Requisitos de Projeto

- Fraco (1)
- Médio (3)
- Forte (5)

Nº R.C.	REQUISITOS DOS CLIENTES	Valor % Mudge
1	Ter simbologia adequada às informações	2,76
2	Ter dispositivo externo para higienização do operador	3,87
3	Ter local externo para armazenamento de material contaminado	1,59
4	Ter local externo a cabine para transporte de produtos químicos	0,64
5	Ter painéis de controles com posicionamento ajustável	2,49
6	Ter regulagem interna dos retrovisores	1,06
7	Ter controles com forças adequadas para acionamento	2,87
8	Ter controles de fácil entendimento	2,02
9	Ter controle preciso da velocidade de deslocamento	2,02
10	Ter volante ajustável	0,64
11	Ter mostradores de fácil visualização	2,97
12	Ter dispositivos de alerta de funcionamento operacional	4,14
13	Ter dispositivos para monitoração das condições da máquina	3,29
14	Ter ajustes no assento	2,28
15	Ter assento seguro	3,40
16	Ter assento extra retrátil	0,48
17	Ter acesso ergonômico à cabine	4,09
18	Ter iluminação no acesso à cabine	1,75
19	Ter porta que permita fácil acesso a cabine	1,11
20	Ter estrutura de proteção resistente contra capotamento/emborçamento	6,79
21	Ter bom espaço interno	2,55
22	Ter boa visibilidade da máquina	4,19
23	Ter boa visibilidade da trajetória da máquina	3,98
24	Ter dispositivo de proteção contra reflexo do sol	0,64
25	Ter dispositivo para desembaçar os vidros	0,69
26	Ter saída de emergência de fácil utilização	4,09
27	Ter bom sistema de amortecimento de impactos	5,84
28	Ter baixo ruído interno	5,63
29	Ter bom sistema de iluminação interno	0,42
30	Ter bom sistema de iluminação externo	3,82
31	Ter sistema eficiente de purificação do ar	7,38
32	Ter saídas de ar do climatizador distribuídas pela cabine	0,42
33	Ter ambiente climatizado	5,10
34	Ter local externo a cabine para armazenar acessórios	0,42
35	Ter local interno para armazenar objetos	0,05
36	Ter sistema para refrigeração de produtos	0,27
37	Ter instrumentos para monitoramento das condições climáticas externas	3,13
38	Ter som automotivo	0,37
39	Ter bom acabamento interno	0,48
40	Ter um visual moderno	0,27

Nº R.P.	REQUISITOS DE PROJETO		Und	Dir.
	↑	→		
1	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	→	%	→
2	Espaço livre entre controles manuais e painéis adjacentes	→	mm	→
3	Espaço livre entre volante de direção e painéis fixos da cabine	→	mm	→
4	Posição do volante de direção	→	mm	→
5	Ângulo de ajuste do volante de direção	→	°	→
6	Força de atuação dos controles	→	N	→
7	Cores normalizadas para uso nos controles	→	%	→
8	Características normalizadas para direção do movimento e localização dos controles	→	%	→
9	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	→	mm	→
10	Precisão no controle da velocidade de deslocamento	→	km/h	→
11	Distância dos controles de ajuste dos espelhos retrovisores em relação ao SIP	→	mm	→
12	Auto-falantes do sistema de som	→	nº	→
13	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	→	%	→
14	Características normalizadas dos painéis da cabine	→	%	→
15	Alerias de funcionamento operacional	→	nº	→
16	Dispositivo de monitoração "Status" da máquina	→	nº	→
17	Dimensões do assento	→	mm	→
18	Inclinação do assento do operador (encosto lombar e nadeegas)	→	°	→
19	Altura do SIP em relação a plataforma de apoio para os pés	→	mm	→
20	Ajustes do assento	→	mm	→
21	Localização da ancoragem do cinto de segurança	→	mm	→
22	Resistência do cinto de segurança	→	N	→
23	Dimensões do assento do instrutor	→	mm	→
24	Dimensões do vão das aberturas de acesso (estrutura e porta aberta)	→	mm	→
25	Dimensões degraus de acesso	→	mm	→
26	Dimensões corrimão de acesso	→	mm	→
27	Dimensões da plataforma de acesso	→	mm	→
28	Símbolos padronizados	→	%	→
29	Resistência da EPCC à deformação (Teste dinâmico)	→	mm	→
30	Resistência da EPCC (Ensaio estático)	→	J	→
31	Numero de saídas de emergência	→	n	→
32	Dimensões das saídas de emergência	→	mm	→
33	Espaço livre interno	→	mm	→
34	Porta objetos interno à cabine	→	nº	→
35	Capacidade de armazenamento de produtos resfriados	→	L	→
36	Largura da cabine	→	mm	→
37	Altura da cabine	→	mm	→
38	Comprimento da cabine	→	mm	→
39	Encobrimto sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	→	mm	→
40	Encobrimto sobre os satores de visão A, B, C, D e F.	→	mm	→
41	Dispositivo para visualização externa da máquina	→	nº	→
42	Dispositivo para desembaçar vidros	→	nº	→
43	Dispositivo para desembaçar espelhos retrovisores	→	nº	→
44	Vibração transmitida ao operador	→	Hz	→
45	Vibração transmitida ao operador pelo assento	→	SEAT	→
46	Nível de ruído no interior da cabine	→	dB	→
47	Luminosidade no interior da cabine	→	lux	→
48	Farois externos	→	n	→
49	Iluminação do acesso a cabine	→	nº	→
50	Dispositivo de proteção contra o reflexo do sol	→	nº	→
51	Pressurização do ar na cabine	→	Pa	→
52	Taxa de renovação do ar da cabine	→	m³/h	→
53	Eficiência do filtro de ar da cabine	→	%	→
54	Temperatura no interior da cabine	→	°C	→
55	Velocidade de distribuição do ar na cabine	→	m/s	→
56	Funções da estação meteorológica	→	nº	→
57	Capacidade de armazenamento do tanque de água para higienização	→	l	→
58	Dimensões do compartimento para armazenamento de EPI contaminado	→	mm	→
59	Dimensões do compartimento para transporte de produtos químicos	→	mm	→
60	Dimensões do compartimento para armazenamento de acessórios da máquina	→	mm	→

Valor Importância do Requisito

213	160	112	138	139	60	89	109	213	105	58	73	177	171	229	194	81	98	93	247	46	28	161	219	64	101	125	133	113	113	152	152	210	67	84	335	336	338	223	223	211	111	77	85	86	141	132	101	114	144	139	119	95	82	122	95	123	122	127	127
9º	17º	37º	24º	23º	57º	47º	39º	10º	40º	58º	54º	14º	15º	5º	13º	52º	43º	46º	4º	59º	60º	16º	8º	56º	42º	29º	25º	35º	36º	18º	19º	12º	55º	50º	3º	2º	1º	6º	7º	11º	38º	53º	49º	48º	21º	26º	41º	34º	20º	22º	33º	44º	51º	32º	45º	30º	31º	27º	28º

## Apêndice L - Requisitos de projeto hierarquizados da cabine do pulverizador autopropelido

Ord.	N R.P	Requisitos de Projeto Hierarquizados	Unid.	Dir
1	38	Comprimento da cabine	mm	+
2	37	Altura da cabine	mm	+
3	36	Largura da cabine	mm	+
4	20	Ajustes do assento	mm	+
5	15	Alertas de funcionamento operacional	nº	+
6	39	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-
7	40	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F.	mm	-
8	24	Dimensões do vão das aberturas de acesso (estrutura e porta aberta)	mm	+
9	1	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	%	+
10	9	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	mm	+
11	41	Dispositivo para visualização externa da máquina	nº	+
12	33	Espaço livre interno	mm	+
13	16	Dispositivo de monitoração da máquina	nº	+
14	13	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	%	+
15	14	Características normatizadas dos painéis da cabine	%	+
16	23	Dimensões do assento do instrutor	mm	x
17	2	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	mm	+
18	31	Número de saídas de emergência	n	+
19	32	Dimensões das saídas de emergência	mm	+
20	50	Dispositivo de proteção contra o reflexo do sol	nº	+
21	46	Nível de ruído no interior da cabine	dB	-
22	51	Pressurização do ar na cabine	Pa	+
23	5	Ângulo de ajuste do volante de direção	°	+
24	4	Posição do volante de direção	mm	x
25	28	Símbolos padronizados	%	+
26	47	Luminosidade no interior da cabine	lux	+
27	59	Dimensões do compartimento para transporte de produtos químicos	mm	+
28	60	Dimensões do compartimento para armazenamento de acessórios da máquina	mm	+
29	27	Dimensões da plataforma de acesso	mm	+
30	57	Capacidade de armazenamento do tanque de água para higienização	l	+
31	58	Dimensões do compartimento para armazenamento do EPI contaminado	mm	+
32	55	Velocidade de distribuição do ar na cabine	m/s	x
33	52	Taxa de renovação do ar da cabine	m3/h	+
34	49	Iluminação do acesso a cabine	nº	+
35	29	Resistência da EPCC à deformação (Teste dinâmico)	mm	+
36	30	Resistência da EPCC (Ensaio estático)	J	+
37	3	Espaço livre entre volante de direção e partes fixas da cabine	mm	+
38	42	Dispositivo para desembaçar vidros	nº	+
39	8	Características normatizadas para direção do movimento e localização dos controles	%	+
40	10	Precisão no controle da velocidade de deslocamento	km/h	+
41	48	Faróis externos	n	+
42	26	Dimensões corrimão de acesso	mm	+
43	18	Inclinações do assento do operador (encosto lombar e nádegas)	°	x
44	53	Eficiência do filtro de ar da cabine	%	+
45	56	Funções da estação meteorológica	nº	+
46	19	Altura do SIP em relação a plataforma de apoio para os pés	mm	x
47	7	Cores normatizadas para uso nos controles	%	+
48	45	Vibração transmitida ao operador pelo assento	SEAT	-
49	44	Vibração transmitida ao operador	Hz	+
50	35	Capacidade de armazenamento de produtos resfriados	L	+

**Apêndice L - Requisitos de projeto hierarquizados da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

<b>Ord.</b>	<b>N R.P</b>	<b>Requisitos de Projeto Hierarquizados</b>	<b>Unid</b>	<b>Dir</b>
51	54	Temperatura no interior da cabine	°C	x
52	17	Dimensões do assento	mm	+
53	43	Dispositivo para desembaçar espelhos retrovisores	n°	+
54	12	Auto-falantes do sistema de som	n°	+
55	34	Porta objetos interno à cabine	n°	+
56	25	Dimensões degraus de acesso	mm	+
57	6	Força de atuação dos controles	N	-
58	11	Distância dos controles de ajuste dos espelhos retrovisores em relação ao SIP	mm	-
59	21	Localização da ancoragem do cinto de segurança	mm	x
60	22	Resistência do cinto de segurança	N	+

### Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
1	Comprimento da cabine	mm	+	1700	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção.
2	Altura da cabine	mm	+	1800	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção.
3	Largura da cabine	mm	+	1750	Aferição métrica	Espaço livre interno incompatível com o conforto do operador; Posicionamento dos controles e mostradores fora das zonas recomendadas; Comprometimento com restrições de segurança e custo de produção.
4	Ajustes do assento	mm	+	Ajuste longitudinal a partir da posição média: 100; Ajuste vertical a partir da posição média: 50	Aferição métrica	Postura corporal inadequada do operador quando em operação da máquina; Comprometimento com custo de produção e com o espaço livre interno.
5	Alertas de funcionamento operacional	nº	+	3 Macros: sinal conforme; atenção e perigo; 8 Sub-níveis: 3 nível de produtos (combustível, tanque químico e líquido para limpeza), porta aberta, painel lateral, filtragem do ar na cabine, falha na pulverização e uso do cinto de segurança	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Excesso de informação.
6	Encobrimento sobre o RB (Área delimitadora retangular de 1m)	mm	-	15.000 (atualmente o valor é de 18.155)	Aferição métrica	Comprometimento da EPCC e estruturas para segurança ao usuário.
7	Encobrimento sobre os setores de visão A, B, C, D e F.	mm	-	A(65: 2-700); B, C, D e E (205: 1-700 e 1-1300); e F (65: 12.000 - Atualmente é 15.288)	Aferição métrica	Comprometimento da EPCC e estruturas para segurança ao usuário.
8	Dimensões do vão das aberturas de acesso	mm	+	Largura: 750 e altura 1400. Mínima dimensão de acesso: 550.	Aferição métrica	Comprometimento com a visibilidade externa e resistência da EPCC.

**Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
9	Posicionamento dos controles na zona de conforto para as mãos e pés	%	+	90	Aferição métrica e/ou utilização ferramenta virtual FV2	Proximidade dos controles fora dos parâmetros recomendados; Poluição visual.
10	Regulagem do posicionamento dos painéis de controles	mm	+	Para o painel lateral - Ajuste longitudinal: 200; Ajuste transversal: 90	Aferição métrica	Emprego de mecanismos de difícil regulagem; Fixação ineficiente; vibração.
11	Dispositivo para visualização externa da máquina	nº	+	4 (Visualização da barra esquerda e direita, parte inferior da máquina e pneus dianteiros)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Excesso de informação.
12	Espaço livre interno	mm	+	Altura: 1550, Largura 1300, Comprimento: 1200 (Dimensões aproximadas que formam o volume da ferramenta virtual FV4 (utilizada para avaliação do espaço interno)	Aferição métrica e/ou utilização da ferramentas virtual FV4	Comprometimento com as restrições do projeto, relacionadas as dimensões externas da cabine.
13	Dispositivo de monitoração da máquina	nº	+	2 (1 painel superior e 1 painel lateral)	Averiguação visual e quantificação	Excesso de informação; poluição visual.
14	Posicionamento dos mostradores no cone de visão ótima	%	+	90	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento da visibilidade externa.
15	Características normatizadas dos painéis da cabine	%	+	90	Averiguação visual, quantificação e aferição métrica	Comprometimento com custo de produção.
16	Dimensões do assento do instrutor	mm	x	Largura total do assento (Almofada): 450; Comprimento total do encosto lombar do assento: 260; Largura total do encosto lombar do assento: 450; Comprimento do assento a frente em relação ao SIP 260; Largura total da base de acomodação horizontal do operador considerando a bordadura interna: 300	Aferição métrica	Comprometimento com custo de produção e com o espaço livre interno.

**Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
17	Espaço livre entre controles manuais e partes adjacentes	mm	+	80	Aferição métrica	Comprometimento do espaço interno destinado ao operador e às restrições da dimensão externa da cabine.
18	Número de saídas de emergência	n	+	2	Averiguação visual e quantificação	Disposição dos controles e mostradores fora das zonas especificadas pelas normas; Restrições no acesso; Comprometimento custo de produção.
19	Dimensões das saídas de emergência	mm	+	700mm (diâmetro mínimo para uma área circular)	Aferição métrica	Disposição dos controles e mostradores fora das zonas especificadas pelas normas; Restrições no acesso; Comprometimento custo de produção.
20	Dispositivo de proteção contra o reflexo do sol	nº	+	3 (proteção frontal e lateral)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção, Insegurança do operador, ineficiência na operação de pulverização.
21	Nível de ruído no interior da cabine	dB	-	70	Medição	Comprometimento com custo de produção.
22	Pressurização do ar na cabine	Pa	+	75	Medição	Comprometimento com custo de produção; Vedação ineficiente.
23	Ângulo de ajuste do volante de direção	°	+	30	Aferição métrica	Postura corporal inadequada do operador quando em operação da máquina.
24	Posição do volante de direção	mm	x	Distância vertical do volante acima do SIP: 325 mm; Distância horizontal do volante à frente do SIP: 475mm; Afastamento do eixo longitudinal que passa pelo centro do volante com relação ao eixo longitudinal que passa pelo SIP: 0mm	Aferição métrica	Postura corporal inadequada do operador quando em operação da máquina.
25	Símbolos padronizados	%	+	70	Averiguação visual e quantificação	Emprego desnecessário de ícones desenvolvidos pela empresa ao invés dos já padronizados.
26	Luminosidade no interior da cabine	lux	+	350	Medição	Comprometimento com custo de produção; Fadiga visual do operador.

**Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
27	Dimensões do compartimento para transporte de produtos químicos	mm	+	Altura: 420; Largura: 600; Profundidade: 300 (Dimensões internas)	Aferição métrica	Comprometimento do espaço destinado a transporte/higienização; Incompatibilidade dimensional entre os recipientes de produtos químico e o espaço de armazenamento.
28	Dimensões do compartimento para armazenamento de acessórios da máquina	mm	+	Altura: 300; Largura: 600; Profundidade: 420 (Dimensões internas)	Aferição métrica	Comprometimento do espaço destinado a transporte/higienização; Incompatibilidade dimensional entre os acessórios e o espaço de armazenamento.
29	Dimensões da plataforma de acesso	mm	+	650	Aferição métrica	Comprometimento com o espaço livre interno, largura da cabine e custo de produção.
30	Capacidade de armazenamento do tanque de água para higienização	l	+	20	Medição volumétrica	Comprometimento do espaço destinado a higienização; Baixa autonomia.
31	Dimensões do compartimento para armazenamento do EPI contaminado	mm	+	Altura: 500, Largura 350, Comprimento: 350 (Dimensões internas)	Aferição métrica	Comprometimento do espaço destinado a transporte/higienização; Incompatibilidade dimensional entre os EPI's e espaço de armazenamento.
32	Velocidade de distribuição do ar na cabine	m/s	x	0 a 0,3	Medição	Comprometimento com custo de produção; Restrições no projeto de painéis e posicionamento dos componentes internos em função das saídas de ar.
33	Taxa de renovação do ar da cabine	m <sup>3</sup> /h	+	50	Medição	Comprometimento com custo de produção; Vedação ineficiente.
34	Iluminação do acesso a cabine	nº	+	3 (1 para escada, 1 para plataforma e 1 para o acesso ao ambiente de higienização)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção, Insegurança do operador.
35	Resistência da EPCC à deformação (Teste dinâmico)	mm	+	Deformação elástica para o teste de impacto lateral: máxima de 250 (plano superior que coincide com a superfície superior limitante da zona livre).	Aferição métrica (ensaio destrutivo); Ferramenta virtual (software de análise de elementos finitos)	Sub ou superdimensionamento da EPCC; Comprometimento com a visibilidade externa.

**Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
36	Resistência da EPCC (Ensaio estático)	J	+	Carga Horizontal - A estrutura deve absorver uma energia de deformação de 9.000 kg *; Carga lateral - A estrutura deve absorver uma energia de deformação de 15.000kg*	Aferição métrica (ensaio destrutivo); Ferramenta virtual (software de análise de elementos finitos)	Sub ou superdimensionamento da EPCC; Comprometimento com a visibilidade externa.
37	Espaço livre entre volante de direção e partes fixas da cabine	mm	+	100	Aferição métrica	Comprometimento do espaço interno destinado ao operador e às restrições da dimensão externa da cabine.
38	Dispositivo para desembaçar vidros	nº	+	4 (vidro dianteiro, traseiro e laterais da cabine)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção.
39	Características normatizadas para direção do movimento e localização dos controles	%	+	90	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento do espaço livre interno; Visibilidade externa da máquina.
40	Precisão no controle da velocidade de deslocamento	km/h	+	0,2	Acompanhamento do desenvolvimento da função (ação, reação, precisão e tempo resposta)	Elevado custo de produção.
41	Faróis externos	n	+	10 (4 para frente, 2 para traseira e 2 para cada lateral)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Encobrimientos maiores do que os preconizados.
42	Dimensões corrimão de acesso	mm	+	Diâmetro da seção transversal: 25; Distância da extremidade inferior do corrimão em relação ao solo: 1400; Altura do corrimão em relação ao último degrau de acesso de 1100; Altura do corrimão em relação a plataforma: 1000, Altura entre as proteções (barra intermediária e proteção para os pés) e (barra intermediária e corrimão) 450mm. A altura de proteção para os pés (considerando a parte inferior) e a plataforma: 40. Distância mínima (vão livre) entre o corrimão para as pegadas da mão: 100	Aferição métrica	Comprometimento com a visibilidade externa e custo de produção.

**Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
43	Inclinações do assento do operador (encosto lombar e nádegas)	°	x	Inclinação da base de acomodação horizontal do operador em relação ao plano horizontal: 7,5°; Inclinação do encosto lombar do assento em relação ao plano vertical: 10°	Aferição métrica	Comprometimento com custo de produção e com o espaço livre interno.
44	Eficiência do filtro de ar da cabine	%	+	97	Medição	Comprometimento com custo de produção e manutenção; Reduzida vida útil.
45	Funções da estação meteorológica	nº	+	3 (Medição temperatura, umidade relativa e velocidade do ar)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção; Excesso de informação.
46	Altura do SIP em relação a plataforma de apoio para os pés	mm	x	520	Aferição métrica e/ou utilização das ferramentas virtuais	Postura corporal inadequada do operador quando em operação da máquina.
47	Cores normatizadas para uso nos controles	%	+	90	Averiguação visual e quantificação	Poluição visual; Excesso de informação.
48	Vibração transmitida ao operador pelo assento	SEAT	-	0,95	Medição	Comprometimento com custo de produção.
49	Vibração transmitida ao operador	Hz	+	> 30	Medição	Comprometimento com custo de produção.
50	Capacidade de armazenamento de produtos resfriados	L	+	6	Aferição volumétrica	Comprometimento com espaço livre interno e custo de produção; Vibração e ruídos.
51	Temperatura no interior da cabine	°C	x	24 a 27	Medição	Comprometimento com custo de produção; sub ou super dimensionamento do sistema.
52	Dimensões do assento	mm	+	Largura total do assento (Almofada): 500; Comprimento total do encosto lombar do assento: 350; Largura total do encosto lombar do assento: 500; Comprimento do assento a frente (relação ao SIP) 260; Largura total da base de acomodação horizontal do operador (bordadura interna): 350	Aferição métrica	Comprometimento com custo de produção e com o espaço livre interno.
53	Dispositivo para desembaçar espelhos retrovisores	nº	+	2	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com custo de produção.

**Apêndice M - Especificações técnicas do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

Requisitos de projeto hierarquizados		Und	Dir	Valor Meta	Forma de Avaliação	Aspectos a serem evitados
54	Auto-falantes do sistema de som	n°	+	2	Averiguação visual e quantificação	Sub ou superdimensionamento de potência sonora.
55	Porta objetos interno à cabine	n°	+	3 (sendo 1 para manual, 1 para carteira, óculos, chaves, 1 para garrafas)	Averiguação visual e quantificação	Comprometimento com espaço livre interno e custo de produção; Vibração e ruídos.
56	Dimensões degraus de acesso	mm	+	Largura dos degraus: 300; Profundidade dos degraus: 120; Distância vertical entre degraus: 290; Distância vertical do último degrau à soleira da plataforma: 100; Altura do primeiro degrau em relação ao solo: 400.	Aferição métrica	Comprometimento com a visibilidade externa e custo de produção.
57	Força de atuação dos controles	N	-	Alavanca frente/atrás: 115N; Alavanca lateral: 50N; Alavanca vertical para cima: 200N; Pedal operação Perna/Pé: 225N; Pedal com rotação do tornozelo: 45N; Operação com dedo/pulso: 10N.	Medição com dinamômetro	Excesso de força para acionamento dos controles; Acionamento acidental por reduzida resistência.
58	Distância dos controles de ajuste dos espelhos retrovisores em relação ao SIP	mm	-	500	Aferição métrica	Comprometimento custo de produção.
59	Localização da ancoragem do cinto de segurança	mm	x	Distância entre as ancoragens: 300 (a partir do plano longitudinal de simetria do assento)	Aferição métrica	Comprometimento do posicionamento recomendado para painéis (ajuste painéis lateral).
60	Resistência do cinto de segurança	N	+	Opção 1 - Sistema de fixação da ancoragem na estrutura da cabine= Carga para frente e para cima (ângulo de 45° ± 2° da horizontal): Força de 4450N; Carga para trás e para cima (ângulo de 45° ± 2° da horizontal): Força de 2225N (Fixação da ancoragem realizada na estrutura da cabine). Opção 2 - Sistema de fixação da ancoragem no assento = O suporte do assento deve ser capaz de sustentar esta força mais uma força adicional igual a duas vezes o peso de todos os componentes do assento utilizados, também aplicada a 45° ± 2° da horizontal. A força máxima aceitável para abrir a fivela do cinto é de 140N.	Medição com dinamômetro e instrumentos especificados pela norma de referência	Insegurança do operador.

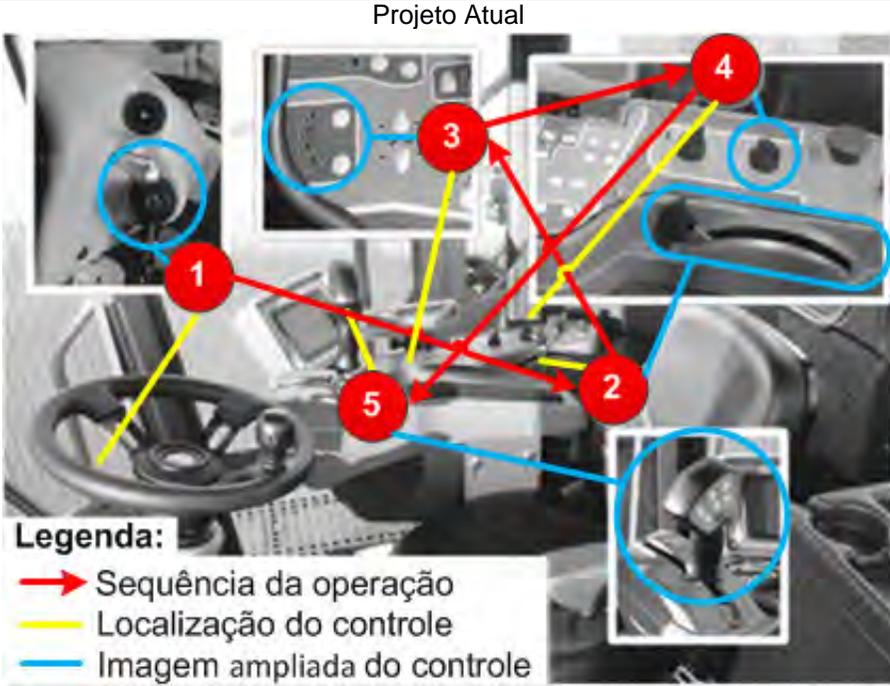
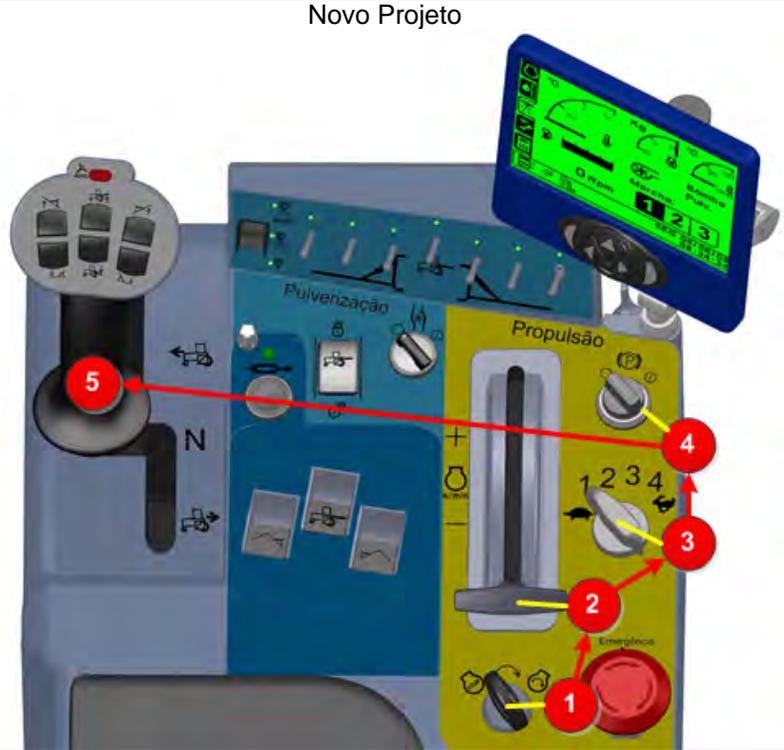
**Apêndice N - Funções elementares do projeto da cabine do pulverizador autopropelido e suas respectivas entradas e saídas**

Entradas			Função Elementar	Saídas		
Energia	Material	Sinal		Energia	Material	Sinal
Humana, Térmica, Vibração	Operador	-	F 1.1 Acomodar operador	Humana, Térmica, Vibração	Operador	-
Humana, Térmica, Vibração	Operador	-	F 1.2 Reduzir vibração ao operador	Humana, Térmica, Vibração	Operador	-
Humana, Térmica, Vibração	Instrutor	-	F 1.3 Acomodar instrutor	Humana, Térmica, Vibração	Instrutor	-
Humana, Térmica, Vibração	Instrutor	-	F 1.4 Reduzir vibração ao instrutor	Humana, Térmica, Vibração	Instrutor	-
Humana, Vibração	Operador	-	F 1.5 Proporcionar melhor postura ao operador	Humana, Vibração	Operador	-
Humana	Acessórios da máquina	-	F 2.1 Armazenar acessórios no exterior da cabine	Humana	Acessórios da máquina	-
Humana, Térmica, Elétrica	Produtos resfriados	Intervenção operador	F 2.2 Manter produtos resfriados	Humana, Térmica	Produtos resfriados	Status da função
Humana	Objetos pessoais, Manual do operador	-	F 2.3 Armazenar objetos no interior da cabine	Humana	Objetos pessoais, Manual do operador	-
Humana, Térmica, Vibração	Produtos químicos	-	F 2.4 Armazenar produtos químicos em transporte	Humana, Térmica, Vibração	Produtos químicos	-
Elétrica	-	Intervenção operador	F 3.1 Iluminar acesso	-	-	Status da função
Humana	Operador, Instrutor	-	F 3.2 Permitir acesso a cabine	Humana	Operador, Instrutor	-
Humana	Operador, Instrutor	-	F 3.3 Permitir entrada a cabine	Humana	Operador, Instrutor	-
Humana	Operador, Instrutor	-	F 3.4 Permitir saída de emergência	Humana	Operador, Instrutor	-
Humana, Gravitacional	Operador, Instrutor, Água, Ar quente, Papel toalha, Sabonete líquido	-	F 4.1 Proporcionar higienização aos usuários	Humana, Gravitacional	Operador, Instrutor, Líquido contaminado, Papel toalha contaminado	-
Humana	EPI's contaminado	-	F 4.2 Armazenar EPI's contaminados	Humana	EPI's contaminado	-
Vibração	-	-	F 4.3 Reduzir vibração na cabine	Vibração	-	-
Vibração, Térmica, Ruído	Ar purificado	-	F 4.4 Isolar ambiente interno	Vibração, Térmica, Ruído	Ar contaminado	Status da função

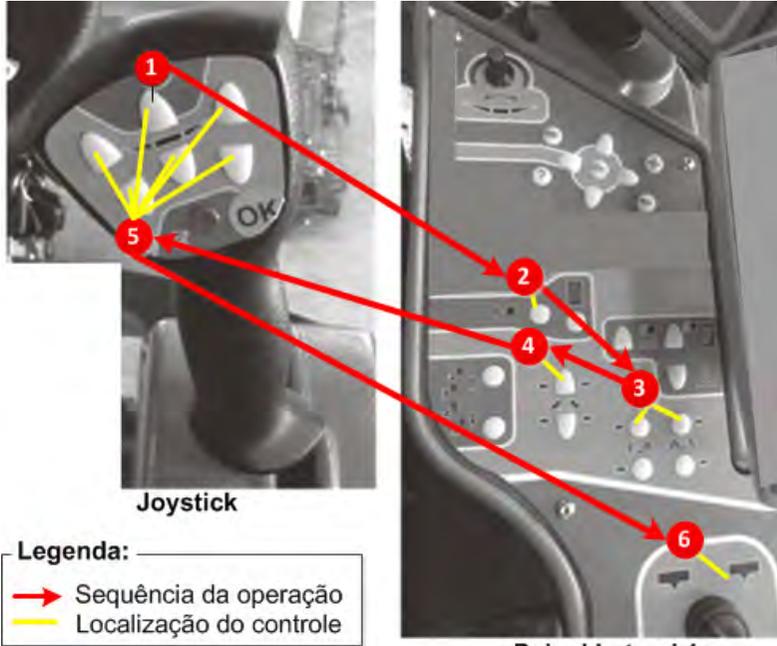
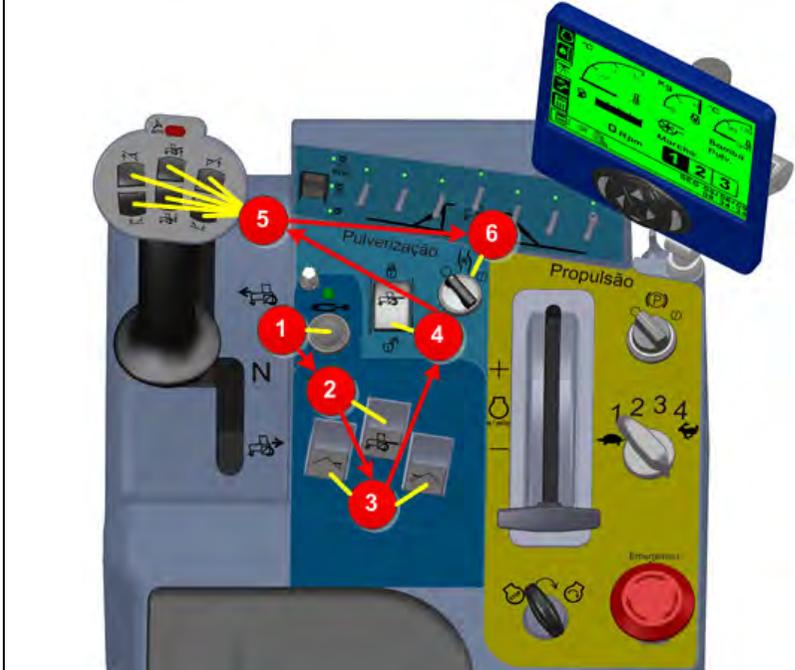
**Apêndice N - Funções elementares do projeto da cabine do pulverizador autopropelido e suas respectivas entradas e saídas (continuação)**

Gravitacional	Operador, Instrutor	-	F 4.5 Proteger usuários no emborcamento/tombamento	-	Operador, Instrutor	-
Elétrica, Térmica	Ar purificado	Intervenção operador	F 4.6 Climatizar ambiente	Térmica	Ar contaminado, Água	Status da função
-	Ar contaminado	-	F 4.7 Purificar ar da cabine	-	Ar purificado	Status da função
Elétrica, Humana,	-	Intervenção operador	F 5.1 Visualizar barra de pulverização	-	-	Status da função
Elétrica, Humana,	-	Intervenção operador	F 5.2 Visualizar parte inferior da máquina	-	-	Status da função
Elétrica, Humana,	-	Intervenção operador	F 5.3 Visualizar pneus dianteiros	-	-	Status da função
Elétrica	-	Intervenção operador	F 5.4 Iluminar ambiente externo	-	-	Status da função
Elétrica	-	Intervenção operador	F 5.5 Sinalizar deslocamento da máquina	-	-	Status da função
Térmica, Elétrica	Ar purificado	Intervenção operador	F 5.6 Desembaçar vidros	-	Ar purificado	-
Elétrica	-	Intervenção operador	F 5.7 Iluminar ambiente interno	-	-	Status da função
Humana, Térmica	-	Intervenção operador	F 5.8 Proteger operador contra reflexo do sol	Térmica	-	-
Elétrica	-	Intervenção operador	F 5.9 Sinalizar máquina em operação	-	-	Status da função
Elétrica, Térmica	-	Intervenção operador	F.5.10 Desembaçar espelhos retrovisores	Térmica	-	-
Elétrica	-	Intervenção operador	F 6.1 Controlar funções do deslocamento e pulverização	-	-	Status da função
Elétrica	-	Intervenção operador	F 6.2 Monitorar funções do deslocamento e pulverização	-	-	Status da função
Humana, Vibração	Equipamento GPS	-	F 6.3 Fixar equipamento GPS na cabine	Humana, Vibração	Equipamento GPS	-
Elétrica, Térmica	-	Intervenção operador	F 6.4 Monitorar as condições climáticas	-	-	Status da função
Elétrica	-	Intervenção operador	F 6.5 Entretar operador	-	-	Status da função

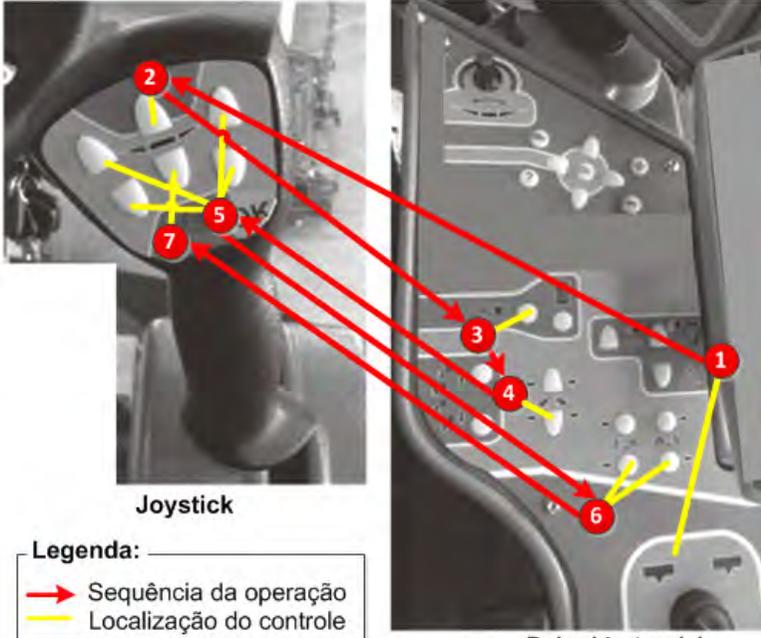
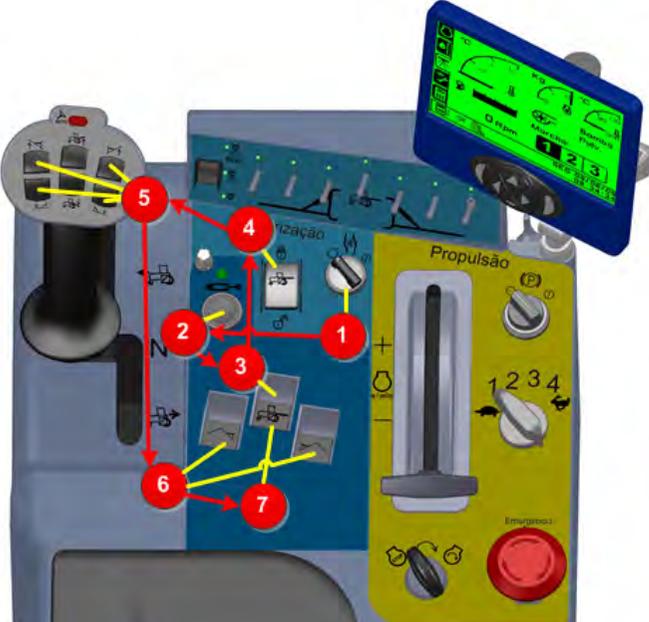
## Apêndice O - Análise da tarefa em operações do pulverizador autopropelido

Operação de deslocamento da máquina	
Projeto Atual	Novo Projeto
 <p><b>Legenda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sequência da operação</li> <li>— Localização do controle</li> <li>○ Imagem ampliada do controle</li> </ul>	
<p>1° – Liga o motor da máquina;            2° – Controla a aceleração do motor até o ponto desejado;            3° – Seleciona a marcha de trabalho:            1ª marcha = 0 a 18 km/h = velocidade de trabalho.            2ª marcha = 0 a 25 km/h = velocidade de trabalho.            3ª marcha = 0 a 35 km/h = velocidade de trabalho.            4ª marcha = 0 a 45 km/h = velocidade somente para transporte em estrada e com tanque vazio.            4° – Desativa o freio de estacionamento;            5° – Controla o sentido e a velocidade de deslocamento da máquina;</p>	<p>1° – Liga o motor da máquina;            2° – Controla a aceleração do motor até o ponto desejado;            3° – Seleciona a marcha de trabalho:            1ª marcha = 0 a 18 km/h = velocidade de trabalho.            2ª marcha = 0 a 25 km/h = velocidade de trabalho.            3ª marcha = 0 a 35 km/h = velocidade de trabalho.            4ª marcha = 0 a 45 km/h = velocidade somente para transporte em estrada e com tanque vazio.            4° – Desativa o freio de estacionamento;            5° – Controla o sentido e a velocidade de deslocamento da máquina;</p>

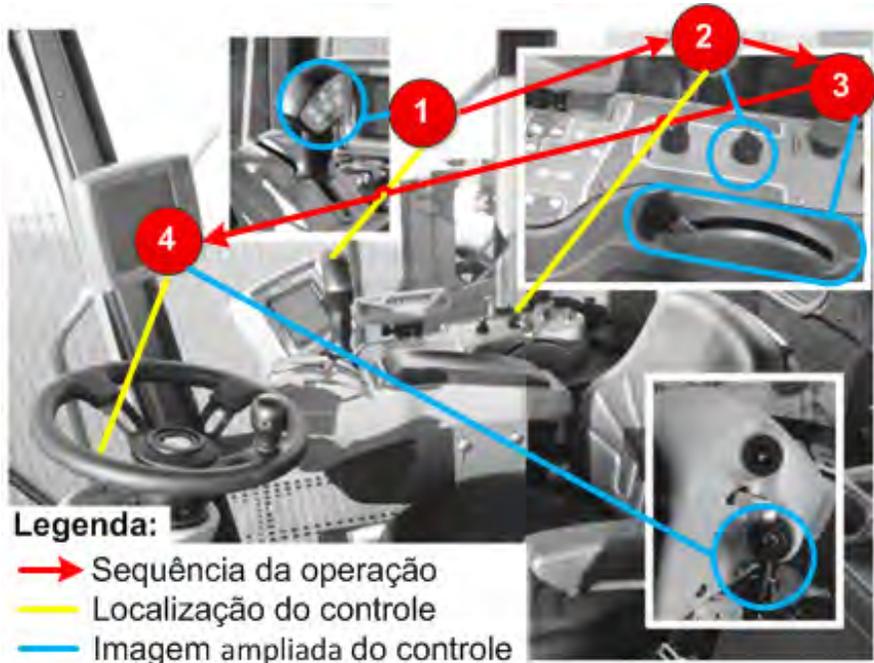
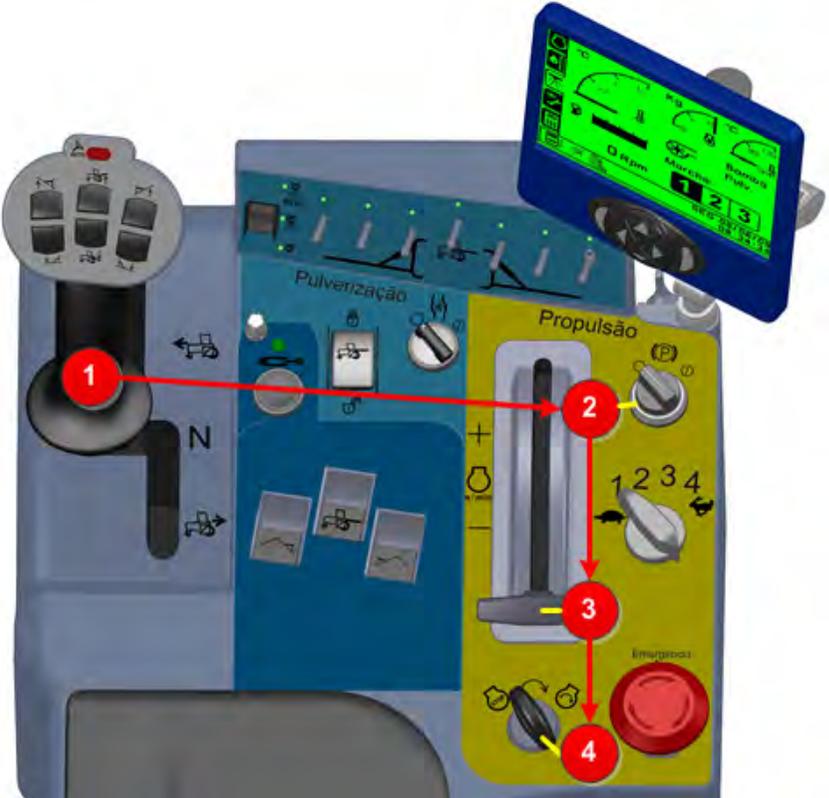
### Apêndice O - Análise da tarefa em operações do pulverizador autopropelido (continuação)

Operação: Abertura da barra de pulverização	
Projeto Atual	Novo Projeto
 <p><b>Joystick</b></p> <p><b>Painel Lateral 1</b></p> <p><b>Legenda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sequência da operação</li> <li>→ Localização do controle</li> </ul>	
<p>1° – Levanta o quadro da barra de pulverização, retirando-o da posição de transporte “descanso”;</p> <p>2° – Habilita o uso dos controles do sistema hidráulico do painel lateral 1 (botão de segurança contra acionamento acidental);</p> <p>3° – Abre a barra de pulverização, sendo cada botão destinado a um lado “esquerdo e direito”, devendo estes serem continuamente pressionados até a completa operação “abertura”;</p> <p>4° – Abre a trava do quadro, devendo ser continuamente pressionado por aproximadamente por 5 segundos;</p> <p>5° – Ajusta o posicionamento da barra de pulverização (altura regulável de 0,7 a 2,2m e as inclinações, com ângulos de -4° a 15°);</p> <p>6° – Liga bomba de pulverização.</p>	<p>1° – Habilita o uso dos controles do sistema hidráulico do painel lateral (botão de segurança contra acionamento acidental);</p> <p>2° – Levanta o quadro da barra de pulverização, retirando-o da posição de transporte “descanso”;</p> <p>3° – Abre a barra de pulverização, sendo cada botão destinado a um lado “esquerdo e direito”, devendo estes serem continuamente pressionados até a completa operação “abertura”;</p> <p>4° – Abre a trava do quadro, devendo ser continuamente pressionado por aproximadamente por 5 segundos;</p> <p>5° – Ajusta o posicionamento da barra de pulverização (altura regulável de 0,7 a 2,2m e as inclinações, com ângulos de -4° a 15°);</p> <p>6° – Liga bomba de pulverização.</p>

## Apêndice O - Análise da tarefa em operações do pulverizador autopropelido (continuação)

Operação: Fechamento da barra de pulverização	
<p style="text-align: center;">Projeto Atual</p>  <p style="text-align: center;">Joystick</p> <p style="text-align: center;">Painel Lateral 1</p> <p><b>Legenda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">→</span> Sequência da operação</li> <li><span style="color: yellow;">→</span> Localização do controle</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Novo Projeto</p> 
<p>1° – Desliga a bomba de pulverização;</p> <p>2° - Levanta o quadro, devendo ser pressionado até a barra atingir a altura máxima;</p> <p>3° – Habilita o uso dos controles do sistema hidráulico do painel lateral 1 (botão de segurança contra acionamento acidental);</p> <p>4° – Trava o quadro, devendo ser continuamente pressionado por aproximadamente por 5 segundos;</p> <p>5° – Regula a inclinação das barras de pulverização esquerda e direita, devendo as mesmas serem niveladas horizontalmente;</p> <p>6° – Fecha as barras de pulverização “esquerda e direita”, devendo estes serem continuamente pressionados até o completo fechamento;</p> <p>7° – Abaixa o quadro da barra de pulverização colocando-o em posição de transporte “descanso”.</p>	<p>1° – Desliga a bomba de pulverização;</p> <p>2° - Habilita o uso dos controles do sistema hidráulico do painel lateral 1 (botão de segurança contra acionamento acidental);</p> <p>3° – Levanta o quadro, devendo ser puxado até a barra atingir a altura máxima;</p> <p>4° – Trava o quadro, devendo ser continuamente pressionado por aproximadamente por 5 segundos;</p> <p>5° – Regula a inclinação das barras de pulverização esquerda e direita, devendo as mesmas serem niveladas horizontalmente;</p> <p>6° – Fecha as barras de pulverização “esquerda e direita”, devendo estes serem continuamente pressionados até o completo fechamento;</p> <p>7° – Abaixa o quadro da barra de pulverização colocando-o em posição de transporte “descanso”.</p>

## Apêndice O - Análise da tarefa em operações do pulverizador autopropelido (continuação)

Operação: Desligamento da máquina	
Projeto Atual	Novo Projeto
 <p><b>Legenda:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Sequência da operação</li> <li>Localização do controle</li> <li>Imagem ampliada do controle</li> </ul>	
<p>1° – Posiciona o manche até a posição neutra, cessando o deslocamento da máquina;</p> <p>2° - Aciona o freio de estacionamento;</p> <p>3° – Reduz a rotação do motor até o posicionamento mínimo do controle;</p> <p>4° – Desliga o motor.</p>	<p>1° – Posiciona o manche até a posição neutra, cessando o deslocamento da máquina;</p> <p>2° - Aciona o freio de estacionamento;</p> <p>3° – Reduz a rotação do motor até o posicionamento mínimo do controle;</p> <p>4° – Desliga o motor.</p>

## **Apêndice P - Descrição dos princípios de solução apresentados na matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido**

- 1 – Ajuste longitudinal, transversal e de inclinação com suspensão de mola
- 2 – Ajuste longitudinal e de inclinação com suspensão de mola
- 3 – Ajuste longitudinal e transversal com suspensão de mola
- 4 – Ajuste longitudinal, transversal e de inclinação com suspensão pneumática
- 5 – Ajuste longitudinal e de inclinação com suspensão pneumática
- 6 – Ajuste longitudinal e transversal com suspensão pneumática
- 7 – Assento retrátil sem suspensão
- 8 – Assento retrátil com suspensão de mola
- 9 – Assento fixo sem suspensão
- 10 – Assento fixo com suspensão de mola
- 11 – Assento fixo com suspensão pneumática
- 12 – Climatizador integrado no teto com saídas de ar direcionáveis
- 13 – Climatizador com saídas de ar direcionáveis e fixas distribuídas pela cabine
- 14 – Painéis de controle e monitoração e coluna de direção ajustável (inclinação e volante)
- 15 – Sem apoio para os pés
- 16 – Apoio para os pés com regulagem de inclinação
- 17 – Apoio para os pés com regulagem de inclinação e sistema de amortecimento de impactos
- 18 – Compartimento localizado na estrutura da máquina
- 19 – Compartimento localizado na parte externa superior da cabine "teto"
- 20 – Compartimento localizado no pára-choque frontal da cabine
- 21 – Compartimento localizado na parte externa traseira da cabine
- 22 – Compartimento térmico
- 23 – Compartimento resfriado por saídas de ar provenientes do climatizador
- 24 – Compartimento com sistema de refrigeração "frigobar"
- 25 – Empregando um porta-objeto
- 26 – Empregando dois portas-objeto
- 27 – Empregando três portas-objeto
- 28 – Compartimento localizado na estrutura da máquina
- 29 – Compartimento localizado no pára-choque frontal da cabine
- 30 – Compartimento localizado na parte externa traseira da cabine
- 31 – Acionamento por meio de botão na chave de partida da máquina
- 32 – Acionamento por meio de sensor de presença
- 33 – Acionamento por meio de interruptor
- 34 – Uso de escada e plataforma
- 35 – Plataforma se deslocando ao solo "elevador"
- 36 – Cabine se deslocando ao solo
- 37 – Porta basculante localizada na lateral da cabine
- 38 – Porta basculante localizada na traseira da cabine
- 39 – Porta mista "basculante e de correr" localizada na lateral da cabine
- 40 – Porta mista "basculante e de correr" localizada na traseira da cabine
- 41 – Martelo para quebra do vidro
- 42 – Dispositivo para desprender o vidro
- 43 – Sistema para higienização, com ar quente para secagem das mãos e reservatórios para armazenamento, da água limpa (separado do conjunto), do líquido contaminado e, do sabonete líquido
- 44 – Sistema para higienização, com papel toalha para secagem das mãos e reservatórios para armazenamento, da água limpa (separado do conjunto), do líquido contaminado e, do sabonete líquido
- 45 – Sistema para higienização, com ar quente para secagem das mãos e reservatórios para armazenamento, da água limpa (integrado no conjunto), do líquido contaminado e, do sabonete líquido
- 46 – Sistema para higienização, com papel toalha para secagem das mãos e reservatórios para armazenamento, da água limpa (integrado no conjunto), do líquido contaminado e, do sabonete líquido
- 47 – Compartimento localizado na parte externa traseira da cabine

## **Apêndice P - Descrição dos princípios de solução apresentados na matriz morfológica do projeto da cabine do pulverizador autopropelido (continuação)**

- 48 – Compartimento localizado na parte externa superior da cabine "teto"
- 49 – Compartimento localizado no pára-choque frontal da cabine
- 50 – Compartimento localizado na estrutura da máquina
- 51 – Suspensão a ar
- 52 – Amortecedor de borracha
- 53 – Mola e suspensão a ar
- 54 – Mola e amortecedor a óleo
- 55 – Amortecedor de borracha e a óleo
- 56 – Formato arredondado, biônica da "Aranha"
- 57 – Formato arredondado, sem inclinação do vidro
- 58 – Formato arredondado, biônica do "Sapo"
- 59 – Formato dos vidros sem arredondamento com inclinação ascendente
- 60 – Formato dos vidros sem arredondamento e sem inclinação
- 61 – Formato dos vidros sem arredondamento com inclinação descendente
- 62 – Três pontos de fixação
- 63 – Quatro pontos de fixação
- 64 – Cinco pontos de fixação
- 65 – Filtro de ar localizado na parte frontal superior da cabine
- 66 – Filtro de ar localizado na parte lateral superior da cabine
- 67 – Filtro de ar localizado na parte traseira superior da cabine
- 68 – Câmeras com regulagem elétrica
- 69 – Câmeras com regulagem manual
- 70 – Espelhos retrovisores com regulagem elétrica
- 71 – Espelhos retrovisores com regulagem manual
- 72 – Câmeras com regulagem elétrica
- 73 – Câmeras com regulagem manual
- 74 – Espelhos retrovisores com regulagem elétrica
- 75 – Espelhos retrovisores com regulagem manual
- 76 – Câmeras com regulagem elétrica
- 77 – Câmeras com regulagem manual
- 78 – Espelhos retrovisores com regulagem elétrica
- 79 – Espelhos retrovisores com regulagem manual
- 80 – Faróis individual sem regulagens
- 81 – Faróis individual com regulagens
- 82 – Faróis integrados sem regulagens
- 83 – Faróis integrados e individuais sem regulagens
- 84 – Faróis integrados sem regulagens e individuais com regulagens
- 85 – Sinaleiras integradas
- 86 – Sinaleiras individuais
- 87 – Luzes direcionáveis
- 88 – Luzes fixas
- 89 – Cortina
- 90 – Para-sol
- 91 – Película solar
- 92 – Cortina e para-sol
- 93 – Cortina e película solar
- 94 – Para-sol e película solar
- 95 – Giroflex
- 96 – Resistência elétrica
- 97 – Uso de ventosa para fixação no vidro
- 98 – Suporte preso a estrutura da máquina
- 99 – Suporte preso a painel
- 100 – Estação metereológica embarcada
- 101 – Equipamento termo-higro-anemometro portátil
- 102 – Equipamento de áudio, "CD Player"
- 103 – Equipamento de áudio e vídeo, "DVD player"