

ERALDO COELHO

**SISTEMA ESPECIALISTA DE APOIO À ELABORAÇÃO
DE ARRANJO FÍSICO PARA SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO
DE LEITE EM CONFINAMENTO TIPO BAIAS LIVRES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL

2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C672s
2006

Coelho, Eraldo, 1969-

Sistema especialista de apoio à elaboração de arranjo físico para sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres / Eraldo Coelho. – Viçosa : UFV, 2006.

xvii, 123f. : il. ; 29cm + 1 CD-ROM (4 ¾)

Inclui apêndice.

Orientador: Fernando da Costa Baêta.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 109-111.

1. Bovino de leite - Instalações - Engenharia ambiental.
2. Bovino de leite - Fatores climáticos. 3. Construções rurais. 4. Sistemas de suporte de decisão. 5. Inteligência artificial. 6. Leite - Produção. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.2083

ERALDO COELHO

**SISTEMA ESPECIALISTA DE APOIO À ELABORAÇÃO
DE ARRANJO FÍSICO PARA SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO
DE LEITE EM CONFINAMENTO TIPO BAIAS LIVRES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 24 de abril de 2006

Prof. Antônio C. G. Tibiriçá
(conselheiro)

Prof. Paulo César Hardoim

Prof^a. Cecília Fátima Souza

Prof^a. Ilda de Fátima F. Tinoco

Prof. Fernando da Costa Baêta
(orientador)

Esta conquista é especialmente dedicada
aos meus pais, irmãs, esposa e filhos
que acreditam na minha capacidade
e nunca me deixam desistir.

“Negar validade à metodologia seria afirmar que
improvisar é melhor do que preparar-se com cuidado;
que a dispersão de esforços é melhor que sua conjugação;
que o caos é preferível à ordem e
que a indisciplina é mais produtiva que a organização”

Claude Machline

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para a realização desta pesquisa, em especial a Fábio Soares Coelho, Maria de Lourdes Fialho Coelho, Edna Maria Coelho Dela Bruna e Enilce Maria Coelho, por terem aberto meus caminhos e inspirado a força necessária para vencer as dificuldades e as resistências.

A arquiteta e urbanista Geresa Ribeiro Borges, minha esposa, pela dedicação, carinho e trabalho empregado.

Aos pequenos, Helena e Eduardo, luz e alegria de viver, por darem sentido às realizações de minha vida.

Aos professores Fernando da Costa Baêta, Ilda de Fátima Ferreira Tinoco e José Luiz Braga, pelo direcionamento técnico e viabilização da pesquisa.

Ao professor Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá, por tantas provas de compreensão, amizade e paciência, provenientes apenas de pessoas que realmente se preocupam com o desenvolvimento intelectual da sociedade.

Ao colega Emerson Stiilpen Batista, mestrando em Ciência da Computação do Departamento de Informática da UFV, responsável pela programação do sistema especialista, por tamanho esforço, empenho e profissionalismo.

Ao professor Paulo César Hardoim, ao engenheiro agrônomo Aloísio Torres de Campos e à EMBRAPA GADO DE LEITE, pelo e comprometimento profissional.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, em especial à secretária Edna, pela dedicação e carinho dispensados.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos para a efetiva realização desta pesquisa.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente aos Departamentos de Engenharia Agrícola, Informática e Arquitetura e Urbanismo, pelo exemplo de trabalho multidisciplinar.

A Deus, pela fé, que me deu a confiança para o cumprimento do meu dever e a certeza de atingir um objetivo.

BIOGRAFIA

ERALDO COELHO, nascido em 30 de dezembro de 1969, em Viçosa, MG, filho de Fábio Soares Coelho e Maria de Lourdes Fialho Coelho, é Arquiteto e Urbanista formado pela Universidade Federal de Santa Catarina, formado em agosto de 1995.

Obteve o título de Especialista em Planejamento Municipal pela Universidade Federal de Viçosa, em convênio com a Technical University of Nova Scotia – Halifax, Canadá, em julho de 1997. Foi professor substituto do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa, em 1997 e 1998.

Tornou-se mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de concentração Construções Rurais e Ambiente, pela Universidade Federal de Viçosa, no ano de 2000.

Em março de 2002, iniciou o curso de doutorado em Engenharia Agrícola e Ambiental, área de concentração Construções Rurais e Ambiente, pela Universidade Federal de Viçosa.

CONTEÚDO

LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Objetivo Geral.....	03
1.2. Objetivos Específicos.....	03
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
2.1. Produção de leite no Brasil.....	05
2.2. Instalações para confinamento de gado leiteiro.....	06
2.2.1. Setor de extração.....	07
2.2.1.1. Galpão para confinamento.....	08
2.2.1.2. Curral de espera.....	09
2.2.1.3. Sala de leite.....	09
2.2.1.4. Sala de ordenha.....	10
2.2.1.5. Sala de máquinas.....	11
2.2.2. Setor de criação.....	12
2.2.2.1. Bezerreiro.....	12
2.2.2.2. Maternidade.....	13
2.2.2.3. Piquetes para novilhas, vacas secas e isolamento.....	14
2.2.3. Setor de armazenamento.....	14

2.2.3.1.	Almoxarifado.....	15
2.2.3.2.	Depósito de cama.....	16
2.2.3.3.	Depósito de dejetos.....	16
2.2.3.4.	Fenil.....	18
2.2.3.5.	Garagem e oficina.....	18
2.2.3.6.	Silo.....	19
2.2.4.	Setor de apoio.....	20
2.2.4.1.	Captação de água.....	20
2.2.4.2.	Escritório.....	21
2.2.4.3.	Estacionamento.....	22
2.2.4.4.	Farmácia e tronco.....	23
2.2.4.5.	Vestiário.....	24
2.3.	Tomada de decisão em arranjo físico.....	25
2.4.	Fluxo em arranjo físico.....	26
2.5.	Arranjo físico.....	29
2.6.	Arranjo físico em projetos agroindustriais.....	32
2.7.	Informações e conhecimento em arranjo físico.....	37
2.8.	Inteligência artificial.....	40
2.8.1.	Aquisição e armazenamento do conhecimento.....	43
2.8.2.	Estrutura e forma de representação do conhecimento em sistema especialista.....	44
2.9.	Ferramentas para desenvolvimento de arranjo físico.....	46
2.10.	Seleção e locação das instalações.....	49
2.11.	<i>Softwares</i> para determinação do arranjo físico.....	50
2.12.	Desenvolvimento do sistema especialista.....	52
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	55
3.1.	Método de pesquisa.....	55
3.2.	Desenvolvimento da metodologia.....	56
3.2.1.	Desenvolvimento do modelo.....	59
3.2.2.	Definição da prioridade de inserção das instalações.....	66
3.2.3.	Definição das distâncias entre instalações.....	67
3.2.4.	Definição das dimensões das instalações.....	69
3.2.5.	Definição da proposta de setorização.....	70
3.2.6.	Inserção das instalações.....	72

3.3.	Desenvolvimento do sistema especialista para auxílio à elaboração de arranjo físico.....	74
3.4.	Modelagem do conhecimento.....	76
3.5.	Modelagem do sistema.....	77
	3.5.1. Projeto do sistema especialista.....	78
	3.5.2. Teste do sistema especialista.....	78
3.6.	Documentação	78
3.7.	Registro das informações da base de conhecimento.....	78
3.8.	Manual do sistema especialista.....	79
3.9.	Seleção das ferramentas.....	79
3.10.	Interfaces gráficas.....	80
4.	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	82
5.	CONCLUSÕES.....	106
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
7.	Apêndices A: Aquisição de conhecimento projetual.....	112
8.	Apêndices B: Manual do sistema especialista.....	123

LISTA DE QUADROS

Quadro	Título	Páginas
1.	Índice de produtividade em diferentes países.....	06
2.	<i>Softwares</i> para elaboração de arranjo físico.....	51
3.	Valor MAG atribuído a cada grau de inter-relação.....	60
4.	Fatores modificadores que influenciam no fluxo.....	64
5.	Distâncias entre as instalações em função do grau de proximidade.....	68
6.	Somatório das inter-relações de cada instalação.....	83
7.	Quantificação dos fluxos entre instalações pelo método MAG.....	84
8.	Classificação do fluxo entre pares de instalações.....	95
9.	Ordem de inserção das instalações segundo o somatório da intensidade dos fluxos.....	97
10.	Área ou volume total da instalação, considerando um plantel de 150 animais em produção.....	98
11.	Recomendações para locação de setores produtivos e instalações.....	99
12.	Regras de geração implementadas.....	103
11.	Regras de crítica implementadas.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Páginas
1.	Representação do funcionamento do sistema especialista.....	59
2.	Matriz de inter-relações preferenciais.....	61
3.	Janela de avaliação do volume em m ³	64
4.	Janela de avaliação do peso em kg.....	65
5.	Janela de avaliação da ocorrência ou repetição.....	65
6.	Janela de avaliação dos riscos de acidentes.....	65
7.	Janela de avaliação das condições de transporte.....	66
8.	Relação entre pé-direito e número de animais confinados.....	68
9.	Relações entre dimensões das instalações.....	69
10.	Janela inicial.....	82
11.	Avaliações adotadas no módulo automático – acesso principal.....	85
12.	Avaliações adotadas no módulo automático - almoxarifado.....	86
13.	Avaliações adotadas no módulo automático – curral de espera.....	87
14.	Avaliações adotadas no módulo automático - escritório.....	88
15.	Avaliações adotadas no módulo automático - farmácia.....	89
16.	Avaliações adotadas no módulo automático - fenil.....	90

17. Avaliações adotadas no módulo automático - galpão de confinamento parte 1.....	91
18. Avaliações adotadas no módulo automático - galpão de confinamento parte 2.....	92
19. Avaliações adotadas no módulo automático - sala de leite.....	93
20. Avaliações adotadas no módulo automático - sala de ordenha.....	94
21. Diagrama esquemático de intensidade dos fluxos.....	96
22. Exemplo de janela de programa utilizando o módulo automático...	100
23. Exemplo de janela de locação utilizando o módulo automático.....	100
24. Área de trabalho do AutoCAD, com janela de locação e proposta de arranjo físico orientado pelo módulo automático.....	101
23. Área de mensagem com regras de crítica disparadas.....	102

RESUMO

COELHO, Eraldo, D.S.; Universidade Federal de Viçosa, abril de 2006. **Sistema especialista de apoio à elaboração de arranjo físico para sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres.** Orientador: Fernando da Costa Baêta. Conselheiros: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá e José Luiz Braga.

A busca por alternativas tecnológicas visando otimizar processos produtivos, aumentar qualidade e flexibilizar e diminuir custos na produção de leite tem promovido um direcionamento das pesquisas agropecuárias para o campo da informática uma outra forma de gerar respostas científicas eficientes reduzindo, em parte, decisões subjetivas no desenvolvimento de arranjos físicos. Neste sentido, no campo da produção de leite em sistema de confinamento, a pesquisa objetivou identificar, coletar e organizar conhecimento específico e desenvolver um sistema de apoio à decisão, implementado com recursos computacionais de baixo custo. Para isso, foi necessário dispor de métodos que auxiliassem o processo decisório para a implantação de novos modelos organizacionais enxutos e competitivos. O referencial de procedimento para arranjo físico das instalações foi estruturado no método *Systematic Layout Planning* e MAG, que consiste do estabelecimento de fases onde as instalações e atividades são combinadas e avaliadas qualitativa e quantitativamente. Para operacionalização das variáveis, utilizaram-se metodologias sistematizadas e programas para o gerenciamento de informações em arranjos físicos agroindustriais. Para o desenvolvimento do sistema especialista, foi utilizada a linguagem de programação C++, abordada por meio das ferramentas de desenvolvimento Borland C++ Builder 6, do tipo *Rapid Application Development* e Microsoft Visual Studio NET 2003, utilizando a biblioteca AutoCAD *Runtime Extension* (ObjectARX), aplicadas a interface gráfica do AutoCAD (Autodesk,

2006). O sistema, desenvolvido com uma interface gráfica, foi composto: pela janela inicial, para inserção e o número de animais a confinar; pela janela de avaliação de fluxos, visando avaliar qualitativamente os fatores modificadores; pela janela de programa, que permite exibir as instalações em termos de dimensões laterais, setor de locação recomendado e orientação do vento predominante; pela janela de locação, que exibe uma lista com as instalações em ordem preferencial de inserção no arranjo físico; pela área de mensagem, onde ocorre a comunicação do sistema com o usuário, por meio das regras de geração; e pela área de trabalho, representada pela tela do AutoCAD, onde são inseridas as instalações, que podem ter suas características alteradas utilizando os comandos disponibilizados pela interface-gráfica do AutoCAD (Autodesk, 2006). O Sistema Especialista de Apoio à Elaboração de Arranjo Físico para Sistema Intensivo de Produção de Leite em Confinamento Tipo Baias Livres, permite determinar as instalações necessárias por meio da criação de setores produtivos e indicar a localização recomendada a cada grupo de instalações. Determina a ordem preferencial de inserção das instalações no arranjo físico avaliando as características dos fluxos entre as instalações, possibilitando criar uma proposta mais personalizada e adequada às intenções específicas de um projeto ou utilizar as definições automáticas do sistema. O sistema propicia analisar numericamente a importância dos fluxos, dimensionar a área necessária a cada instalação em função do número de animais em fase produtiva e analisar numericamente a distância para locação entre pares de instalações.

ABSTRACT

COELHO, Eraldo, D.S.; Universidade Federal de Viçosa, April 2006. **Expert system to the elaboration of physical facilities for intensive milk production system in free stall type confinement.** Adviser: Fernando da Costa Baêta. Committee members: Antonio Cleber Gonçalves Tibiriçá and José Luiz Braga.

The search for technological alternatives that could optimize the productive processes, increase the quality, make flexible and reduce the production costs of the milk has promoted the directing of the agricultural researches toward the computer science field, which is another way to generating efficient scientific answers therefore partly reducing the subjective decisions in the development of physical arrangements. In this sense, considering the milk production under feedlot system, this study was carried out to identify, collect and organize specific knowledge, as well as to develop a decision supporting system implemented with low-cost computation resources. So, there was a need for the availability of methods that would help the decision process concerning to the implantation of new organizational models that would be synthetic and competitive. The referential procedure for physical arrangement of the facilities was structured by the methods Systematic Layout Planning and MAG, that consist of establishing phases where the facilities and activities are combined and appraised on a qualitative and quantitative way. For operationalization of the variables, some systematized methodologies and programs for the management of information on physical agroindustry arrangements were used. For the development of the expert system, the programming language C++ was used. This programming language was used by the development tools Borland C++ Builder 6, type Rapid Application Development and Microsoft Visual Studio NET 2003, by using the library AutoCAD Runtime Extension

(ObjectARX) and applying the graphic interface of AutoCAD (Autodesk, 2006). The system was developed with a graphic interface and consists of: the initial window, for inserting the number of animals to be confined; flux evaluation window, in order to perform a qualitative evaluation of the modifier factors; the program window, that allows to exhibit the facilities in terms of lateral dimensions, the location sector recommended, and the orientation of the predominant wind; location window that exhibits a list with the facilities under a preferential order of insertion into the physical arrangement; message area, where the communication of the system with the user occurs through the generation rules; and the working area represented by Auto CAD screen, where the facilities are inserted and their characteristics may be changed by using the commands available by the Auto CAD graphic-interface (Autodesk, 2006). The developed system Expert system for supporting the layout elaboration to free stall-type feedlot made possible to determine the necessary facilities, to create productive sectors, to indicate the location recommended to each facility group, to determine the preferential insertion order of the facilities into the physical arrangement, to evaluate the characteristics of the fluxes between facilities, to create either a proposal that would be more personalized and appropriate to the specific proposals of a project or using the automatic definitions of the system, to numerically analyze the importance of the fluxes, to dimension the area necessary to each facility as a function of the number of animals undergoing productive phase, and to numerically analyze the distance for implantation of each facility pair.

1. INTRODUÇÃO

O aumento da competitividade tecnológica atual requer mais alternativas para satisfazer as necessidades do mercado quanto a qualidade, custo, flexibilidade e rapidez de resposta às exigências correntes, o que leva a busca pela otimização de processos produtivos, inclusive na produção de leite.

O sistema de confinamento tipo baias livres possibilita produzir leite em escala industrial, a menores custos e com mais qualidade e eficiência. Entretanto, para que isso seja alcançado, é necessário, para executar projetos para confinamento de gado de leite, que se conheça previamente as atividades desenvolvidas e as inter-relações entre os fatores que compõem o processo produtivo.

A análise dos fatores envolvidos no processo de produção permite a modernização e a otimização do sistema produtivo, por meio do arranjo de áreas de trabalho, analisando os espaços, o que leva à racionalização e à simplificação das instalações. O estudo do posicionamento dos recursos produtivos, antes de sua implantação, agrega valor ao empreendimento, permitindo que todas as modificações se integrem segundo um programa global e coerente.

Para o sucesso de um empreendimento agropecuário, é indispensável dispor de informações e métodos que auxiliem no processo decisório, uma vez que o ciclo de produção é irreversível e o custo de decisões erradas é muito alto. A redução dos custos pode ser obtida por meio dos processos de reengenharia, implantando-se novos modelos organizacionais, mais dinâmicos, flexíveis, enxutos e competitivos, resultando em novos procedimentos de trabalho e direcionamento dos investimentos.

Mais recentemente, os produtores têm começado a se ocupar com o desconforto do animal causado por espaços inadequados, mal dimensionados e

desorganizado, ultrapassados. Como isso influencia também as condições de conforto dos funcionários, os produtores estão percebendo que a implantação de tecnologias aumenta o desempenho produtivo, tanto humano com dos animais, e com menor exposição dos recursos produtivos a riscos.

Para combinar eficazmente as variáveis de tal contexto, busca-se então fazer uso de metodologias sistematizadas para a análise de situações indesejáveis, visando soluções alternativas e subsídios à tomada de decisões. Percebendo a carência e subjetividade de informações que orientam o processo de implantação de instalações agroindustriais, mais precisamente de unidades de produção de leite em escala comercial, neste trabalho buscou-se a aquisição, organização e sistematização de conhecimentos relativos à concepção de arranjos físicos para fins de desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

Ao se revisar fontes bibliográficas das áreas de informática, arquitetura, engenharia e bovinocultura voltados à produção de leite, raros têm sido os trabalhos que tratam da utilização da Inteligência Artificial (IA) e da aplicação de Sistemas Especialistas (SE) no desenvolvimento de arranjos físicos preliminares de instalações para confinamento de gado de leite.

Segundo ANDRADE (2002), o Brasil é carente de pesquisas relacionadas a metodologias de apoio ao desenvolvimento de arranjo físico, que considere técnicas com base científica na etapa inicial do processo de projeto, permitindo um conhecimento mais profundo das características do espaço.

O projeto é fase de extrema importância para viabilizar a proposta para implantação de uma unidade produtiva, uma vez que é nesta fase que se define onde e como serão aplicados todos os demais recursos. Isso, por si só, é forte motivo para que se dediquem esforços para desenvolver técnicas e métodos para auxiliar e agilizar as tomadas de decisão que implicarão nos investimentos na fase de uso do empreendimento.

Visando a atender as exigências expostas, deve-se buscar no estudo do arranjo físico das edificações de uma agroindústria, a otimização do processo de produção e do ambiente a que estão expostos os animais e funcionários.

Na busca por métodos mais eficientes para auxiliar o desenvolvimento de projetos, a utilização de computadores e programas capazes de armazenar, compartilhar e extrair informações torna mais produtivo o treinamento, a capacitação do tomador de

decisões e o desenvolvimento de novas ferramentas capazes de minimizar ou eliminar a subjetividade das propostas.

Para tanto, o desenvolvimento de um sistema especialista deve permitir o trabalho com dados do tipo número de animais em produção no plantel, posicionamento relativo das instalações e área necessária por animal alojado, tendo como foco a otimização de fluxos internos e concentração de atividades afins, visando auxiliar os projetistas na elaboração de um arranjo físico para instalações para confinamento de gado de leite.

A pesquisa propiciou condições para o desenvolvimento de um recurso computacional para elaboração de arranjos físicos para agroindústria, por meio da qual é gerada a solução de um leiaute esquemático das instalações utilizando as informações fornecidas pelo projetista e as contidas na base de dados do sistema.

1.1. Objetivo geral

Identificar, coletar e organizar conhecimento específico e desenvolver um sistema de apoio à decisão, implementado com recursos computacionais de baixo custo, visando auxiliar profissionais, empresas e professores envolvidos no ensino e execução de arranjos físicos para instalações, visando a produção de leite em confinamento total tipo baias livres ou “*freestall*”.

1.2. Objetivos específicos

Os objetivos específicos da tese foram:

- coletar informações sobre o desenvolvimento de projetos para confinamento intensivo tipo baias livres de exploração leiteira;
- verificar a possibilidade de aplicação e compreender como ferramentas informatizadas, baseadas em inteligência artificial, podem melhorar o desempenho de projetos de arranjo físico, utilizando métodos científicos de apoio à tomada de decisão;
- gerar um questionário direcionado à aquisição de conhecimento, relativo ao desenvolvimento de arranjos físicos, identificando a forma geral de raciocínio de

- especialistas na área, baseado em técnicas científicas para desenvolvimento de projetos industriais;
- identificar e tratar quantitativa e qualitativamente os fluxos existentes entre as instalações que compõem um sistema de produção de leite;
 - criar uma metodologia para determinar a ordem preferencial de inserção no arranjo físico das instalações que compõem um sistema de confinamento;
 - elaborar e testar regras para criação de arranjo físico para produção de leite, simulando o processo desenvolvido por projetistas experientes;
 - criar um programa computacional composto por uma base com as características espaciais das instalações utilizadas na produção de leite em confinamento tipo baias livres, capaz de fazer inferências sobre determinadas situações, semelhante ao raciocínio de projetistas experientes, utilizando as técnicas de desenvolvimento de sistemas especialistas baseados em regras, que forneça apoio para tomada de decisão na elaboração de um novo projeto ou adaptação das instalações existentes para otimizar o sistema produtivo;
 - utilizar o sistema especialista para gerar arranjos físicos esquemáticos, realizando simulações que apresentem as possibilidades das propostas criadas para o processo produtivo, permitindo a elaboração de novas idéias e auxiliando a produtores, projetistas, pesquisadores e professores nas tomadas de decisões na fase inicial do projeto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Produção de Leite no Brasil

Segundo a FAO/ONU, citado por EMBRAPA (2005), os dados de 2004 indicam que o continente americano respondeu por 28,4% da produção mundial de leite; o Brasil, sexto maior produtor mundial, com aproximadamente 23.000 toneladas, foi responsável por 50,3% do leite produzido na América do Sul.

Nos últimos 12 anos, a população brasileira consumiu cerca de 20 bilhões de litros de leite *in natura*, na maior parte originário de nações que oferecem anualmente subsídios da ordem de US\$ 400 bilhões aos produtores, os quais somam dez vezes o PIB agrícola nacional (RUBEZ, 2004).

Ainda que as exportações lácteas brasileiras tenham alcançado US\$ 25 milhões de dólares, há potencial para se chegar a US\$ 500 milhões de dólares até 2010, desde que se superem restrições ao desenvolvimento da cadeia produtiva do leite no Brasil, dentre as quais, a eficiência das unidades de produção (RUBEZ, 2004).

Apesar da produtividade alcançada pelo rebanho leiteiro, que em menos de três décadas saiu da média de 700 litros/vaca/ano para 1500 litros/vaca/ano, observa-se no Quadro 1 a grande diferença dos índices de produtividade brasileira em relação a outros países (ANUALPEC, 2004).

Com todas as deficiências, o Brasil responde pela produção de 22 bilhões de litros de leite por ano, obtidos com a aplicação de novas tecnologias, dentre elas instalações mais eficientes (VEJA, 2004).

Outro problema é a heterogeneidade quanto à distribuição da exploração leiteira no País, detectada em pesquisa realizada pela MILKPOINT (2005): no Brasil,

das cem maiores fazendas produtoras de leite em 2004, a região Sudeste reuniu 60%, a região Sul 32%, a região Nordeste 5% e a região Centro-Oeste 3%.

Quadro 1: Índice de produtividade em diferentes países.

Países	Produção em kg/vaca/ano
Brasil	1.534
Alemanha	6.029
Holanda	7.251
EUA	8.703

Fonte: ANUALPEC, 2004

Entre as cem maiores fazendas produtoras de leite, o confinamento total é adotado em 35%, o semi-confinamento em 48% e pastagens em 17%. Em 2005, 70% dos cem maiores produtores pretendiam aumentar a produção e Minas Gerais, apesar de o seu relevo montanhoso não ser o mais recomendado para exploração leiteira, é o líder no número de fazendas, com 42% dos 100 maiores produtores.

2.2. Instalações para Confinamento de Gado Leiteiro

No Brasil, são encontrados diferentes modelos de criação intensiva e semi-extensiva, o que não favorece a adoção generalizada de instalações e métodos de manejo, principalmente do gado leiteiro (LALONI *et al.*, 2004).

A partir da década de 60, as antigas criações extensivas e pouco profissionalizadas intensificaram-se, alojando um maior número de animais em espaços reduzidos, tornando possível o aumento na produção de alimentos de origem animal (SILVA *et al.*, 2002) para atender às necessidades de uma população urbana em franca expansão.

O confinamento foi um caminho encontrado para minimizar custos operacionais, dispêndio de energia dos animais e uso do espaço agricultável e para maximizar o controle ambiental; para isso, o bem-estar animal e a segurança alimentar foram considerados os maiores desafios. A redução da área de repouso aparece como uma das vantagens do sistema de confinamento tipo baias livres, em relação a outros sistemas de exploração leiteira.

Segundo SILVA *et al.* (2002), dentre os problemas estratégicos ligados à produção animal, encontra-se o projeto das instalações para o confinamento, item que

em alguns casos pode ser responsável pelo fracasso do sistema produtivo.

No Brasil, grande parte do rebanho leiteiro é originário de países de clima frio, principalmente Europa e América do Norte, nos quais, já adaptados, os animais apresentam alta produtividade. Em regiões de clima tropical, a utilização de raças leiteiras de tais regiões muitas vezes implica em prejuízo do desempenho produtivo provocado pelo estresse térmico, mesmo em condições sanitárias e nutricionais adequadas.

Para garantir o conforto ao animal em países tropicais e subtropicais, o principal fator a ser considerado é o de minimizar os efeitos do estresse térmico, devido às altas temperaturas e umidades relativas e à ventilação precária (LALONI *et. al.*, 2004).

Uma forma de aumentar a produtividade está no estudo do arranjo físico das edificações (instalações), buscando otimizar o processo de produção e o ambiente a que estão expostos os animais e funcionários.

A interligação das unidades deve obedecer a uma série de premissas, normas e recomendações que permitam estabelecer, para cada unidade do arranjo físico, qual a localização mais compatível às funções que devem desempenhar e quais as restrições impostas por outras instalações; dessa forma, é importante analisar os fatores condicionantes de sua localização em relação ao restante das instalações produtivas.

Após a definição do arranjo físico, quanto à localização relativa das instalações, é importante determinar ainda os elementos básicos para seu dimensionamento e a área necessária para o desempenho das atividades.

Para facilitar a organização do presente trabalho as instalações foram reunidas em quatro setores: extração, criação, armazenamento e apoio.

2.2.1. Setor de extração

O setor de extração agrupa as unidades responsáveis pela estabulação do rebanho na fase produtiva e pela produção diária da fazenda, sendo composto pelo galpão de confinamento, curral de espera, sala de ordenha, sala de leite e de máquinas.

Principal componente de um sistema de confinamento para vacas leiteiras, o setor de extração merece especial atenção devido a importância que desempenha no funcionamento geral do empreendimento, pelo investimento financeiro que necessita e pelo conforto ambiental que permite aos animais e funcionários.

2.2.1.1. Galpão para confinamento

Instalação considerada prioritária na implantação de um sistema de confinamento, é o local com maior área construída e onde é aplicada a maior parte do investimento. Possui as mais importantes interações com os demais componentes do sistema de produção e é aonde os animais permanecem a maior parte do tempo, recebendo trato e cama para descanso, e conseqüentemente estão mais sujeitos às variações do ambiente.

Visando-se à otimização do manejo, o galpão de confinamento, segundo COELHO (2000), deve:

- a) localizar-se próximo à área de armazenagem;
- b) ter ligação direta com o curral de espera que leva à sala de ordenha; e,
- c) promover facilidade na condução do dejetos produzido para a instalação responsável pela estabilização do material, bem como sua posterior aplicação na área de cultura do volumoso.

Nesse sentido, a construção de um galpão de confinamento deve ser planejada de modo a permitir máximo conforto térmico animal, movimentação tranqüila e contenção eficiente do rebanho.

No galpão, são instaladas baias com camas, cochos de alimentação e bebedouros; cada um destes componentes possui características construtivas, materiais e critérios de localização próprios. Outros pontos importantes para construção do galpão de confinamento são: pé-direito, declividade do telhado, tipo de telha, espaço por animal, largura dos corredores, calhas hidráulicas e tipo de piso.

A altura do pé-direito influencia diretamente a quantidade de radiação solar que poderá atingir o interior do galpão, interferindo na troca de calor por radiação entre o animal e a cobertura, e entre o animal e o exterior (BAÊTA, 1998). MORAES (1998) considera satisfatório pé-direito com valores entre 4,0m e 4,5m de altura, conforme o vão a ser coberto, a fim de propiciar ventilação natural e proteção contra a radiação solar.

A influência térmica que o telhado exerce no ambiente interno está diretamente relacionada com a orientação, o tipo de telha, a inclinação do telhado e a largura do beiral, os quais interferem na quantidade de calor que chega ao interior da edificação, durante o dia, e na que é perdida do interior para o exterior, durante a noite (BAÊTA, 1998).

Para BAËTA (1998), geralmente nas latitudes de 15° a 30°S a orientação do comprimento do galpão para confinamento no sentido leste-oeste verdadeiro favorece maior interceptação da radiação solar pelo telhado no verão, bem como maior insolação na face norte do galpão no inverno. Para tanto, recomenda também outros mecanismos que auxiliem o controle térmico como, por exemplo, sombreamento da área circundante por meio do uso de vegetação apropriada, pintura do telhado com cor bem clara na parte externa a fim de aumentar a reflexão da radiação solar, direcionamento da ventilação natural etc.

Para localização do galpão de confinamento, deve-se observar que esta unidade é o centro gerador da produção: a maioria dos fluxos direciona-se a ele e o deslocamento exigido dos animais está diretamente relacionado ao seu posicionamento em relação às outras unidades do sistema produtivo.

2.2.1.2. Curral de espera

Local destinado à permanência das vacas em lactação, momentos antes da ordenha, pode ser coberto para proteger os animais da radiação direta, deve ser cercado e possuir ligação imediata com o galpão para confinamento e a sala de ordenha, reduzindo a distância percorrida pelos animais.

Segundo ARMSTRONG (1998), para grupos de até 200 animais, o curral de espera deve prover uma área de 1,40m² por animal; quando houver mais de 200 animais por grupo, deve-se aumentar para 1,60m² por animal. O autor também recomenda que o tempo total de ordenha não deva exceder 60 e 45 minutos para grupos ordenhados duas ou três vezes ao dia, respectivamente, e não haja mais que seis grupos.

Pesquisa realizada por COELHO (2000) em quatro fazendas do Estado de Minas Gerais recomenda uma área de 2,00 a 2,50m²/animal em produção, devendo o animal permanecer o menor tempo possível à espera da ordenha, visando o controle do estresse provocado pelo ambiente e pela condição hierárquica do animal no grupo.

2.2.1.3. Sala de leite

Destinada ao armazenamento do leite, deve possuir dimensões para arranjar fisicamente o tanque de resfriamento principal, o dispositivo de filtragem, o local para lavar e armazenar alguns instrumentos utilizados durante a ordenha e, em alguns casos,

o equipamento de pré-resfriamento.

O tamanho da sala depende do tanque principal, que deve ser planejado com vista a futuras ampliações e a posição das aberturas para entrada e saída deste tanque, no caso de possíveis reparos. Deve apresentar: pé-direito mínimo de 3,0 m; laje ou forro; e janela para ventilação, com tela fina para evitar a entrada de insetos.

Deve localizar-se próxima às salas de ordenha e de máquinas, visando à redução do custo de equipamentos, tubulações de ar-comprimido e transporte do leite.

A ligação direta com o acesso principal facilita o acesso do veículo que recolhe o leite produzido, evitando que o seu deslocamento por outras áreas do sistema produtivo, diminuindo assim o risco de disseminação de doenças, uma vez que ele normalmente circula por outras unidades de produção.

2.2.1.4. Sala de ordenha

A priorização da qualidade do produto e a higiene no processo extrativo são condições fundamentais em instalações para produção de leite. As tipologias básicas da sala de ordenha são:

- piso plano: normalmente mais barato e de execução simples, caracteriza-se pelo fato de o ordenhador operar no mesmo nível dos animais; tem como desvantagem a posição do operador em preparar e ordenhar os animais, bem como o esforço repetitivo para realizar essas operações;
- piso elevado: considerado mais eficiente, propicia melhor visualização dos animais, por facilitar o acesso ao úbere para higienização, tratamento e ajuste do equipamento de coleta do leite; também permite ao funcionário trabalhar com uma melhor postura de operação, minimizando o desgaste físico e prevenindo lesões ou doenças por esforço repetitivo. Dos modelos de salas de ordenha utilizados com piso elevado destacam-se: tandem, poligonal e espinha de peixe.

O tamanho da sala de ordenha depende do tipo de equipamento, do sistema de ordenha, do porte das vacas e dos equipamentos para transporte do leite.

Para dimensionar a sala de ordenha, é importante considerar a localização, o fluxo de animais, a rotina de ordenha e a quantidade de equipamentos instalados, o nível de mecanização, o número de vacas em produção, a mão-de-obra, o tempo disponível para ordenha, o volume de produção de leite e os planos de expansão.

A sala de ordenha deve: a) possuir ligação direta com o curral de espera, a sala

de leite e a sala de máquinas; b) facilitar o deslocamento de parte do leite para o bezerreiro; e, c) possuir um lava-pés antes do acesso dos animais ao seu interior, induzindo a deposição dos dejetos do lado de fora, melhorando a higiene do ambiente.

Sempre que possível, deve-se optar por sala de ordenha totalmente aberta, sem obstruções laterais, como paredes, que bloqueiam a ventilação natural e aumentam a reflexão sonora, gerando um ambiente mais estressante aos animais.

2.2.1.5. Sala de máquinas

Destina-se ao abrigo de compressores, bombas e motores que são responsáveis pelo acionamento da ordenhadeira mecânica e dos tanques de resfriamento para armazenamento do leite, podendo variar em importância, desde um local com pequenos equipamentos até uma central geradora de energia.

Esse ambiente apresenta como principal característica a presença de grandes aberturas, que devem ser corretamente direcionadas para facilitar a dissipação sonora e do calor gerado pelo funcionamento contínuo dos equipamentos.

O tamanho da sala depende dos equipamentos utilizados e do volume de produção e as aberturas devem ser direcionadas para o lado oposto aos locais de permanência dos animais e funcionários ou, então, devem ser adotados mecanismos de controle acústico.

O espaço entre os equipamentos e as paredes da edificação deve permitir livre circulação de pessoal e remoção de peças e equipamentos auxiliares, sendo recomendável ter duas saídas sempre desobstruídas e ter dimensão compatível com os equipamentos.

O acesso aos dispositivos de controle e segurança deve ser fácil e seguro, e os materiais e elementos utilizados na construção, principalmente escadas, plataformas, paredes, piso e cobertura, devem ser resistentes ao fogo, permitindo a saída do pessoal em caso de sinistro.

A tomada de ar deve ser realizada em um local livre de poeira, umidade, vapores e protegida da incidência direta da radiação solar.

Sua localização deve ser a mais próxima possível das salas de ordenha e de leite, buscando minimizar os comprimentos das linhas de serviço (vapor, ar comprimido, refrigeração), seja pelo elevado custo do material ou pela perda térmica e de pressão do ar, proporcional à extensão das referidas linhas de distribuição.

Por ser local gerador de poluição do ar e de desconfortos térmico e acústico, é conveniente que esta instalação esteja isolada dos locais de administração e armazenagem.

Outros condicionantes para a localização dessa edificação são: fornecimento de água e energia, nível de ruído e possibilidade de instalação de um gerador adicional para situações de emergência.

2.2.2. Setor de Criação

Componente indispensável para manutenção do rebanho, o setor de criação possui a seguinte compartimentação: piquetes para novilhas, vacas secas e isolamento; bezerreiro; e, maternidade. Em geral são espaços parcialmente cobertos e cercados, para os quais serão remetidos os animais que, por algum motivo específico, não estão disponíveis para produzir leite.

2.2.2.1. Bezerreiro

Os bezerreiros assumem grande importância, principalmente na fase de implantação do sistema, quando o plantel está em formação, e as crias necessitam de aleitamento, cuidados sanitários e proteção contra intempéries.

No Brasil destacam-se os seguintes métodos de criação de bezerros:

- convencional de baias fixas em boxes dentro do galpão: até à idade de 2 meses normalmente os bezerros são criados em baias individuais fixas, com área de 1,50m² a 1,80m² por animal; de 2 a 5 meses de idade, em baias coletivas, com área de 2,00m² a 2,50m² por animal;
- abrigos individuais móveis: criados isolados até 2 meses idade, após o que passam para baias coletivas; de forma geral recomendam-se abrigos com 0,9m de largura, 1,0m de altura e 1,5m de comprimento, podendo-se utilizar chapas metálicas, ferrocimento e telhas onduladas, entre outros;
- exploração a pasto: os animais são criados em piquetes, recebendo trato coletivo; apresenta como desvantagens a dificuldade no atendimento específico a determinado animal e o risco de acidentes, porém é o que mais se assemelha ao processo natural de criação dos animais.

Deve-se ressaltar que qualquer um dos sistemas pode apresentar resultado

satisfatório desde que o criador esteja atento a questões como: controle de doenças; higiene das instalações; localização das baias, de modo que recebam o sol da manhã, aproveitando os efeitos benéficos dos raios solares na saúde dos bezerros e na secagem das superfícies internas da instalação.

Em quatro fazendas de Minas Gerais, pesquisadas por COELHO (2000), foi verificado que o bezerreiro era isolado das demais instalações e o principal problema encontrado foi a dificuldade de distribuição do leite aos animais, devido à distância do setor de extração do leite. Nas fazendas pesquisadas, os bezerros com menos de 3 meses permaneciam em abrigos individuais móveis, com área de $1,80\text{m}^2/\text{animal}$, e depois eram transferidos para baias coletivas fixas, com área de $2,30\text{m}^2/\text{animal}$, localizadas em galpões com piso de concreto, cobertura de cimento-amianto, cocho para volumoso e bebedouro.

De um modo geral é recomendável que o bezerreiro localize-se próximo às salas de ordenha e de leite, evitando longo deslocamento e desníveis que dificultem o transporte do leite destinado aos bezerros.

2.2.2.2. Maternidade

As instalações destinadas à maternidade variam desde uma cobertura simples de 6m^2 , paredes em alvenaria, cama de descanso e contenções de tubos metálicos, até estruturas completas com características de galpão para confinamento, conjugado com piquete, que abriga os animais 30 dias antes da data prevista para a parição.

Quanto a sua constituição material, o mais comum é ter piso de concreto e cobertura em estrutura metálica ou de madeira, em duas águas, com telhas de barro ou de cimento-amianto.

Em geral pode ser localizada distante do galpão de confinamento e do bezerreiro, o qual exige maior cuidado sanitário. Deve permitir fácil acesso visual para maior controle dos animais, facilitar a assistência veterinária e proteção contra predadores.

2.2.2.3. Piquetes para novilhas, vacas secas e isolamento

São as instalações que requerem menos investimentos. Possuem coberturas simples em uma ou duas águas de telhas de cimento-amianto sobre o cocho de alimentação para silagem e feno e o bebedouro, este geralmente em concreto. As contenções utilizadas são de cordoalha de aço, arame farpado ou ovalado, fixados em estacas de madeira ou em mourões de concreto.

O isolamento é um piquete ou baia onde os animais recém-adquiridos ou aqueles acometidos por alguma enfermidade permanecem sob observação. Sua área é variável, de acordo com a necessidade do plantel. Deve-se salientar que um plantel que está em formação recebe um maior número de animais externos; conseqüentemente deve possuir área disponível apropriada.

O objetivo da instalação de piquetes é a manutenção de animais que estão fora do período produtivo, prevenção e tratamento da saúde do rebanho, por constante observação do animal; portanto, deve situar-se em local de fácil acesso visual.

Em quatro fazendas produtoras de leite em Minas Gerais, pesquisadas por COELHO (2000), foram encontradas áreas de piquete de 300m² a 600m², que comportavam de 10 a 15 animais. Os piquetes possuíam abrigos para os animais, em estruturas metálicas cobertas com sombrite; o cocho de alimentação era coberto com telhas de cimento-amianto e possuía reservatórios de feno e água. Também foi constatada a presença de vegetação circundante para realizar o sombreamento de forma natural nas horas mais quentes do dia.

2.2.3. Setor de armazenamento

O setor de armazenamento destina-se a guarda de ferramentas, materiais de consumo e manutenção de equipamentos utilizados no manejo diário do rebanho, sendo composto pelo almoxarifado, depósito de cama, fenil, garagem/oficina, sala de máquina e silo.

Devido ao controle a que devem estar sujeitos os itens em estoque, suas instalações devem constituir uma área com circulação restrita, impedindo que esta seja uma zona de passagem obrigatória para outras instalações.

São importantes as proximidades dessas instalações com os pontos de

utilização dos itens estocados e a facilidade de acesso a veículos de serviço para reposição ou distribuição dos materiais, bem como um serviço eficiente de controle e proteção contra incêndio.

O movimento de carga e descarga pode ser inconveniente próximo a áreas administrativas e daquelas que necessitam proteção sanitária, sendo importante, também, prever plataformas elevadas ao nível da carroceria dos veículos, que facilitem as operações. O projeto do piso é de grande importância quando se opera com veículos e volumes de maior peso, recomendando-se pisos de alta resistência a impactos e baixo desgaste.

É importante analisar se os itens estocados atingem o pico de estocagem na mesma época, uma vez que a mesma área poderá ser utilizada para vários itens em momentos diferentes, devendo as áreas serem dimensionadas para a condição mais desfavorável.

Deve-se observar, ainda, que os itens de maior rotatividade, peso ou volume devem ser localizados mais próximos das áreas de recepção e expedição.

A área de circulação e as portas de acesso devem ser dimensionadas conforme os equipamentos que serão utilizados, recomendando-se largura não inferior a 3,0 m ou de acordo com a recomendação do fabricante.

2.2.3.1. Almoxarifado

Devido à necessidade de estar mais próximo dos locais de uso, o almoxarifado pode ser desmembrado em duas ou três unidades, de forma a facilitar o acesso dos funcionários aos equipamentos, evitando deslocamentos desnecessários. Também é necessário considerar a sua importância em termos de organização e controle dos itens nele mantidos.

Os detalhes construtivos variam com o tipo e porte da instalação. De forma geral, os pequenos almoxarifados, com busca manual, são partes de uma edificação principal, delimitada com divisórias incombustíveis, áreas teladas para proteger de insetos e roedores, induzir a ventilação e a iluminação natural, fatores que nessas áreas tendem a ser prejudicados.

No arranjo físico do almoxarifado devem-se definir as áreas para recebimento, pesagem, conferência, circulação, estocagem e expedição do material.

2.2.3.2. Depósito de cama

Local destinado ao armazenamento da cama utilizada nas baias de descanso dos animais, é desconsiderado na maioria das propriedades em atividade, as quais disponibilizam espaços inadequados para esse fim, em geral ocupando outras instalações que dificultam ou impedem a sua utilização plena.

A localização imprópria desse depósito provoca contaminação e perda de material utilizado como cama, além de dificultar a reposição nas baias. Deve, portanto, ficar próximo ao galpão para confinamento, pelo uso freqüente, volume e dificuldade de transporte do material que armazena.

2.2.3.3. Depósito de dejetos

É uma benfeitoria que permite a degradação do esterco, diminui o poder poluente e possibilita seu aproveitamento posterior. Os resíduos constituem-se de fezes, urina, material utilizado nas camas, pêlos, células mortas, água e produtos utilizados na limpeza.

O sistema deve processar separadamente os esgotos sanitários, que contêm produtos químicos, e os dejetos gerados nas diversas instalações para animais.

É importante localizar a estação de tratamento de esgoto numa cota mais baixa do terreno, de modo a evitar custos adicionais de bombeamento e riscos de transbordamento; mas também evitar que odores atinjam outras instalações em concentrações que causem incômodos à realização das atividades. Também deve-se garantir que não haja possibilidade de inundação, podendo requerer a instalação de um sistema de bombeamento emergencial.

Contudo, independentemente do tratamento adotado, para o depósito de dejetos deve-se escolher um local afastado das instalações, para evitar proliferação de insetos e odores e para prevenir a contaminação de cursos d'água, de animais, de plantas e do solo.

É recomendado propor a instalação de tratamento de dejetos em um ponto de fácil distribuição para lavouras ou até mesmo em sistemas públicos de coleta de esgoto, desde que compatível com as exigências do órgão responsável.

Segundo HARDOIM (1999), em condições normais de confinamento de bovinos para produção de leite, um terço da energia ingerida nos alimentos é eliminada

nos dejetos.

A composição varia de acordo com a alimentação e também com a quantidade produzida. Segundo BUENO, citado por COELHO (2000), estima-se que uma vaca pode produzir nos espaços de semi-confinamentos, de 5.400 kg a 7.200 kg de fezes e de urina por ano e, em confinamento total, até 14.400 kg de fezes e de urina.

Existem vários processos de manejo de dejetos: a diferença básica está no aproveitamento sob a forma líquida ou sólida. BARBER, citado por HARDOIM (1999), constatou que em instalações de confinamento total, tipo baias livres, o manejo dos dejetos pode ser feito sob a forma:

- líquida, por meio da lavagem com água;
- semi-sólida, com a raspagem e lavagem do piso;
- sólida, pela raspagem, coleta e transporte dos resíduos.

Nos sistemas que utilizam o manejo dos dejetos sob a forma líquida, o volume de água utilizado é quantificado em função do comprimento, da largura, do desnível e da rugosidade dos corredores: estima-se algo na faixa de 100 litros de rejeitos por dia por cabeça.

Para FULHAGE e MARTIN, citados por COELHO (2000), para máxima eficiência do sistema de limpeza, a lâmina d'água deve ter 7,5cm de altura, velocidade de 1,5m/s e tempo mínimo de funcionamento de 10 segundos. A água deve ser reutilizada em diversas operações de lavagem, formando uma película de cobertura sobre o piso, o que contribui para diminuição da abrasão do piso no casco do animal e do volume de resíduos produzido.

Um manejo adequado dos dejetos inclui o tratamento que constitui uma estabilização biológica dos resíduos orgânicos, podendo ser obtida de duas formas:

- por via aeróbia: os microrganismos existentes no meio usam o oxigênio contido no ar atmosférico para decompor a matéria orgânica;
- por via anaeróbia: o método permite o desenvolvimento de microrganismos que possuem a capacidade de digerir a matéria orgânica e transformá-la em gás metano. O uso de câmaras anaeróbias permite a eliminação de sementes de ervas daninhas e organismos patogênicos presentes nos excrementos dos animais causadores de doenças que comprometem a produção de leite.

Considerando que a disposição de dejetos constitui um problema limitante às possibilidades de localização e ampliação das atividades zootécnicas, estabelecer o volume de disposição de resíduos que comporta a propriedade é uma questão essencial.

2.2.3.4. Fenil

É o local para armazenamento da forragem desidratada fornecida diariamente aos animais (feno), devendo possuir fácil acesso, ser arejado e livre de roedores. Normalmente também é usado como depósito de ração, para armazenamento de outro tipo de alimento concentrado, devido às suas características e exigências construtivas e à forma de distribuição desses alimentos.

O galpão deve ter dimensões que permitam o correto acondicionamento do feno, com corredores de circulação interna para facilitar a carga, descarga e inspeção dos fardos. Em geral os fardos de feno possuem 30cm de altura, 40cm de largura e até 100cm de comprimento, pesam aproximadamente 15kg e podem ser empilhados até 4,0m de altura. O feno também pode ser encontrado em fardos circulares com 350kg a 700kg.

Levando-se em conta essas informações, o tamanho do galpão para armazenamento deve considerar o consumo diário máximo de 6kg de feno por animal e o armazenamento para seis meses de consumo.

2.2.3.5. Garagem e oficina

São espaços físicos necessários à guarda e manutenção dos tratores, do vagão misturador ou de outras máquinas e equipamentos de grande porte utilizados no manejo de animais e culturas.

Podem localizar-se em áreas menos nobres da propriedade, uma vez que os equipamentos possuem certa facilidade de locomoção e normalmente produzem ruídos indesejáveis aos animais e pessoas. O dimensionamento desses espaços depende da quantidade e do tamanho dos equipamentos e da área disponível.

Sua localização buscará a proximidade com as unidades de maior concentração de equipamentos e veículos sujeitos a manutenção mais freqüente, proximidade relativa com o almoxarifado para suprimento das peças de reposição e facilidade de acesso de veículos e equipamentos para manutenção na própria oficina. Pode ser um galpão simples e funcional, com uso da iluminação e ventilação naturais e complementação da iluminação nos pontos em que são realizados trabalhos minuciosos.

O piso deve ser resistente a impactos e ao desgaste decorrente da circulação de veículos e equipamentos pesados. O dimensionamento da área da oficina dependerá dos

equipamentos e serviços a serem prestados.

De forma geral são construídas em estruturas de madeira ou metálicas, com cobertura de cimento-amianto em duas águas, desprovidas de paredes laterais, e incluem um cômodo destinado à guarda de peças, ferramentas e outros itens que necessitam de maior controle.

Na prática, quando há excedente de produção das culturas, de ração ou de material para cama, entre outros, recorre-se ao espaço da garagem e da oficina para armazená-los por curtos períodos.

O espaço ocupado com essas atividades varia de acordo com o nível de mecanização de cada unidade de produção, contudo a menor área encontrada nas fazendas pesquisadas por COELHO (2000) foi de 120m².

2.2.3.6. Silo

Local para produção de silagem (insumo fundamental para manter constante o processo de produção de leite), garante alimento volumoso adequado aos animais durante todo o ano, acabando com a sazonalidade na oferta de determinado tipo de alimento.

Os silos devem ser localizados próximos às áreas de distribuição do alimento volumoso, como galpão de confinamento e piquetes, de instalações complementares, como fenil e depósito de ração, bem como às áreas de produção de culturas para silagem.

Silos forrageiros permitem o armazenamento e a conservação de toda erva e palha que serve de sustento para o gado, devido à fermentação anaeróbia do volumoso; esse processo é facilitado na medida em que a estanqueidade facilita a ação de microorganismos anaeróbios.

A escolha do tipo de silo depende de fatores como: recursos financeiros disponíveis; topografia do local; tipo de solo; e, disponibilidade de mecanização e mão-de-obra para carga e descarga. Pode ser: a) silo aéreo, atualmente entrando em desuso devido à dificuldade de operação e alto custo; b) silo superfície, consiste em um amontoamento com compactação da silagem sobre um piso resistente e coberto; e, c) silo trincheira, o mais utilizado devido ao seu baixo custo de construção e à simplicidade de operação (manual ou mecânica), permite mecanização durante a carga e a descarga e boa compactação da silagem, apresentando suas paredes laterais inclinação

aproximada de 25% a partir de um eixo vertical e o piso inclinação de 1% em direção à boca, o que facilita o escoamento de líquidos. O silo trincheira deve ser coberto e revestido a fim de minimizar as perdas e melhorar a qualidade da silagem.

2.2.4. Setor de apoio

Apesar de tratados como acessórios na produção, as edificações desse setor normalmente possuem certos condicionantes na localização, visando principalmente redução de custos de implantação.

Composto por sistema de captação de água, escritório, estacionamento, farmácia/tronco e vestiário, é o setor responsável pelas atividades que viabilizam, em termos de infra-estrutura administrativa e operacional, o funcionamento do sistema produtivo.

2.2.4.1. Captação e armazenamento de água

Evidenciado por muitos especialistas como o ponto crucial para o desenvolvimento da pecuária leiteira, na elaboração do arranjo físico deve-se ter um cuidado especial com a localização dos reservatórios de água, com vistas ao suprimento de consumo diário e para combate a incêndio.

Recomenda-se o ponto mais alto da propriedade e que deverá se encontrar o mais próximo possível do centro geométrico das instalações a serem servidas, uma vez que tal localização minimizará o investimento no sistema.

A localização adequada reduz as perdas por atrito nas tubulações e nas conexões e, conseqüentemente, exige menor dimensionamento de comprimentos e diâmetros das tubulações, além de minimizar a altura do próprio reservatório e ou potência do conjunto moto-bomba. O ideal é que a distribuição final seja realizada por gravidade e funcione mesmo em caso de falta de energia motriz (VILLAR, 2001).

Face aos possíveis riscos de infiltração, à presença de produtos químicos em caso de tratamento e a possibilidade de planos de expansão das unidades e das vias de circulação, é recomendável manter um afastamento de segurança do ponto de distribuição das demais instalações.

A elevação do consumo de água, pelo aumento da produção ou mudança no processo produtivo, deve ser prevista com a adição de unidades paralelas ou simétricas,

assegurando espaço suficiente no momento do traçado das vias de circulação e localização das demais instalações.

Para o correto dimensionamento desta instalação, deve-se conhecer o volume total de água a ser consumido em determinada unidade de tempo, considerando-se todos os pontos de consumo simultâneo na condição mais desfavorável, acrescido de um dia normal de funcionamento.

A água utilizada na limpeza em sistemas fechados não deve ser computada, exceto a parcela de complementação, necessária para a manutenção do nível desses sistemas.

Outra fonte adicional de água é a captação de água pluvial proveniente das coberturas (o volume recolhido deve ser armazenado em reservatórios próprios).

A água arrastada pela corrente de ar, embora atinja uma pequena parcela do volume, pode prejudicar instalações vizinhas, tanto pela umidificação do ambiente como pelo desconforto térmico. Portanto, deve-se evitar nas suas proximidades, ou na direção dos ventos dominantes, instalações que requerem ambientes secos, as quais podem ser afetadas pela umidade arrastada.

2.2.4.2. Escritório

A localização do setor administrativo, no arranjo físico de uma agroindústria produtora de leite é condicionada por duas funções principais: contatos internos com as unidades de produção e contatos externos com fornecedores, compradores, visitantes, candidatos a emprego etc.

A localização clássica da área administrativa leva a situá-la entre o acesso principal e a área de produção, sendo recomendada a criação de áreas de transição, como uma área verde com estacionamento. Para a construção do escritório, devem-se prever condições de higiene e conforto ambiental favoráveis ao bom desempenho do serviço administrativo.

O estudo da alternativa mais adequada para a implantação do escritório deve considerar: necessidades presentes e futuras de expansão da área administrativa, fluxo interno de pessoal, vínculos com outras instalações, comunicação interna, atendimento a clientes e pessoal, evitando-se cruzamento com fluxos da unidade produtiva, direção predominante do vento e o posicionamento de instalações produtoras de gases, odores e ruídos.

Para o correto dimensionamento da área, deve-se observar: relacionamento dos serviços administrativos e setores da produção, conferência de cargas e controle da produção.

Adicionalmente, a localização estratégica do escritório com vista para o galpão de confinamento possibilita a observação e o controle de informações sobre a produção dos animais e o manejo.

2.2.4.3. Estacionamento

A técnica de localização das áreas de estacionamento de veículos recomenda a separação dos veículos em três grupos básicos:

- veículos particulares de funcionários: devem ficar próximos aos locais de trabalho, sem utilizar as vias internas de circulação, estas devendo servir exclusivamente à produção e aos serviços de manutenção;
- veículos de visitantes e clientes: devem ficar próximos à entrada principal, com acesso direto à administração, sem passar por áreas produtivas. Na prática esse estacionamento pode fazer parte da área reservada aos veículos de funcionários, porém é conveniente reservar próximo da recepção um número de vagas compatível com a rotatividade; manter o acesso sempre desimpedido e uma área de fácil manobra;
- veículos de carga ou serviço: dependendo do tipo de instalação e suas necessidades, exige ordenação dos veículos que transportarão a produção, normalmente pela ordem de chegada, organização de filas ou distribuição de senhas. Esse estacionamento deve convergir diretamente para o setor de controle ou de carga e descarga, sem que haja acesso desnecessário à área de produção, visando à redução do risco de contaminação, uma vez que estes veículos normalmente circulam por diversas unidades de produção. Em geral os veículos devem ser dispostos de forma a não interferir na área de produção e na eventual circulação de veículos de socorro, que exigem trânsito livre.

No dimensionamento das vagas para automóveis, deve-se prever uma área mínima de 5,0m x 2,50m por veículo, não computando-se a área necessária para manobra, a qual depende da solução adotada (transversal, longitudinal ou espinha de peixe).

A solução transversal é indicada quando se dispõe de bastante espaço, pois ocupa maior área para manobra.

O esquema longitudinal dispõe de menor largura, porém, reduz muito a

quantidade de veículos estacionados e deve ser utilizado como último recurso. Das alternativas citadas, a espinha de peixe é a que permite melhor aproveitamento da área, em razão da menor largura e facilidade de acesso.

Como estimativa, para automóveis, pode-se considerar de 20m² a 25m² por vaga de estacionamento, já computadas as vias de circulação interna e as faixas para manobra. A área a ser ocupada por um veículo deve ser demarcada no piso, por meio de faixas pintadas (mais recomendado) ou obstáculos físicos (maior custo e risco de acidente), sendo conveniente a arborização para proteção solar e um bom sistema de drenagem.

O dimensionamento da área de estacionamento para caminhões e reboques dependerá do tipo do veículo, das manobras a serem executadas e do giro do conjunto. No caso de estacionamento em fila, com saída conforme a ordem de chegada, pode-se determinar o comprimento médio dos caminhões e fazer uma previsão do número a ser atendido. As áreas de carga e descarga devem, se possível, ser cobertas para garantir a execução e a qualidade do serviço, independentemente das condições atmosféricas.

2.2.4.4. Farmácia e tronco

A farmácia é um espaço físico reservado à guarda de vacinas, remédios e botijões de sêmem. Precisa estar localizada próxima ao tronco, local destinado ao tratamento sanitário do rebanho, e dispor de equipamentos para refrigeração, armários, pia e bancadas para manipulação.

Para um melhor arranjo físico das instalações, é recomendado que o conjunto farmácia/tronco situe-se próximo à sala de ordenha, tendo ventilação adequada e isolamento por meio de contenções que permitam o manejo adequado dos animais. Na maior parte das instalações de confinamento tipo baias livres, a área da farmácia oscila entre 12m² e 15m², conforme o número de animais a serem atendidos e o volume de material utilizado.

O lava-pés é um local que contém apenas água para enxaguar e remover o excesso de dejetos das patas dos animais e induzi-los a defecar e urinar antes da sala de ordenha e do pedilúvio, prolongando a vida útil e proporcionando maior aproveitamento da solução química utilizada no tratamento de afecções de casco. Segundo DIAS (1997), o lava-pés deve localizar-se 1,50m antes do pedilúvio e apresentar declividade mínima de 2% em direção ao ralo.

O pedilúvio, componente essencial para uma instalação de bovinocultura de leite, destina-se à prevenção, ao controle e ao tratamento das afecções de casco; deve estar localizado próximo ao conjunto farmácia/tronco. Para DIAS (1997), o pedilúvio deve localizar-se na saída da sala de ordenha, assegurando a passagem diária de todas as vacas em lactação e evitando aglomeração dos animais.

2.2.4.5. Vestiário

Instalações como vestiários e banheiros permitem a higiene pessoal dos funcionários, principalmente para a troca da roupa a ser usada no trabalho e na ordenha, um requisito para produção de leite de qualidade. O princípio básico para a localização destas instalações é proporcionar um ambiente de chegada e saída do serviço e o de reduzir ao estritamente necessário o tempo de afastamento do funcionário do seu posto de trabalho, atendendo suas necessidades fisiológicas.

Podem-se adotar instalações centrais, junto aos vestiários principais ou setoriais, localizados em diversos pontos, de forma que não seja necessário percorrer longa distância para se atingir o sanitário mais próximo. Na localização dessas instalações, deve-se considerar a direção predominante do vento, para assegurar uma boa ventilação natural, e o direcionamento contrário às áreas administrativas, refeitório e farmácia.

A porta do banheiro deve promover a discricção necessária, abrir para o seu interior, isolada de qualquer dependência, evitando-se dessa forma meios de contaminação tanto do local de trabalho quanto dos animais, mesmo com a proximidade das demais instalações.

O esgoto proveniente do banheiro precisa ser encaminhado a uma fossa séptica, independente da coleta dos dejetos dos animais, uma vez que possui produtos químicos que interferem no processo de estabilização do efluente.

O dimensionamento deve ser feito de acordo com a zona de influência da instalação, que permitirá definir o número de usuários que convergirão para esta unidade. Para grupos de 20 usuários, o feminino deve ter no mínimo um vaso sanitário e um lavatório; o masculino, a previsão anterior acrescida de um mictório.

O ambiente do vestiário deve ser claro, se possível livre de colunas e obstáculos à circulação; os pisos e paredes devem ser laváveis, de preferência material cerâmico de fácil limpeza e baixa porosidade.

2.3. Tomada de Decisão em Arranjo Físico

A elaboração de arranjos físicos configura-se basicamente por tomadas sucessivas de decisões, em vários níveis; portanto, é conveniente entender o que é uma situação problema e quais os procedimentos de busca da solução.

Um problema existe quando um indivíduo não está satisfeito com a situação presente ou o resultado previsto não foi alcançado.

A utilização de métodos e técnicas permite ao produtor avaliar situações alternativas e os possíveis resultados, alocar com mais eficiência os recursos produtivos, reduzindo os riscos e incertezas na tomada de decisões.

LENTZ, citado por SILVA JR. (1993), aborda o problema de tomada de decisão enfocando três dimensões:

1. o tomador de decisões: indivíduo ou equipe que, com base nos levantamentos realizados e nas alternativas detectadas, fará a opção por alterar ou manter o processo atual;
2. o problema: deve ser analisado de modo que a busca pela solução seja direcionada e racionalize o esforço, podendo ser classificado da seguinte forma:
 - problema bem estruturado: as situações insatisfatórias e desejadas são conhecidas, bem como as alternativas de ações disponíveis e a solução consiste em otimizar as ações;
 - problema mal estruturado: as situações insatisfatórias e desejadas são definidas, mas as alternativas de ações não são conhecidas;
 - problema mal definido: não é possível definir as características da situação desejada e das ações futuras;
 - problema em contexto múltiplo: não é possível definir nem mesmo a situação insatisfatória.

As decisões para cada tipo de problema podem, ainda, ser diferenciadas conforme sua importância, frequência, urgência, reversibilidade, número de alternativas, bem como contextos gerais de mercado e tecnologia disponíveis.

3. o processo de tomada de decisão: visa identificar as características e recursos necessários para alcançar uma solução que melhore o desempenho do sistema produtivo, podendo ser decomposto nas seguintes etapas:
 - definição do problema: identificação entre a situação atual e a situação desejada,

- tendo como referências os objetivos do empreendimento;
- busca de alternativas: análise dos cenários e definição das condições de atuação; se uma boa alternativa não for identificada, a melhor solução provavelmente não será alcançada;
 - seleção da alternativa: transformação de dados em informação, por meio de modelos e conceitos técnicos para cada tipo de problema, buscando a melhor solução para uma situação possível de executar (a solução ideal pode não ser viável);
 - implantação das modificações: materializa a proposta em forma de obras, sistematização de ações e métodos de produção;
 - controle do processo: consiste no acompanhamento, na observação prática das soluções propostas e na forma como são executados os processos.

As recomendações apresentam resultados que auxiliam o processo de tomada de decisões, servindo como um instrumento de melhoria do sistema, difusão de tecnologias e transmissão de conhecimentos.

Devido ao desenvolvimento da informática e da acessibilidade aos microcomputadores, os sistemas informatizados estão se difundindo, apoiando métodos de pesquisa operacional, de projeto e simulação, que estão modificando os processos de tomada de decisão, possibilitando acrescentar aos sistemas de apoio à decisão a capacidade de interpretação e raciocínio de seres humanos, que permitem transferir para programas de computador regras e procedimentos utilizados por especialistas na solução de problemas.

Os problemas, no processo de tomada de decisão, possuem definições muito semelhantes às de projetos, como se verá no próximo item.

2.4. Fluxo em Arranjo Físico

A importância dada desde os primeiros métodos de desenvolvimento de layout para o fluxo de materiais, pessoas, animais, equipamentos e informações deve-se à estreita associação entre os fluxos e a disposição espacial das áreas de atividades onde se realiza a produção, uma vez que as movimentações internas constituem parcela significativa do custo de produção, sem agregar valor ao produto. Portanto, a circulação deve ser racionalizada e reduzida ao essencial.

Os sistemas de movimentação baseiam-se no fluxograma do processo, buscando, sempre que possível, reduzir os percursos, torná-los retilíneos e eliminar interrupções de operações.

TORRES (2001) lista alguns dos fatores que interferem na disposição do fluxo:

- seqüência de operações;
- volume a ser manipulado;
- espaço necessário entre as áreas de trabalho;
- quantidade, qualidade e forma do espaço disponível;
- tipo de leiaute;
- localização das áreas de serviço;
- armazenagem do produto.

É fundamental observar a interdependência que existe entre os fatores citados, pois uma área em que exista a possibilidade de contaminação ou que exija procedimento especial pode levar a um desvio proposital do fluxo.

A escolha por determinada solução normalmente passa por uma comparação entre as propostas viáveis, que pode ocorrer de forma integral entre alternativas detalhadas ou entre alternativas simplificadas (leiaute de blocos), podendo ocorrer também de forma seqüencial, na medida em que se desenvolve o estudo.

A necessidade de critérios objetivos para comparação entre alternativas é antiga, seja para satisfazer a criação de uma proposta econômica para implantação da alternativa, ou para estimular o consenso dos profissionais envolvidos. Além disso, a especificidade de cada instalação agroindustrial impede que sejam adotados critérios com validade geral, que contemplem todas as questões qualitativas e quantitativas.

Quantificar e classificar intensidade ou magnitude do fluxo se torna mais difícil quando são muito diferentes as características dos elementos (animais, pessoas, materiais e equipamentos) a serem movimentados.

Numa situação envolvendo diversidade de elementos geradores de fluxos, o peso, o volume e o número de elementos sozinhos, podem não ser uma boa base para medir as intensidades das movimentações.

Visando a tratar esse tipo de problema, MUTHER (1978) desenvolveu um procedimento para relacionar a magnitude de fluxo (método MAG), um modo para comparar o grau de transportabilidade de determinados elementos, tendo por base suas características e dificuldades de transporte, independentemente de como serão movidos

ou transportados.

Dentre os vários fatores que afetam a transportabilidade ou o manuseio de materiais tem-se: tamanho, densidade, estado de agregação, forma do material, risco de danos ou avarias, valor ou custo. Classificando-se e ponderando-se esses fatores previamente, pode-se quantificar a facilidade ou dificuldade da movimentação dos elementos.

Resumidamente, calcula-se a intensidade do fluxo de um elemento multiplicando-se a quantidade de MAG de um elemento pela quantidade de elementos movimentados por unidade de tempo.

O método MAG estabelece um valor-base para o tamanho do item e este valor-base se modifica pela consideração do valor de outros fatores que influem na transportabilidade do item em estudo. Por definição, uma unidade MAG é igual a uma peça que:

- possa ser segurada ou conduzida convenientemente com uma só mão;
- seja razoavelmente sólida;
- seja compacta e tenha algumas qualidades de armazenamento;
- possua pequena probabilidade de danos;
- seja razoavelmente limpa e estável.

Originalmente, um exemplo típico de um MAG é um cubo de madeira de 5,5 cm de aresta. Se dez cubos puderem ser convenientemente segurados em uma só mão, o item terá o valor de aproximadamente 1/10 de MAG; por outro lado, uma peça que exija duas mãos para ser transportada terá um valor aproximado de dois MAG. A partir dessa escala, pode-se estabelecer uma classificação de valores básicos para diversos itens. Todavia, essa definição não significa que o transporte será manual e que deva ser necessariamente sólido.

O método consiste em identificar o valor correspondente ao item a ser movimentado e multiplicá-lo à soma dos fatores modificadores, como mostrado a seguir. A expressão (1) foi proposta por MUTHER (1978) para o cálculo de MAG de cada item, peça ou componente:

$$(4 + B + C + D + E + F) \times A/4 \quad (1)$$

sendo:

A = fator MAG.

B, C, D, E, F ... = fatores modificadores expressos pelo número de classes.

O conceito do método MAG presta-se a uma série de adaptações. Portanto é conveniente que projetistas definam suas próprias unidades de referência, adaptando outros fatores do método MAG mais direcionadas ao projeto a ser executado.

Segundo MUTHER (1978), o uso de uma unidade-base com outras características semelhantes às que definem o MAG permite que uma tabela de fatores modificadores seja diretamente empregada.

Na presente pesquisa, o método MAG foi empregado utilizando como referência as inter-relações entre pares de instalações, e como fatores modificadores: volume em m³, peso em kg, número de repetições da atividade, riscos de acidentes e condição de transporte, conforme será detalhado posteriormente.

2.5. Arranjo Físico

A elaboração de um arranjo físico é um processo que visa traduzir as necessidades do sistema produtivo em requisitos de projeto e manter o foco na meta a ser alcançada.

O principal objetivo do arranjo físico é assegurar a qualidade do projeto, permitindo identificação de metas para melhoria do projeto e mensuração da efetividade das soluções propostas (BUSH & ROBOTHAM, 1999).

De forma geral, no início de uma proposta, o projetista esboça uma primeira idéia, incluindo tecnologias a serem empregadas, componentes e suas relações, que expressam os requisitos do projeto, buscando qualidade e produtividade.

ARAÚJO (2000) relata que “a qualidade e a produtividade aumentam à medida que a variabilidade ou a imprevisibilidade do processo diminui”, e para alcançar a qualidade, é fundamental a capacitação das pessoas para realizar as mudanças, para isso sendo necessárias sensibilização humana e preparação técnica.

Assim, os benefícios de um arranjo físico são plenamente obtidos quando mais cedo se prevê problemas que podem ocorrer nas etapas posteriores à concepção e ao detalhamento.

Vários autores, entre eles GOEL (1997), BROWN & CHANDRASEKARAN (1989) e PAHL & BEITZ (1988), têm estudado a atividade projetual, buscando bases científicas de apoio ao desenvolvimento de arranjo físico, a partir da identificação de três tipos básicos de projeto:

- projeto original ou inventivo: envolve a elaboração de uma solução original (denominada invenção) e não se conhece a estrutura e nem os procedimentos;
- projeto adaptativo ou inovativo: incorpora sistemas conhecidos, alterando as tarefas para as quais foram inicialmente projetados, mantendo os princípios da solução;
- projeto de variantes ou rotineiros: o projeto que mantém a função e a solução, mudando somente o tamanho ou as características do sistema.

A partir dessa classificação inicial, desenvolvem-se formas de organizar o processo de desenvolvimento de arranjos físicos. Basicamente, há três formas gerais de se organizar os recursos em um sistema produtivo, numa classificação não rígida, pois a ocorrência de arranjos híbridos aumenta em função da variedade de sistemas produtivos e tecnologias.

Para a determinação do arranjo físico a ser adotado, consideram-se como fatores importantes: a diversidade, a quantidade, as características da produção e os fluxos.

De forma geral, a determinação do arranjo físico tem no produto, neste caso o leite, o principal elemento para a geração e organização dos ambientes, podendo ser assim classificados:

- arranjo linear por fluxo: dispendo-se os equipamentos de forma linear, conforme a seqüência de execução, facilita-se o controle e minimiza-se o custo. Esse tipo de arranjo é recomendado para sistemas de produção de leite, uma vez que se estabelece a seqüência de operações e a localização linear das instalações, diminuindo-se o deslocamento dos animais e a área edificada;
- arranjo posicional: o produto a ser trabalhado permanece relativamente fixo enquanto os executores e as ferramentas movimentam-se; é normalmente aplicado para produtos de grande porte (navios, locomotivas, turbinas etc.);
- arranjo funcional ou por processo: os equipamentos são organizados de acordo com as funções que desempenham e suas necessidades comuns; normalmente os produtos é que se movem, passando por vários beneficiamentos;
- arranjo celular: o material em processo é direcionado para uma determinada área de produção (célula), onde os recursos são agrupados para atender várias operações a serem sofridas pelo produto nas várias etapas de seu processamento, concentrando os fluxos.

No desenvolvimento de arranjos físicos, GOEL (1997) comenta que a analogia é um dos pontos-chaves na criatividade em projeto: envolve achar e transferir elementos

da solução de um problema de projeto para a solução de um outro problema.

Uma forma utilizada pode ser o ‘raciocínio baseado em casos’: trata-se de uma técnica que se baseia em aprender e generalizar, a partir de experiências anteriores, uma base para novos projetos, sintetizando-se uma nova solução.

Segundo MAHER & GARZA (1997), a identificação de casos similares proporciona um ponto de partida para gerar uma nova solução e a experiência de projeto representa um dos mais poderosos recursos dos projetistas.

O processo básico de um ‘raciocínio baseado em casos’ é descrito por SABIN & WEIGEL (1998) como:

- explicitar as exigências do cliente, identificando os requisitos do projeto;
- recuperar um caso, por meio dos projetos armazenados;
- adaptar o caso para a nova situação, identificando, adaptando e controlando as similaridades;
- armazenar a nova configuração, gerando um incremento no banco de dados

Como citado acima, esse processo possui características aplicáveis à sistemas especialistas, que possuem estruturas desenvolvidas para armazenar, recuperar e promover a adaptação de soluções adotadas anteriormente, em um novo contexto, baseando-se em informações e conhecimento anteriores, geralmente formalizadas por meio de regras em linguagem computacional.

Segundo SILVA (2001), os projetistas se deparam com a necessidade de acompanhar as transformações tecnológicas que a sociedade atual vem sofrendo, numa busca constante de qualidade e produtividade, normalmente tratadas computacionalmente.

O ensino tradicional de projeto em prancheta vem sendo substituído pelas novas tecnologias baseadas no computador, empregando *softwares* de CAD, de renderização e de animação no processo ensino-aprendizagem.

Segundo ARAÚJO (2000), existe uma pressão crescente para o desenvolvimento de projetos ‘ótimos’, pela aplicação de novas técnicas de projeto, bem como novos sistemas computacionais de auxílio a projetos.

Entretanto, o aumento de produtividade e a redução do tempo de projeto, com o uso de técnicas e dos novos sistemas computacionais, nem sempre são atingidos na prática, devido a incompatibilidade destas técnicas e sistemas entre si e a realidade. Além disso, muitas técnicas dependem da experiência, da criatividade, de conhecimento específico, normalmente tácito, e da disponibilidade das pessoas (CHEN & OCCEÑA,

2000).

Conforme ARAÚJO (2000), as empresas tentam não depender desse conhecimento tácito e, por isso, procuram transformá-lo em explícito, através de metodologias e bancos de dados.

Para verificar e interpretar os resultados obtidos por meios computacionais, os projetistas devem ter um bom entendimento qualitativo do problema e dos princípios físicos que o governam, concluindo que o entendimento e o desenvolvimento de técnicas é muito importante na elaboração de sistemas especialista em projetos.

TORRES (2001) ressalta a importância de o projetista do arranjo físico ser bem servido por um sistema de informações, que permita que esteja ciente de alterações relevantes nos fatores condicionantes do arranjo físico, que normalmente não são explícitos nos programas computacionais.

2.6. Arranjo Físico em Projetos Agroindustriais

O arranjo físico de um empreendimento agroindustrial consiste na organização racional de todos os recursos e tecnologias necessárias para a consecução operacional dos objetivos da empresa, materializando-se na forma como esses recursos serão dispostos no espaço tridimensional.

O desenvolvimento de um arranjo físico está condicionado a uma necessidade, podendo ser um problema no sistema já implantado ou a intenção de empreender uma atividade agroindustrial.

Um sistema produtivo moderno busca otimizar os espaços, facilitando a locação de equipamentos, redução de percursos e informatização, preocupando-se com o conforto dos funcionários e animais, com a adequação à execução das tarefas, com a redução dos custos operacionais e de manutenção.

A aplicação de métodos na elaboração de projetos agroindustriais ultrapassa o conceito de que projeto é pura inspiração e que o raciocínio direto e imediato é capaz de prever muito mais e melhor as situações e combinações possíveis, necessárias para que se alcance o máximo desempenho dos espaços constituintes de um sistema produtivo, com segurança. Os métodos e resultados obtidos no planejamento espacial fundamentam-se na identificação e entendimento dos fatores que determinam o uso desses espaços.

Segundo HENRY (2000), a implementação de métodos projetuais com base científica pode proporcionar benefícios como redução de custos, de riscos, de tempo de execução e de incompatibilidades de propostas, bem como o aumento da eficiência produtiva.

Nesse sentido, a discussão sobre metodologias é importante na medida em que denota a necessidade atual da utilização de técnicas de inteligência artificial em arranjos físicos e o quanto a sistematização do conhecimento pode auxiliar nas fases iniciais do projeto.

Tendo-se em mente esse conjunto de premissas, o projeto de instalações agroindustriais pode ser dividido em três componentes principais:

- projeto do arranjo físico: trata da organização e localização espacial dos recursos produtivos, que é o tema desenvolvido nesta tese;
- projeto estrutural: trata do projeto para execução do edifício e demais utilidades (instalações de energia, vapor, ar comprimido etc.), que apoiarão os processos produtivos;
- projeto do sistema: é o processo de projeto no qual se estabelecem os meios e mecanismos que resolverão as interações entre os centros de produção e de serviços, como requeridos pelo arranjo físico (SIPPER *et al.*, 1997).

No projeto do arranjo físico, o estudo da organização das atividades laborais engloba a análise do espaço e os fluxos de animais, pessoas e materiais, e resultam em especificações de processos e localização das edificações necessárias.

As etapas na identificação do processo a ser usado são, em geral:

- definir as operações elementares necessárias;
- identificar processos (formas) alternativos para realizar essas operações;
- analisar e padronizar os processos;
- avaliar os processos alternativos;
- selecionar os melhores processos.

As atividades de projeto são também cada vez mais influenciadas pelo mercado, pela disponibilidade de novos materiais, equipamentos e formas de controle que podem compor uma boa solução, aumentando a carga de trabalho dos projetistas, na medida em que se espera uma maior qualidade das soluções.

As mudanças que influenciam o projeto dos sistemas produtivos foram assinaladas por SIPPER & BULFIN JR (1998):

- definição do escopo do negócio;

- flexibilidade dos sistemas produtivos;
- simplificação dos processos;
- redução da variabilidade dos processos;
- redução de perdas;
- melhoria contínua e integrada dos processos, realizada de forma programada;
- valorização do elemento humano e animal;
- valorização do fluxo.

TORRES (2001) apresenta uma série de recomendações iniciais para o desenvolvimento do arranjo físico:

- capturar a idéia geral: devido a existência de vários condicionantes no desenvolvimento do leiaute, deve-se capturar, de maneira adequada, as idéias e propostas dos diversos setores, considerando-se que a idéia precisa ser ‘assimilada’ antes de ser implantada;
- planejar o ideal e depois o possível: não impor limitações nas etapas iniciais do desenvolvimento, pois pode diminuir a qualidade da solução final. Portanto, a existência da solução ‘ideal’ servirá como padrão de comparação com a solução final e como ponto de partida para a inclusão das limitações reais até que se chegue a uma solução aceitável;
- planejar o todo e depois o detalhe: propor um planta integrada e orientada para os mesmos objetivos gerais. Sem essa orientação inicial, corre-se o risco de gerar detalhes excessivos que congestionarão o processo de desenvolvimento;
- planejar para o futuro: durante a fase de concepção do arranjo físico, deve-se considerar possíveis expansões ou alterações significativas na capacidade instalada do sistema produtivo e expansão das instalações existentes;
- elementos de apresentação: dispor de meios adequados para explanação das alternativas e convencimento das partes interessadas, por meio de recursos gráficos;
- vender a idéia: a criação da proposta e a aprovação sobre a sua validade dependem de uma série de fatores, como convencimento e relações inter-pessoais para que se consiga a aprovação e realização das metas.

TORRES (2001), SLACK *et al.*, (1997), OLIVÉRIO (1985), MUTHER (1978) e APPLE (1977) apresentam alguns fatores importantes na elaboração de um arranjo físico:

- segurança: racionalização de fluxos, tratamento ergonômico do posto de trabalho;
- conforto: adequação de fatores ambientais para melhorar a produtividade;

- tempo de processamento: otimizar o processo por meio do balanceamento da produção e redução de tempos improdutivos;
- espaço: reduzir a área construída e os deslocamentos, dispondo racionalmente as edificações;
- manuseio: utilizar equipamentos e técnicas de movimentação de materiais, pessoas e animais no sistema produtivo;
- custos indiretos: propor um arranjo onde as atividades aconteçam sem congestionamentos e cruzamento do tráfego;
- aumentar a flexibilidade: para responder às mudanças produtivas.

Em instalações já construídas, alguns fatores definem a necessidade de interferências: ineficiência de operações, altas taxas de acidentes, mudanças no volume de produção.

Conforme TORRES (2001), para se atingir os objetivos, alguns princípios devem ser seguidos e aplicados em todas as etapas do processo de desenvolvimento de um arranjo físico:

- integração: visa a que todas as partes da planta contribuam de forma sinérgica para a realização dos objetivos;
- mínima distância: visa a reduzir esforços de movimentação que nada acrescentam ao valor final do produto, diminuem a produtividade e aumentam os custos e riscos de acidentes;
- obediência ao fluxo de operações: é preciso evitar e ou eliminar cruzamentos, retornos e interrupções;
- uso das três dimensões: racionalizar o uso do espaço tridimensional;
- satisfação e segurança: visa à redução dos riscos potenciais do ambiente produtivo à saúde dos seus usuários e ao meio ambiente;
- flexibilidade: atender às necessidades de alterações no sistema produtivo, mantendo a unidade e a setorização da proposta.

Um modo de realizar esses princípios consiste no procedimento de setorização, processo que visa atribuir e agrupar atividades, envolvendo a identificação das funções necessárias e a combinação das atividades em áreas específicas. O agrupamento das atividades é feito segundo os seguintes critérios: funções, produtos, espaços, processos, tempo e números.

Dentre as citadas, duas merecem destaque:

- setorização por funções: agrupam-se atividades afins para constituir unidades

funcionais e lógicas, para evitar duplicações de serviços e obter o benefício da especialização e da espacialização. Nesta pesquisa optou-se por esta setorização, que será explicitada na seção materiais e métodos;

- setorização por processos: é utilizada quando se quer dividir as seções produtivas, a seqüência das atividades e a disposição dos equipamentos.

Os critérios de setorização podem não permitir a construção da hierarquia produtiva, pois não indicam como relacionar as diversas atividades e instalações. Para auxiliar nessas decisões, pode-se lançar mão de alguns princípios como:

- princípio de maior uso: o setor que mais desenvolva determinada atividade deve controlá-la, servindo como referência para as demais;
- princípio de interesse: o setor que tenha maior interesse sobre a atividade deve recebê-la, reforçando que aquele setor que mais depende de certa atividade se torne mais eficiente nela;
- princípio de controle: o controle de qualidade e de quantidade deve ser independente do setor produtivo; a justificativa é que o pessoal que executa determinada função acaba por se contaminar por vícios de rotina, passando a não detectar determinadas falhas no processo, desenvolvendo certa tolerância ou passando a considerá-las normais;
- princípio da supressão da concorrência: deve-se eliminar a concorrência entre áreas agrupando atividades, obtendo a racionalização dos recursos produtivos.

Para alcançar a solução ideal, é necessário analisar os resultados que podem ser obtidos em cada situação específica, e imaginar como eliminar as falhas existentes para aplicação dos princípios da organização do sistema de produção.

A resolução de um projeto pode ser mais facilmente obtida se é aplicada uma abordagem de desdobrar e simplificar o problema em subproblemas mais simples.

KUSIAK & LARSON (1995) descrevem as áreas onde a decomposição é aplicada:

- decomposição do projeto: é usada para explicitar os elementos físicos do projeto sob as abordagens de modularidade do projeto e de decomposição estrutural;
- decomposição do problema: embora abordagens para tratar o assunto da decomposição de problema apresentem características diferentes, todas almejam detalhar e tornar concreto o problema.

A abordagem de decomposição é básica para que um sistema especialista seja desenvolvido, porque explicita domínios mais restritos e menos complexos, ou seja,

transforma situações reais complexas em modelos simplificados.

Na presente pesquisa, a decomposição do projeto baseou-se na identificação de áreas e concentração de atividades afins, e a decomposição do problema resume-se em minimizar a área construída, o deslocamento e os fluxos internos, por meio do estabelecimento da necessidade de proximidade entre edificações.

Para alcançar este propósito, as fases do projeto devem concentrar-se nos seguintes aspectos:

- macro e microlocalização da planta: determinação da região, distrito, orientação e infra-estrutura (acesso, água, energia, comunicação etc.);
- aproveitamento do terreno: determinação de acessos, recuos, níveis e tratamentos necessários;
- espaço arquitetônico: orientação, forma e ocupação;
- arranjo físico: funções, atividades, determinação de fluxos e distribuição espacial;
- estações de trabalho: espaços, requisitos, relações, organização;
- construção do espaço: programa e detalhamento;
- ocupação e operação do espaço: uso, manutenção e avaliação.

Todo arranjo físico pressupõe um conjunto de dados de entrada que serão processados por uma base de conhecimento para se transformar em resultado de saída: a proposta final.

As informações fluem da memória de trabalho (dados de entrada) para a base de conhecimento, onde novo conhecimento é gerado e novas informações são solicitadas, até que o processo é dado como concluído (o objetivo definido é alcançado) e é apresentada a proposta-solução.

A descrição do processo de projeto é análoga à descrição do processo de trabalho de um sistema especialista. Assim, procura-se demonstrar que é viável a utilização de sistemas especialistas para projetar um sistema agroindustrial para produção de leite.

2.7. Informação e Conhecimento em Arranjo Físico

Admite-se que conhecimento é o resultado dos processos perceptivos organizados, de modo que conclusões significativas possam ser extraídas a partir de informações estruturadas.

Grande quantidade de dados não significa informações importantes. Portanto, o enfoque na tomada de decisões e na qualidade dos dados torna-se imperativo, bem como a transformação de dados em informações é prioritário no processo de tomada de decisões.

O conhecimento adquirido e utilizado no desenvolvimento de um projeto é fundamental para que ocorra melhoria nos processos, sendo necessário sistematizar a utilização e o armazenamento deste conhecimento existente relativo a determinado assunto, tornando o desenvolvimento de projetos mais técnico e científico, eliminando, sempre que possível, decisões subjetivas, esquecimentos e deslizes que podem desviá-lo do objetivo final.

Para isso, faz-se necessário consultar o conhecimento armazenado (explícito) e também o existente com os diversos profissionais ligados ao processo produtivo (tácito).

Assim, quanto mais conhecimento estiver documentado e acessível, mais simples será garantir que todo o conhecimento relevante será consultado, analisado e aplicado na tomada de decisão, eliminando-se ou contornando-se as restrições inerentes ao projeto. Em um sistema, a restrição é algum fator que o impede de atingir a meta. Portanto, é fundamental conhecer a meta ou o objetivo do projeto, bem como as restrições que vão determinar o impacto de uma decisão no desempenho final.

Atingir determinadas metas ou objetivos depende da elaboração de diretrizes, abordando questões relativas à flexibilidade, funcionalidade, otimização, ergonomia e economia.

Desse modo, no desenvolvimento de projeto para instalações agroindustriais, os métodos propõem que se inicie de um nível macroscópico para o microscópico, ou seja, primeiro modela-se o conceito geral e depois são acrescentados os detalhes. De forma geral as etapas envolvidas são: localização da planta, determinação do arranjo físico geral, detalhamento e execução.

Sob esse contexto genérico de processo de projeto, alguns métodos foram desenvolvidos abordando aspectos relativos à organização dos recursos produtivos.

Em decorrência da implementação de novos sistemas produtivos e dos avanços nas técnicas de arranjo físico, notadamente a partir de 1950, uma evolução das pesquisas tem sido no sentido de melhorar as técnicas, por meio de adaptação ou desenvolvimento de recursos capazes de tratar novos problemas de leiaute no cotidiano dos processos.

Relativamente aos métodos específicos para estudo do arranjo físico de

instalações, podem-se citar, entre outros: método dos elos, método das seqüências fictícias, método dos momentos ou torques, método IMMER, método REED, método MOORE, método APPLE (1977) e o SLP.

O SLP (*systematic layout planning*), apresentado por MUTHER (1978), sintetizava os conhecimentos e ferramentas até então disponíveis. O método SLP baseia-se em dados quantitativos e qualitativos, combinando dados e informações que relacionam produtos, quantidades, roteiros de fabricação, serviços de suporte, tempo, lista das atividades e suas relações de proximidade, fluxos.

Apresenta como vantagens, a simplificação das áreas e a subjetividade da interpretação dos relacionamentos de fluxo e de adjacência, do modo como ocorre no raciocínio humano, para a geração das alternativas. Devido ao seu caráter adaptativo, este método foi selecionado para gerar os dados iniciais deste trabalho e estruturar juntamente com outros métodos complementares o desenvolvimento deste trabalho. Devido às suas características, foi selecionado para compor parte da metodologia desenvolvida nesta pesquisa.

Convém observar que os métodos citados adotam a abordagem do detalhamento subsequente. Além disso, observa-se que, desde os primeiros métodos, os fluxos, principalmente os de materiais, são considerados de altíssima importância.

De forma geral, TOMPKINS e WHITE (1984) resumem os métodos mencionados com os seguintes passos:

- definir os objetivos da instalação;
- especificar as atividades primárias e de suporte para atingir os objetivos propostos;
- determinar o inter-relacionamento entre as atividades;
- determinar a necessidade de espaço para as atividades;
- gerar as alternativas de arranjo físico;
- avaliar as alternativas geradas;
- selecionar uma das alternativas;
- implementar a alternativa escolhida;
- manter e adaptar o leiaute de acordo com as mudanças nos objetivos.

Nos métodos mais recentes, outros fatores foram acrescentados, como: detalhes da edificação, planejamento de áreas auxiliares, tratamento de resíduos, busca do conforto ambiental e saúde e satisfação do trabalhador.

As várias metodologias que fornecem suporte ao desenvolvimento de arranjos físicos e sistematizam as etapas de tomada de decisão devem ser adaptadas conforme a

necessidade de cada processo projetual e a disponibilidade de sistemas informatizados de apoio, baseados na inteligência artificial.

2.8. Inteligência Artificial

Criada na Segunda Guerra Mundial, a Inteligência Artificial constitui uma área de conhecimento que procura inserir nos programas computacionais a capacidade de raciocínio para tomada de decisão semelhante ao ser humano, utilizando a capacidade dos computadores de manipularem símbolos não numéricos.

Para isso, são utilizados métodos e instrumentos que permitem transferir para programas os procedimentos empregados por especialistas na solução de determinados problemas.

Com o avanço das pesquisas, percebeu-se que os maiores problemas para o desenvolvimento destas técnicas é a complexidade dos temas, sendo necessário restringir a área de atuação, gerando então os programas específicos para determinada área de conhecimento, nascendo os sistemas especialistas (BARRETO, 1999).

Segundo OLIVEIRA (2001), sistemas especialistas são programas que empregam técnicas de Inteligência Artificial para simular um especialista humano em uma área determinada e limitada do conhecimento, para solucionar problemas.

De acordo com NIEVOLA (1995), o sistema especialista tem condições de conduzir o aprendiz através de uma sessão completa de resolução do problema considerado, possibilitando ao mesmo o acompanhamento de todos os passos, utilizando-se para tanto do conhecimento explícito, formalizado, e do conhecimento empírico ou subjetivo, que se obtém após anos de experiência, o que torna o seu desempenho muito superior aquele obtido nos manuais e livros.

Os sistemas especialistas podem responder perguntas e justificar a linha de raciocínio utilizada na solução do problema. Com a popularização dos equipamentos de informática, tornou-se um importante instrumento educacional, devido ao menor custo dos sistemas especialistas em relação a métodos tradicionais de transmissão de conhecimentos de forma rápida e produtiva, pois uma vez desenvolvido o sistema, o custo de distribuição e manutenção é comparativamente mais baixo (SILVA JÚNIOR, 1993).

O conhecimento de um sistema especialista consiste em fatos e heurísticas. Os

fatos constituem um corpo de informações que é largamente compartilhado, publicamente disponível e geralmente aceito pelos especialistas.

As heurísticas são em sua maioria subjetivas, pouco discutidas e que caracterizam a tomada de decisão em nível do especialista.

O nível de desempenho de um sistema especialista depende do tamanho e da qualidade da base de conhecimento, sendo os componentes de conhecimento e de raciocínio a chave de um sistema que reflita inteligência.

Portanto, para esses sistemas apresentarem um comportamento inteligente, são necessários mecanismos formais para a representação do conhecimento e a utilização de técnicas de inferência, que auxiliam no desenvolvimento de arranjos físicos.

Com o uso de sistemas especialistas baseados em conhecimento, pode-se melhorar o processo de projeto na fase de concepção, por meio do ganho de tempo nas fases iniciais do projeto, melhoria da produtividade e da motivação pessoal.

O ganho de produtividade reflete-se no tempo absoluto empregado na execução do projeto, na precisão dos resultados e na avaliação, evitando-se futuras correções desnecessárias e tendo-se a possibilidade de permitir a avaliação de um maior número de alternativas.

Espera-se que a melhoria do projeto ocorra ao se evitar erros primários, aumentar a confiabilidade, organizar o registro das informações, perpetuar o conhecimento, aumentar o fluxo de informações e a satisfação das pessoas, evitando-se desperdício de tempo em consultas repetitivas e oferecendo-se mais tempo ao especialista para ampliar seus conhecimentos.

Os sistemas especialistas podem ser classificados como:

- simbólicos: possuem, como ferramenta básica, a lógica com suas regras de inferências inspiradas nos silogismos enunciados há mais de 2000 anos por Aristóteles, para manipular o conhecimento. Segundo BARRETO (2001), um sistema especialista simbólico deve ser usado quando o problema for bem definido e se tenha uma boa idéia de como ele será resolvido;
- conexionistas: utilizam circuitos complexos, assemelhando-se à rede de neurônios cerebrais responsáveis pelo pensamento, chamados de redes neurais. Este tipo de sistemas especialistas é muito utilizado em problemas mal definidos;
- híbridos: segundo BRASIL (2001), eles têm como característica principal a capacidade de aprender a extrair conhecimento a partir de uma base de conhecimento simples e de um conjunto de exemplos.

Na construção de um sistema especialista, busca-se implementar conhecimentos específicos de diversos especialistas, documentando-se o processo de projeto e o conhecimento pessoal e empresarial de forma estruturada. Sendo a aquisição de conhecimento a fase mais crítica no desenvolvimento de um sistema especialista, torna-se importante relatar que estas técnicas também possuem vantagens e problemas na sua aplicação.

Conforme TORRES (2001), os sistemas especialistas mostram-se úteis para melhorar o processo de projeto na fase de concepção, a partir dos resultados verificados na simulação de projetos, nos termos resumidos a seguir:

- sistematização da incorporação e registro do conhecimento de projeto, pela proposição de uma seqüência de atividades para construir o conhecimento;
- velocidade na geração e avaliação de alternativas de projeto, pela rapidez de entrada e processamento dos requisitos de projeto;
- mecanismo de alerta para informar o usuário sobre a inviabilidade técnica e a análise de consistência de requisitos, proporcionando ao usuário maior entendimento sobre estas condições;
- visualização das restrições no processo de projeto que explicitamente identifica e expõe estas restrições;
- eficácia em especificar componentes do projeto;
- projetistas adquirem maior conhecimento sobre o projeto pelo uso de engenharia simultânea e trabalho em equipe;
- socialização das informações do projeto entre todos os membros das equipes;
- facilidade de utilização pelos usuários, por meio de interfaces gráficas e programação orientada a objeto, tornando o sistema atraente e de fácil entendimento;

Os problemas enfrentados pelos sistemas especialistas vão desde processo de aquisição do conhecimento, passando pela implementação até a sua utilização. No entanto, podem-se enumerar quatro problemas como os mais freqüentes:

- fragilidade: como os sistemas especialistas só têm acesso a conhecimentos específicos do seu domínio, eles não podem contar com conhecimentos mais genéricos quando necessário;
- falta de conhecimento: os sistemas especialistas normalmente não conseguem raciocinar sobre seu próprio escopo e suas restrições, dificultando ainda mais a tarefa de lidar com sua fragilidade;
- aquisição de conhecimento: ainda continua sendo um dos maiores obstáculos à

- aplicação da tecnologia dos sistemas especialistas em novos domínios;
- validação: medir o desempenho de um sistema especialista é difícil, na medida em que não se sabe como quantificar o uso do conhecimento, tornando impossível apresentar provas formais de sua exatidão. O que se pode fazer é comparar esses sistemas com especialistas humanos em situações reais.

2.8.1. Aquisição e armazenamento do conhecimento

O desenvolvimento de um sistema especialista tem uma diferença significativa comparado a um programa convencional: a aquisição de conhecimento.

A aquisição de conhecimento para sistemas baseados em conhecimento pode ser definida como o processo de compreender e organizar o conhecimento de várias fontes, que podem ser mapas, livros, filmes, manuais, base de dados, diagramas ou o conhecimento que está na mente das pessoas (ABEL, 2004).

As técnicas são construídas para extração por métodos *ad hoc*, baseados em entrevistas e observação, no caso de domínios complexos devem-se realizar experimentos que evidenciem o comportamento do especialista. Sendo as técnicas mais conhecidas: a imersão na literatura, as entrevistas iniciais (não estruturadas), as entrevistas complexas (estruturadas), os questionários, a análise de protocolos ou processos, a classificação de termos (conceitos ou fichas), a eliciação de construtos, as grades de repertório, os níveis de escala, os conceitos ou cenários, as observações, a construção de grafos de conhecimento, as análises de casos, os relatórios verbais, os relatórios não verbais etc.

Essas formas mencionadas de abordagens permitem extrair o conhecimento do domínio de trabalho e podem ser desenvolvidas das seguintes formas:

- engenheiro de conhecimento consulta livros técnicos e manuais sobre o assunto;
- engenheiro de conhecimento consulta um especialista no domínio de trabalho e o sistema especialista é desenvolvido a partir do conhecimento dele. Existem duas técnicas para se realizar este trabalho: entrevistas e análise de protocolo;
- engenheiro de conhecimento consulta fontes sobre o assunto, desenvolve um protótipo e o apresenta ao especialista para que ele critique e apresente sugestões de estratégias de soluções;
- especialista interage com um programa de desenvolvimento de sistemas especialistas ou linguagem de programação, para incorporar seu conhecimento; este método é mais

- complexo e normalmente menos eficiente, uma vez que o especialista em arranjo físico dificilmente será melhor que um especialista em programação.
- especialista com ajuda de um engenheiro de conhecimento, interage com um programa ou linguagem de programação para introduzir conhecimento sobre o domínio. Este método é o mais comum e recomendado.

Como se observa, as abordagens mencionadas na literatura são genéricas e atendem a todos os tipos de aplicação de sistemas especialistas, dizendo respeito basicamente à interação entre engenheiro de conhecimento e o especialista.

Nesta pesquisa optou-se por uma forma híbrida de aquisição e armazenamento do conhecimento. Foram utilizados os métodos de imersão na literatura, entrevistas não estruturadas e questionários, nos quais foram explorados a construção de grafos, sendo uma representação gráfica do que está relacionado à tarefa que o especialista soluciona, ou seja, a linha de raciocínio do projetista é apresentada por meio da ordem de inserção, identificação de áreas produtivas, atividade desenvolvida etc.

2.8.2. Estrutura e forma de representação do conhecimento em um sistema especialista

Existem diversas formas de estruturar um sistema especialista. De maneira geral todos seguem uma estrutura básica, que pode ser dividida em pré-estrutura e estrutura final, sobre a qual será desenvolvida toda a programação.

Na fase de pré-estruturação, BARRETO (1999) indica que é necessário passar por algumas fases:

- identificar a fonte de conhecimento;
- obter o conhecimento por meio de especialistas.
- dividir o conhecimento em fatos sobre o problema a resolver e regras de como o especialista raciocina para resolver o problema.

Na fase pré-estrutural, citada como a mais importante, torna-se necessário que o maior volume possível de conhecimento sobre o assunto seja identificado e estruturado, a fim de que uma situação complexa possa ser simplificada em diversas fases e passos a serem seguidos pelo programador na etapa posterior. Deve-se lembrar que se uma boa solução não for identificada nesta fase, provavelmente o desempenho do sistema será prejudicado ou toda a programação deverá ser refeita.

Na fase seguinte, de estruturação final do sistema especialista, o conhecimento

estabelecido será a base para definição dos componentes de um sistema especialista.

Salvo casos específicos, estes componentes, segundo SRIRAM (1997), são formados essencialmente por:

- base de conhecimento: o conjunto de informações, fatos, regras e experiência dos especialistas é descrito de forma perene e integrado. Nesse sentido a expressão ‘base de conhecimento’ é utilizada para significar a coleção de conhecimentos do domínio, ou seja, as informações, em nível de especialista, necessárias para resolver problemas de um domínio específico;
- bloco de inferência: responsável pelo gerenciamento do programa, usa a base de conhecimentos e informações fornecidas pelo usuário para alterar a memória de trabalho e manipular o caminho no qual as regras são combinadas, da mesma maneira que o humano utiliza muitos tipos diferentes de procedimentos na elaboração da solução para a tomada de decisão;
- memória de trabalho: registro das informações obtidas pelo bloco de inferência, a partir das informações fornecidas pelo usuário e pela base de conhecimentos tácitos ou dinâmicos (escrito, manuais, normas);
- interface gráfica: responsável pela interação máquina/usuário, apresenta a resposta ao problema, aciona o motor de inferência, faz explanação, facilita a aquisição de conhecimento, registra informações na memória de trabalho e deve ser de fácil entendimento ao usuário;
- mecanismo de explanação: responsável por explicar o raciocínio utilizado pelo sistema especialista, ou seja, mostrar como foram usadas as regras e as informações fornecidas pelo usuário. Isso é motivado por casos em que o usuário não concorda plenamente com a sugestão do sistema especialista e quer ver qual o raciocínio seguido para se convencer.

Os sistemas especialistas lidam com conhecimento específico de seu domínio de aplicação, por meio de um programa de raciocínio relativamente simples, sendo necessário organizá-lo e representá-lo de forma simbólica, de uma maneira adequada para que a máquina de inferência consiga tratá-lo convenientemente.

Cada técnica de representação enfatiza certas informações sobre um problema, enquanto ignora outras informações. Escolher a representação correta para uma dada aplicação produz uma estrutura que proporcionará uma efetiva solução do problema.

São diversas as formas que as pessoas têm para resolver problemas e distintas as teorias que psicólogos desenvolveram para explicar as diferentes formas de

raciocínio. Assim como não existe uma teoria única para explicar como o conhecimento humano é estruturado, qual seu mapa cognitivo, não existe uma estrutura de representação de conhecimento ideal.

Para NIEVOLA (1995), com o conhecimento de determinada situação pode-se utilizar uma representação particular se for conveniente, devido às características particulares do problema ou, então, optar por qualquer uma das várias formas de representação do conhecimento padrão.

Segundo DURKIN & SRIRAM, citados por ARAÚJO (2000), os métodos mais comuns para representar conhecimento de forma simbólica são:

- *redes semânticas*: são uma tentativa de simular o modelo psicológico da memória humana, onde o conhecimento é representado por nós e arcos. Os nós são objetos, propriedades de objetos, conceitos, eventos, valores ou elementos físicos. Os arcos representam a relação ou a associação entre os nós;
- *lógica*: a lógica proposicional não é muito útil para técnicas de inteligência artificial porque restringe-se à descrição de proposições e não de objetos. A lógica dos predicados pode descrever expressões ou objetos, sendo utilizada pelos motores de inferências para realizar as deduções lógicas;
- *frames*: o conceito de um frame é definido como sendo um objeto que tem um nome e um conjunto de propriedades (*slots*) que assumem valores e restrições. Resumidamente, os objetos podem ter seus próprios atributos, podem herdar atributos de outros objetos e podem trocar informações com outros objetos.
- *regras de produção*: nas regras de produção, do tipo SE X, ENTÃO Y, pode-se ter como premissa (X) uma conjunção ou disjunção de proposições e como conclusão (Y) também uma conjunção ou disjunção de proposições. Como opção mais difundida para a construção de sistemas especialistas, as regras de produção são adequadas para representar conhecimentos heurísticos de projetos; são uma forma bastante intuitiva e semelhante à maneira como as pessoas resolvem problemas e foram utilizadas na presente pesquisa devido às características representativas necessárias e adequação ao tema tratado.

2.9. Ferramentas para Desenvolvimento de Arranjo Físico

Os computadores, como forma de aumentar a velocidade de realização de

tarefas repetitivas, de fazer associações simples e de tratar grandes quantidades de dados, têm-se tornado mais interativos pela melhoria de sua capacidade de processamento gráfico.

A necessidade de tratar uma grande quantidade de informações de várias áreas do conhecimento de uma forma específica implica na utilização de várias fontes de dados e formas de tratá-los. Isso foi certamente um dos atrativos para utilização de recursos computacionais na construção ou determinação de leiautes de instalações agro-industriais, dada a grande quantidade de dados e cálculos envolvidos na realização do arranjo físico.

Outro fator foi a necessidade de criar e manter uma grande quantidade de dados gráficos, necessários para a determinação de equipamentos, dimensionamento de áreas e também coletar e armazenar as necessidades dos usuários.

O foco principal das ferramentas de arranjo físico auxiliado por computador é a representação e a manipulação de informações mais usadas para a obtenção de uma solução factível. Para isso as informações se dividem basicamente em três tipos:

- informações numéricas ou quantitativas: por exemplo, o espaço necessário ocupado por uma atividade e a intensidade de fluxo entre as áreas;
- informações lógicas ou qualitativas: por exemplo, as preferências do projetista e dos usuários e as relações de proximidade;
- informações gráficas: por exemplo, o desenho de um arranjo existente, as propostas de alterações, detalhes construtivos, modelos tridimensionais etc.

Das informações a manipular, as gráficas são as que apresentam maiores dificuldades, pois, em geral, um método que é adequado para exibir informações gráficas não é adequado para manipular os dados e vice-versa.

LEE (1998), apresenta uma série de características que devem estar presentes nas ferramentas a serem usadas no planejamento do arranjo físico:

- capacidade de criação e modificação de desenhos e de elementos tridimensionais;
- criar e documentar os leiautes, normalmente através de sistemas CAD (*computer aided drafting and design*);
- possibilitar uso de camadas (*layers*);
- criar bibliotecas;
- possibilidade de atribuir características e agrupar elementos;
- gerenciar grandes quantidades de dados, tanto gráficos como textuais e numéricos;
- auxiliar na identificação de processos comuns;

- modelar com qualquer nível de detalhe os processos que se desdobram em um determinado leiaute;
- auxiliar a tomada de decisão por meio da análise de fatores que incidem sobre a problemática de elementos do leiaute;
- vincular arquivos externos;
- integrar bases de dados no próprio ambiente de desenvolvimento,
- interfaces mais amigáveis com o usuário;
- aumentar a criatividade dos projetistas por meio de questões e associações de idéias.

Existem várias técnicas e ferramentas computacionais para se desenvolver arranjos físicos. Essas ferramentas podem ser apenas listas de verificação ou métodos organizados. Atualmente, três tipos de ferramentas computacionais são usadas para o desenvolvimento de arranjos físicos:

- ferramentas de desenho auxiliado por computador (*CAD – computer aided design/drafting*): usadas para representar as plantas dos projetos e também para representação tridimensional para análise do projeto arquitetônico. Dada a sua difusão, hoje estão disponíveis vários *softwares* que adicionam funções específicas aos programas de CAD, alguns específicos para o projeto do arranjo físico;
- ferramentas de simulação de Sistemas de Eventos Discretos: aplicada para a análise dos processos produtivos e da programação da produção, principalmente do desempenho deles. Com esse tipo de ferramenta pode-se analisar os efeitos dos processos ou da programação da produção sobre um leiaute e vice-versa;
- ferramentas de simulação humana : *softwares* desenvolvidos para analisar o elemento humano em seu posto de trabalho, visando a tornar os projetos dos postos mais adaptados ao homem e a reduzir os problemas de interação homem-espaço de trabalho.

As formas básicas de representação simplificadas e utilizadas pelos algoritmos mais tradicionais são duas: modular e matricial, onde as áreas das edificações (normalmente retângulos) têm seu espaço representado por várias unidades de área (quadrados), formando um mosaico com esses quadrados.

Um arranjo inicial ao ser modulado tem suas dimensões primitivas transformadas em um número inteiro de módulos, cuja dimensão é definida pelo usuário.

Uma alternativa a essas formas de representação é a representação contínua, onde as dimensões das áreas não são divididas em módulos, ou seja, não são

discretizadas.

A principal crítica feita a estas formas de representação é que somente as áreas das instalações são contempladas, enquanto outras características qualitativas como a afinidade entre determinadas tarefas, conforto térmico, acústico, entre outras, são desconsideradas.

Portanto um método eficaz é aquele que utiliza o poder de cálculo dos computadores, combinado a uma interface gráfica, na qual o projetista mesmo não sendo programador, pode interferir no raciocínio e implementar características qualitativas no projeto.

Este foi o método selecionado para aplicação no sistema desenvolvido, no qual o projetista seleciona e altera os fatores modificadores por meio das opções registradas na interface gráfica, que funciona junto com o AutoCAD (Autodesk, 2006), utilizando de sua interface gráfica para a elaboração dos desenhos bi e tridimensionais, bem como para a plotagem dos mesmos.

2.10. Seleção e Locação das Instalações

A locação das instalações é extremamente importante para a qualidade da solução. Se por um lado a busca por alternativas possíveis melhora o resultado, por outro aumenta consideravelmente o tempo computacional necessário.

O processo de seleção de instalações a serem inseridas no arranjo final pode interferir no resultado e levar a uma solução que não seja a melhor.

Dentre as formas de seleção pode-se citar: seleções aleatórias e seleções baseadas em somas.

A seleção aleatória pode determinar que uma instalação com maior número de relações indesejáveis seja a escolhida, prejudicando o desenvolvimento do projeto, por não seguir uma lógica precisa.

As seleções baseadas em somas podem também levar a soluções questionáveis, quando um par de instalações for priorizada por possuir inúmeras relações pouco importantes, enquanto outro par possui uma relação absolutamente necessária, a qual comparativamente, é atribuído um valor menor em função das somas.

Do ponto de vista da importância da relação, deve-se preferir a instalação com maior necessidade de proximidade, enquanto do ponto de vista dos pesos (ao qual pode-

se atribuir valores arbitrários) deve-se optar pelo maior valor, independente do grau de proximidade necessário, o que pode levar a uma solução menos eficiente.

As soluções geradas também são passíveis de outras observações:

- a localização de instalações: possibilidade de ocorrer recebimento e expedição no centro do leiaute pois os programas não fazem distinção entre elas;
- limitação dos programas: alguns tratam apenas de uma pequena parte do processo de projeto de instalações;
- instalações fixas: nem todos os programas consideram a existência de instalações fixas ou de obstáculos.

Nesta pesquisa optou-se por uma seleção que conjugue valores qualitativos e quantitativos, na qual a relação de proximidade possui grande peso e os fatores modificadores são usados para refinar a escolha, melhorando a qualidade final.

Adicionalmente, foi desenvolvido um sistema de zoneamento, no qual as instalações que desenvolvem atividades afins têm prioridade na locação e o projetista participa diretamente no posicionamento destas, oferecendo a possibilidade de agregar valores qualitativos, como facilidade de acesso, infra-estrutura energética, recursos hídricos etc.

2.11. *Softwares* para Determinação do Arranjo Físico

Dada a dificuldade de obtenção de soluções ótimas, métodos heurísticos são propostos para a alocação de instalações. Em geral utilizam-se cartas “de-para”, cartas de relações de proximidade e diagramas de fluxos como parâmetros de entrada.

As heurísticas podem ser divididas em:

- procedimentos relacionais ou qualitativos: o critério primordial é a maximização da soma das relações de adjacência;
- procedimentos baseados em fluxos ou quantitativos: os critérios de ordenamento das instalações para alocação e otimização se baseiam na soma dos fluxos, na soma de distâncias percorridas, no total de viagens, nos custos e em outros parâmetros qualitativos.

Com o advento dos computadores pessoais foram desenvolvidos vários programas para a criação de arranjo físico de indústria, na sua maioria baseados na idéia de minimizar o custo de movimentação ou aumentar a adjacência entre instalações.

No Quadro 2 são apresentados exemplos de *softwares* utilizados na execução de arranjo físico de projetos a partir de 1995.

Segundo SPEDDING & SUN (1999), os *softwares* mostram que o exercício da simulação proporciona à empresa uma melhor visualização do processo, por meio de recursos gráficos, que contribui para melhorar a performance em problemas com muitas variáveis e sistemas complexos, além da economia de tempo e recursos.

Quadro 2: *Softwares* para elaboração de arranjos físicos.

Método	Autoria	Base	Objetivo
DA (1995)	WATSON et al.	Maximização da adjacência	Substitui o critério de seleção da unidade a ser alocada
HOPE (1998)	KOCHHAR et al.	Melhorar solução inicial criada aleatoriamente	Usada para produzir arranjos físicos de áreas
LayOPT & MULTIPLE (1994)	BOZER et al	MULTIPLE	alternativas de arranjo físico de plantas de vários pavimentos;
LAYOUTMA NAGER (1997)	L.R. FOULDS	Teoria dos grafos	Minimizar deslocamento
CRIMFLO (2001)	CRIMBO	AutoCAD (AUTODESK)	avaliar alternativas de arranjo
MATFLOW (1997)	MARKT et al.	<i>software</i> Witness	minimizar distância, volume, peso ou custo.
FACTORY (1998)	TORRES	AutoCAD (AUTODESK)	suporte às necessidades gráficas do sistema SLP (MUTHER, 1978)
SIGAL (1998)	MYINT & TABUCANON	regras e pesos (processo de decomposição)	baseia-se nas necessidades do consumidor e em projetos existentes. Componentes e atributos são combinados para formar novas alternativas.
(1997)	VESCOVI, LAMEGO & FARQUHAR	Simulação de processo de projeto para indústria de aço	simular o processo em diversas condições de operação e prever a violação dos limites aceitáveis de produtividade ou risco

Fonte: Elaborado pelo autor

Quadro 2: *Softwares* para elaboração de arranjos físicos (continuação).

<i>Pratt & Whitney</i> (1997)	MARRA	engenharia simultânea de rotores	reduzir tempo geração e análise de projeto de rotores para turbinas
ESTRARQ (1999)	NAVEIRO <i>et al.</i>	sistema para apoio a projeto arquitetônico	evita conflitos entre requisitos iniciais e a evolução do conceito e compartilhar as decisões de projeto e explicitar o raciocínio
PROMODEL (2000)	HARREL	módulos que escolhem quais objetos se deseja utilizar e onde serão colocados	define produto e material, operário, seqüência, quantidade, freqüência e a lógica da linha de montagem e manutenção

Fonte: Elaborado pelo autor

2.12. Desenvolvimento de Sistema Especialista

Antes de iniciar o desenvolvimento de um sistema especialista, deve-se realizar uma análise de viabilidade e da necessidade de desenvolvê-lo para resolver o problema.

Segundo SRIRAM (1997), devem-se observar os seguintes critérios:

- uma solução puramente algorítmica não está disponível;
- deve ter especialistas na área de conhecimento;
- os especialistas têm que ser melhores do que profissionais sem experiência;
- o uso de um SE deve resultar em ganhos significativos de produtividade, tempo de execução e qualidade da proposta;
- necessidade de perenizar o conhecimento tecnológico ou capital intelectual.

Usualmente, o processo de projeto atende e requer todos estes critérios. Por outro lado, o processo de desenvolvimento de um SE é mais do que simplesmente construir um *software*, porque envolve uma etapa importante que é a aquisição de conhecimento.

Segundo ARAÚJO (2000), este processo compreende as seguintes etapas:

- identificação e análise do problema: aspectos importantes do problema são caracterizados e os objetivos globais do projeto são definidos; isto compreende as características e a abrangência do projeto (requisitos funcionais) e a especificação dos

- recursos necessários, incluindo pessoas. São identificados os especialistas no domínio de trabalho, o engenheiro de conhecimento e responsável por adquirir e formatar o conhecimento dos especialistas;
- conceituação ou aquisição de conhecimento básico: os conceitos e atividades necessárias para solucionar o problema são extraídos utilizando-se fontes apropriadas, tais como especialistas, bases bibliográficas, projetos executados e outras para permitir o entendimento e a compreensão do domínio de trabalho na profundidade desejada. O conhecimento adquirido é de natureza geral e permite entender os conceitos chaves e os métodos de solução do problema utilizados pelo especialista;
 - formalização: os conceitos identificados anteriormente são mapeados e representados de maneira formal. Isto envolve a seleção do melhor método para representar o conhecimento do especialista, suas estratégias de solução do problema e as ferramentas apropriadas para construir o sistema. São definidas a organização e a estrutura geral do sistema e um *software*, programas de desenvolvimento (*shell*) ou linguagem de programação é escolhido para representar e manipular o conhecimento;
 - projeto do sistema: os conhecimentos adquiridos do especialista são codificados de acordo com o método escolhido. Um protótipo inicial é construído como meio para obter uma melhor compreensão sobre o problema, adicionando novas informações através de revisões com os especialistas, servindo também para focar as entrevistas subsequentes;
 - testes e refinamento: o protótipo é testado, sendo as deficiências de conhecimento e do mecanismo de inferência identificadas e incorporadas ao sistema;
 - documentação: etapa necessária para compilar todas as informações do projeto em um documento que deve conter informações relevantes para o usuário final e para o responsável pelo sistema especialista.

Existem duas formas para construção de sistemas especialistas, conforme relata ARAÚJO (2000):

- programas de desenvolvimento (*shells*): incorporam diversos métodos de suporte, incluindo o mecanismo de inferência, e por isso facilitam muito o trabalho de codificação das bases de conhecimento específicas. Existem diversas *shells*, tais como COSMOS, KEE, KAPPA, NEXPERT, OBJECT;
- linguagens de programação: podem ser procedurais, como FORTRAN ou PASCAL, ou para manipulação de símbolos, como LISP, PROLOG, C++, entre outras, cujo uso exige maior conhecimento de programação para construir um sistema.

Devido às características exigidas do sistema especialista, a equipe de desenvolvimento optou por trabalhar com a linguagem C++, utilizando *Rapid Application Development (RAD Borland C++ Builder – Versão 6)* e também *Microsoft VisualStudio.net 2003 , C++ 2002*.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Método de Pesquisa

Considerando os objetivos delineados, a metodologia aplicada visa verificar as relações existentes entre as instalações necessárias à implantação de um sistema intensivo de produção leite em confinamento total tipo baias livres, buscando a melhoria da qualidade no planejamento de leiautes agroindustriais, por meio do uso de inteligência artificial com a implementação de um sistema especialista para auxílio à elaboração de arranjos físicos esquemáticos.

Devido ao objeto de estudo, os requisitos da pesquisa e às fontes de dados, em vista da abrangência e do conteúdo das variáveis relacionadas com o tema e a necessidade de informações sobre as ações projetuais, optou-se pela abordagem qualitativa. Os procedimentos metodológicos da pesquisa compreenderam:

- revisão bibliográfica;
- pesquisa exploratória e preparação dos formulários e roteiros de observação;
- aplicação dos questionários aos especialistas;
- desenvolvimento do modelo a ser implementado no sistema especialista;
- modelagem do conhecimento por meio de planilhas de cálculo e implementação das janelas de comunicação do sistema com o usuário (interface gráfica);
- análise dos resultados;
- ajustes necessários;
- teste final do sistema;
- conclusões e proposição de novas pesquisas;
- elaboração da versão final da tese.

3.2. Desenvolvimento da Metodologia

Como método inicial de aquisição de conhecimento, foi realizado um levantamento bibliográfico referente a: sistemas de confinamento tipo baias livres ou “*freestall*”; metodologias para elaboração de arranjo físico industrial e agroindustrial e desenvolvimento de sistemas especialistas, área da inteligência artificial que utiliza programas computacionais que simulam o raciocínio humano.

A revisão bibliográfica foi responsável pela compreensão dos conceitos básicos trabalhados para o desenvolvimento de arranjos físicos para confinamento de gado para produção de leite.

Os principais tópicos investigados foram: o estágio de desenvolvimento e os pontos de fragilidade dos programas computacionais que afetam a melhoria da qualidade dos processos de geração de arranjos físicos destinados ao setor agroindustrial. Foram identificadas as linguagens e técnicas de programação, bem como os recursos oferecidos pelos sistemas em operação, que poderiam ser úteis na criação e implementação do sistema especialista proposto.

Os questionários, visando captar conhecimentos e metodologias de projeto para confinamento de gado de leite, foram aplicados a especialistas da área de Construções Rurais das Universidades Federais de Lavras e de Viçosa e da EMBRAPA Gado de Leite (Coronel Pacheco/MG).

Os questionários tiveram como principal objetivo identificar a forma como o especialista raciocina para desenvolver um arranjo físico e as instalações por eles consideradas essenciais para a exploração leiteira em confinamento. De forma complementar buscou-se criar familiaridade com o especialista para conhecer seus métodos de raciocínio, vocabulário, objetividade, clareza de comunicação, bem como compreender e coletar dados sobre a estrutura do conhecimento relativo ao método projetual.

No questionário, em forma de exercício metodológico de projeto, foram apresentadas questões estruturadas, previamente definidas e analisadas para serem relevantes à tarefa. Essa técnica força o especialista a ser sistemático e as respostas, posteriormente analisadas, proporcionam maior facilidade no entendimento do processo de projeto e dos pontos que possuem maior peso em suas decisões. O Anexo A contém o questionário

A avaliação seguindo a forma de ‘Avaliação Pré-Projeto’ (APP), foi realizada entre as etapas de Planejamento Estratégico e de Programação, como instrumento de diagnóstico e prospecção das necessidades funcionais, sendo utilizada como um recurso para o levantamento das necessidades pertinentes à elaboração de um projeto, dividindo-se em instruções qualitativas e quantitativas.

Qualitativamente, um programa deve permitir:

- determinar as instalações necessárias ao desenvolvimento de um projeto para confinamento de gado de leite e as relações de proximidade entre elas;
- criar setores produtivos, cada qual com o grupo de instalações que possuem atividades comuns ou afins;
- indicar a localização recomendada a cada grupo de instalações, tendo como base as atividades desenvolvidas e requisitos ambientais (térmico, acústico, sanitário e de ventilação);
- determinar a ordem preferencial de inserção das instalações no arranjo físico, baseada nos requisitos de relacionamento entre as instalações e nas características dos fluxos existentes entre os pares de instalações, servindo como instrumento para tomadas de decisão;
- avaliar as características dos fluxos entre as instalações que compõem o arranjo físico, por meio da interface gráfica do sistema, o que torna o programa mais interativo e amigável, bem como criar uma proposta mais personalizada, adequada ao objeto de estudo e que reflita as intenções subjetivas do projetista ou utilizar as definições automáticas do sistema que otimizam o processo de elaboração do projeto.

Vale ressaltar que a avaliação dos fluxos pode ser efetuada com extrema facilidade, não necessitando de nenhum conhecimento específico de programação, em função modelo de desenvolvimento na interface gráfica.

Quantitativamente, um programa deve permitir:

- analisar numericamente a importância dos fluxos existentes em um sistema de produção de leite;
- dimensionar a área necessária a cada instalação em função do número de animais em fase produtiva, ou seja, alojados no galpão de confinamento, recebendo alimentação, água, cama para descanso e sendo submetido ao manejo diário; e
- analisar numericamente a distância entre os pares de instalações relacionados que motivam a razão de proximidade para o grau de inter-relação absolutamente necessária (A), muito importante (E) e indesejável (X), alertando o projetista sobre a

não conformidade entre a distância máxima prevista para os dois primeiros casos e a distância mínima exigida no último caso, como será detalhado à frente.

Buscando uma aplicabilidade generalizada da metodologia para desenvolvimento de arranjo físico, optou-se neste trabalho pela combinação de algumas metodologias que mostram-se aplicáveis ao tipo de trabalho desenvolvido e que atendem de forma satisfatória a questões relevantes como: definição das instalações necessárias, proximidade, prioridade de inserção no projeto, dimensionamento, locação e setorização de grupos de instalações em função das atividades desenvolvidas e de questões ambientais.

Foram utilizados, o método *Systematic Layout Planning* (SLP), para a setorização de atividades, e o método MAG, que identifica a intensidade do fluxo, para definição da ordem de prioridade de inserção das instalações, como base para o desenvolvimento do arranjo físico.

Esse processo utiliza as relações qualitativas da matriz de relações preferenciais para estabelecer a posição relativa das instalações, construindo assim uma proposta geral de solução.

As entradas mínimas requeridas para um programa dessa natureza são:

- a matriz de inter-relações preferenciais, inserida na programação;
- o número de animais alojados, que deve ser indicado pelo usuário na janela inicial do programa;
- o preenchimento da janela de fluxos, de forma manual ou automática, relativa aos fatores modificadores;
- a lista das instalações necessárias para desenvolvimento de arranjos físicos para confinamento de gado para produção de leite, apresentada na interface gráfica do programa e que pode facilmente ser alterada pelo usuário.

A partir daí o próprio sistema calcula as áreas necessárias para cada instalação, as dimensões laterais, os pesos atribuídos às relações de proximidade, criam uma lista com a ordem de inserção das instalações e orienta a locação das instalações por meio de um sistema baseado em regras de geração na área de trabalho do programa AutoCAD (Autodesk, 2006).

Esquemáticamente, a arquitetura do sistema pode ser observada na Figura 1.

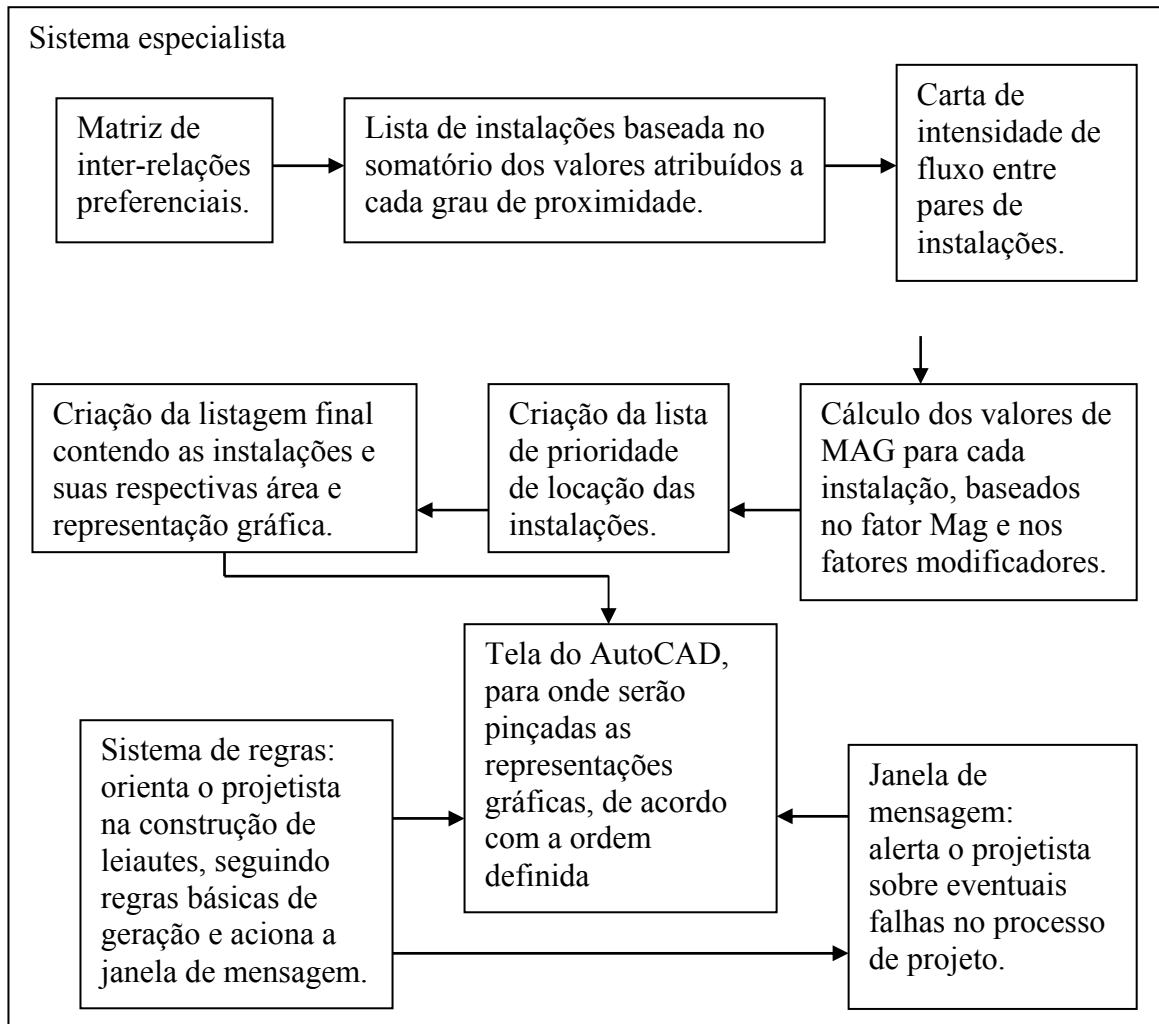


Figura 1: Representação do funcionamento do sistema especialista.

3.2.1 Desenvolvimento do modelo

Para a geração de arranjos físicos, o modelo desenvolvido baseou-se na análise das inter-relações entre as instalações, na quantificação da intensidade dos fluxos existentes entre as instalações, na análise qualitativa do grau de dificuldade relativo a cada fluxo, no dimensionamento parcial das instalações, na criação de setores motivados pelas atividades desenvolvidas em cada grupo de instalações e na recomendação para prioridade de inserção e locação das instalações.

O processo inicia-se com a atribuição de valores numéricos às relações de proximidade entre as instalações na carta de relações preferenciais (Figura 2), segundo as expectativas do projetista, com valores maiores sendo atribuídos às relações de maior

importância, conforme Quadro 3.

Quadro 3: Valor MAG atribuído a cada grau de inter-relação.

Inter-relação	Descrição	Valor MAG
A	Absolutamente necessário	7
E	Muito importante	5
I	Importante	3
O	Pouco importante	2
U	Desprezível	1
X	Indesejável	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na matriz de inter-relações preferenciais, é realizada a soma dos valores correspondentes à totalidade de relações de cada instalação; posteriormente ocorre a criação de uma lista de instalações com os respectivos valores obtidos. Essa fase do processamento acontece implicitamente, ou seja, o usuário não a acompanha visualmente.

Buscando ampliar a interatividade do projetista com o programa, para torná-lo mais amigável, o relacionamento entre as instalações pode seguir o modelo utilizado no sistema (automático), baseado na proposta apresentada por COELHO (2000), ou ser definido pelo próprio projetista utilizando a matriz de inter-relações preferenciais (altera a programação do sistema).

É importante lembrar que a matriz de inter-relações preferenciais é uma forma prática e eficiente de transformar as complexas inter-relações entre pares de instalações e decisões subjetivas dos projetistas (avaliação qualitativa) em relações numéricas explícitas (avaliação quantitativa).

Os valores relacionados a cada inter-relação tiveram como base a necessidade de valorização das inter-relações mais relevantes (A, E e I), bem como garantir que inter-relações pouco expressivas (O, U e X) representassem menor peso final, mas que não tivessem valores negativos, o que poderia resultar em prejuízo a algum fluxo que mereça atenção especial. Cabe ressaltar que todas as inter-relações, inclusive as menos importantes (O, U e X), devem ser consideradas no somatório total das inter-relações entre as instalações, portanto, influem e contribuem para o resultado final do processo.

A criação da listagem inicial com somatório das inter-relações entre instalações, são selecionadas as instalações que motivam a razão de proximidade para o grau de inter-relação absolutamente necessária (A) e muito importante (E).

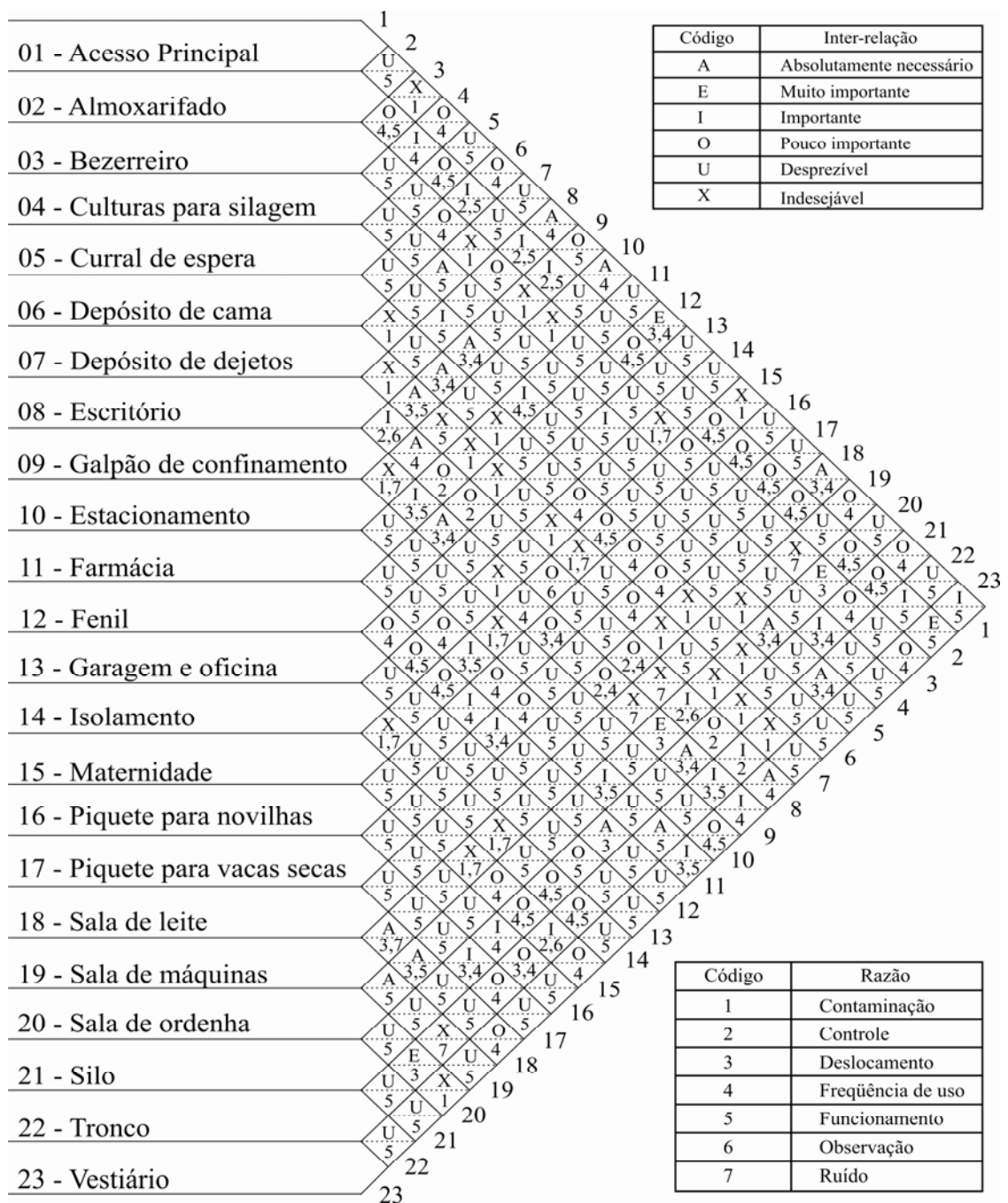


Figura 2: Matriz de inter-relações preferenciais.

A priorização dessas duas classes de inter-relação (A e E) deve-se à necessidade de atendimento à proximidade desejada e do controle do número de dados de entrada a serem gerados (18 combinações entre pares de instalações), uma quantidade viável computacionalmente, quando comparada as 253 possíveis, se forem utilizadas as inter-relações menos relevantes.

Este limite foi estabelecido devido ao volume de programação, ao poder de cálculo exigido e ao tempo de execução, o que tornaria moroso e em parte insignificante

a análise total e inviabilizaria a aplicação da metodologia por meio de computadores pessoais (PCs) de baixo custo e acessível à maioria dos profissionais da área de projetos.

De posse do somatório das inter-relações entre instalações, passa-se ao desenvolvimento do cálculo do diagrama de intensidade de fluxo (figura 21) entre pares de instalações (magnitude de fluxo MAG), cujo objetivo é representar os fluxos mais importantes que ocorrem entre pares de instalações e caracterizá-los por meio de um valor numérico que represente a sua influência no funcionamento do sistema.

Neste caso específico de aplicação do sistema de medida de magnitude de fluxo MAG, foram feitas adaptações, recomendadas pelo criador do processo (MUTHER, 1978), que melhor caracterize a realidade de uma unidade de produção de leite e represente com fidelidade os fluxos existentes entre as instalações, como a movimentação de pessoas, animais e equipamentos. Para tanto foram definidos o fator MAG e os fatores modificadores, conforme exposto a seguir.

Os fatores que afetam a transportabilidade ou manuseio de materiais em uma unidade de produção de leite são representados por:

A = Fator MAG;

B = volume;

C = peso;

D = ocorrências ou repetições temporais;

E = risco de danos ou acidentes;

F = condição de transporte

O método MAG consiste em identificar o valor correspondente ao fluxo a ser especificado e multiplicá-lo à soma dos fatores modificadores, como mostra a expressão (1), a seguir reproduzida:

$$(4+B+C+D+E+F) \times A / 4 \quad (1)$$

Onde: A = fator MAG

B, C, D, E, F = fatores modificadores (identificados anteriormente).

Resumidamente, a intensidade do fluxo é formada pelo fator MAG, representados pela soma das inter-relações entre pares de instalações que determinam o fluxo em questão e pelos fatores modificadores, que representam o grau de dificuldade para realização da tarefa. Estes fatores representam algumas características do material a ser movimentado, como volume, peso, número de ocorrências ou repetições, risco de

acidentes e condição de transporte, tudo isto aplicado numa expressão que irá gerar o valor final de cada fluxo.

O valor do fator MAG (A) relativo aos fluxos entre instalações foi obtido na matriz de inter-relações (Figura 2), por meio da soma das inter-relações entre pares de instalações, conforme o Quadro 3.

Como representação dos fatores modificadores que influenciam nos fluxos, optou-se pela caracterização dos seguintes fatores:

- volume: visando fornecer um melhor padrão de representação e facilitar o entendimento para os projetistas, optou-se por trabalhar com a representação do MAG correspondendo a um metro cúbico e suas frações. Essa aproximação procura facilitar a definição de valores para os diversos itens como: animal = 2 MAG, pessoa = 1 MAG, ferramentas (enxada, vassouras, baldes etc) = 0,5 MAG e assim por diante (ver Figura 3).
- peso: este fator tem como objetivo representar o acréscimo de dificuldade na movimentação pelo peso dos itens e na conseqüente necessidade de utilização de equipamentos para a execução da tarefa (ver Figura 4).
- ocorrências ou repetições: busca refletir o grau de dificuldade do fluxo devido ao número de repetições necessárias para realizar determinado deslocamento, de modo que um material que exija um grande número deslocamentos possa ter representada fielmente sua participação nas atividades desenvolvidas (ver Figura 5).
- riscos de acidentes: a movimentação de itens que podem sofrer danos ou causar acidentes, pode gerar queda na produção, afastamento de funcionários, descarte de animais e equipamentos, entre outros. Desta forma, torna-se necessário valorizar este fator, de modo que atividades de risco sejam privilegiadas e possam ter prioridade ou tratamento diferenciado daquelas mais simples (ver Figura 6).
- condições de transporte: este fator tem como principal objetivo dar uma visão global da atividade que será realizada, refletindo o nível de dificuldade a que estarão expostos animais e funcionários, levando em consideração a forma manual ou mecânica, por meio de equipamentos, para realização da mesma (ver Figura 7).

A forma de atribuição de valores dos fatores modificadores será uma janela interativa, que faz parte da interface gráfica do sistema, corroborando para aumentar a característica amigável do programa. Este cálculo é baseado nos valores estipulados no Quadro 3. O Quadro 4 resume a forma de avaliação dos fatores modificadores, indicando os valores e os intervalos atribuídos a cada opção.

Quadro 4: Fatores modificadores que influenciam o fluxo.

Classe	B	C	D	E	F
	Volume (m ³)	Peso (kgf)	Ocorrência ou repetições	Risco de acidentes	Condição de transporte
-3	$B < 0,5$	$C < 0,5$	Anual 2 ocorrências	Desprezível	Extremamente fácil
-2	$0,5 \leq B < 1$	$0,5 \leq C < 1$	Mensal 1 ocorrência	Extremament e baixo	Muito fácil
-1	$1 \leq B < 2$	$1 \leq C < 2$	Mensal 2 ocorrências	Muito Baixo	Fácil
0	$2 \leq B < 4$	$2 \leq C < 5$	Ocasional	Baixo	Mediana
+1	$4 \leq B < 5$	$5 \leq C < 10$	Diário 1 ocorrência	Médio	Difícil
+2	$5 \leq B < 6$	$10 \leq C < 50$	Diário 2 ocorrências	Alto	Muito difícil
+3	$B \geq 6$	$C \geq 50$	Diário 3 ocorrências	Muito alto	Extremamente difícil

Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio da janela de fluxos, o projetista irá avaliar os fatores modificadores e indicar a opção que melhor represente o processo de movimentação de materiais, pessoas e animais entre os pares de instalações, caracterizando então o fluxo existente e os seus conceitos para desenvolvimento do arranjo físico.

Volume em M³

- Menos que 1/2
- Mais que 1/2 e menos que 1
- Mais que 1 e menos que 2
- Mais que 2 e menos que 4
- Mais que 4 e menos que 5
- Mais que 5 e menos que 6
- Mais que 6

Figura 3: Janela de avaliação do volume em m³.

Peso em Kg

- Menos que 1/2
- Mais que 1/2 e menos que 1
- Mais que 1 e menos que 2
- Mais que 2 e menos que 10
- Mais que 10 e menos que 50
- Mais que 50 e menos que 100
- Mais que 100

Figura 4: Janela de avaliação do peso em kg.

Ocorrência ou Repetições

- Anual com 2 ocorrências
- Mensal com 1 ocorrência
- Mensal com 2 ocorrências
- Ocasional
- Diário com 1 ocorrência
- Diário com 2 ocorrências
- Diário com 3 ocorrências

Figura 5: Janela de avaliação de ocorrência ou repetições.

Risco de Acidentes

- Extremamente baixo
- Muito baixo
- Baixo
- Desprezível
- Médio
- Alto
- Muito alto

Figura 6: Janela de avaliação de riscos de acidentes.

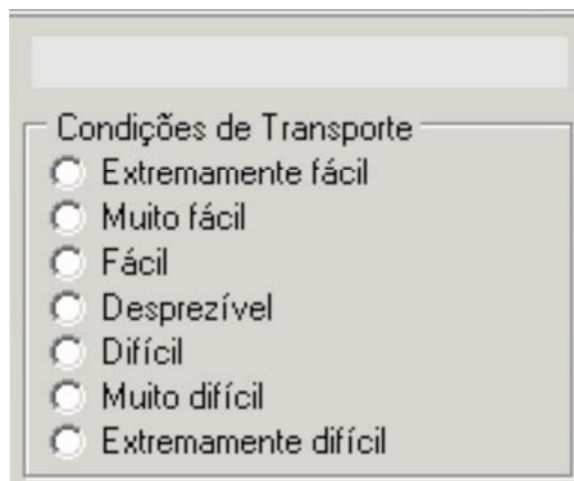


Figura 7: Janela de avaliação das condições de transporte.

A partir da representação dos fluxos, o sistema irá automaticamente, preencher a tabela MAG e definir a magnitude dos fluxos, a fim de priorizar os mais importantes e posteriormente definir a ordem hierárquica de inserção das instalações no projeto.

A análise da matriz de inter-relações permitiu selecionar os fluxos, que interligam pares de instalações prioritárias no estabelecimento do arranjo físico e aplicou-se o método MAG, obtendo uma representação numérica dos fluxos existentes e do grau de dificuldade relacionado a cada um.

3.2.2. Definição da prioridade de inserção das instalações

O próximo passo foi a elaboração de um diagrama esquemático contendo as instalações contempladas e a intensidade dos fluxos existentes. A partir daí soma-se o valor relativo a cada instalação e tem-se, então, a classificação final das instalações para priorização da inserção no projeto, representada por uma tabela decrescente dos valores obtidos.

A primeira instalação da lista será aquela que possuir a maior intensidade de fluxos, sendo então posicionada na área a ser desenvolvido o arranjo físico. A seguir, posiciona-se a instalação que possuir a segunda maior intensidade de fluxo, ou seja, a segunda classificada, e assim por diante, até que todas estejam devidamente alocadas.

Em caso de empate entre duas ou mais instalações, lança-se mão da carta de inter-relações, na qual priorizam-se as instalações com relação do tipo A (Absolutamente necessário). Se nenhuma for encontrada a mesma busca é refeita, desta vez por instalações que possuam relações do tipo E, até as relações do tipo O.

Este procedimento é executado repetidamente até que não haja mais instalações a alocar. A solução gerada é determinística, ou seja, para cada conjunto de entrada há apenas uma solução.

O projetista poderá gerar novas propostas alternativas, reposicionando as instalações e comparando os resultados, optando, então, por aquela que mais atender as necessidades detectadas.

Um sistema especialista deve permitir que o usuário participe da geração da proposta durante a etapa de formação da solução final para a busca de soluções adequadas a fatores geográficos, de infra-estrutura e de preferências pessoais.

A locação do acesso principal, por depender de fatores geográficos e apresentar características especiais relacionadas à área a ser ocupada, tem prioridade sobre as demais instalações.

As áreas de cultura para silagem podem ocupar qualquer setor, devido a flexibilidade de inter-relação, sazonalidade de produção, características do solo e da quantidade de área a ser ocupada, devendo ser a última área a ser definida.

Para a determinação do volume do feno e do silo, foi estabelecido um período médio de 180 dias, considerando o feno com densidade de 125kg/m^3 e consumo médio de 6kg/dia/animal e silagem com densidade de 550kg/m^3 e consumo médio de 25kg/dia/animal .

Para o depósito de dejetos foi admitido um período de 30 dias para bioestabilização do efluente; e após esse período todo o volume deve ser retirado e iniciada uma nova carga, conforme EMBRAPA (2005).

Definida a ordem de inserção das instalações no projeto, foi determinada a área total para cada instalação com base na tabela de previsão de áreas por animal adulto em fase de lactação em sistemas de confinamento tipo baias livres, segundo COELHO (2000).

3.2.3. Definição das distâncias entre instalações

Para definição das distâncias relativas entre instalações foi admitida uma relação entre a altura do ‘pé-direito coletivo’ e a área ocupada pelo setor que forma o maior bloco de instalações.

No programa desenvolvido nesta pesquisa, a altura do ‘pé-direito coletivo’ foi relacionado com a área ocupada pelo setor de extração, formado por galpão de

confinamento, curral de espera, sala de ordenha, sala de leite e sala de máquinas, constituindo uma área coberta (sombreada) de 9,52m²/animal, na qual os animais permanecem durante o período produtivo. Portanto, quanto maior o número de animais em fase produtiva (estabulado no galpão de confinamento), maior a área ocupada pelas instalações que formam o setor de produção e, conseqüentemente, maior o pé-direito exigido para manter a ventilação e iluminação interna em níveis favoráveis ao bom desempenho produtivo do plantel.

O sistema especialista desenvolvido foi programado para trabalhar na faixa de 60 a 1200 animais confinados, seguindo as recomendações de ARMSTRONG (1998). Em face disso, o ‘pé-direito coletivo’ de referência inicial, utilizado no programa, para o setor de extração foi estabelecido como mostrado na Figura 8.

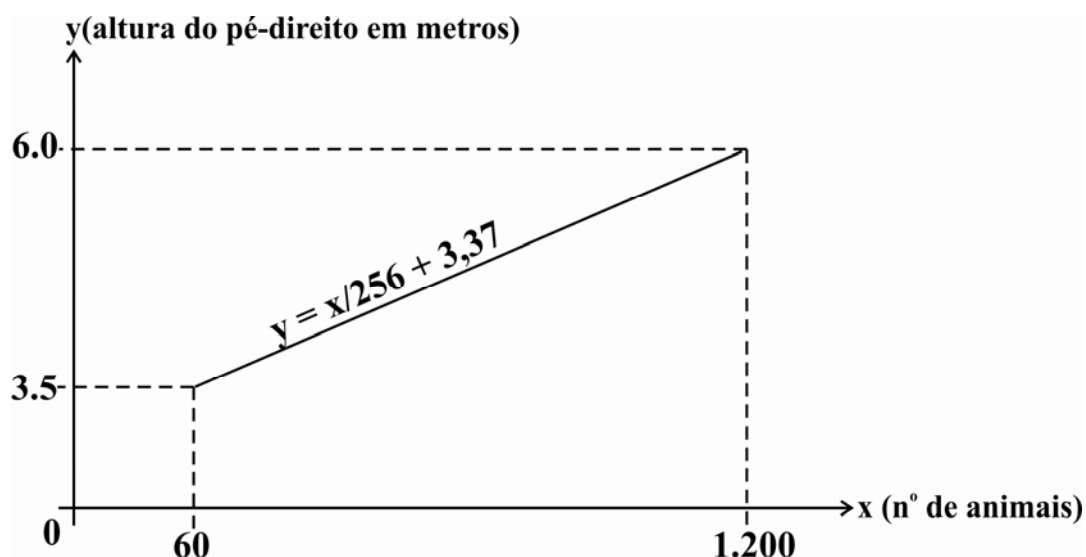


Figura 8: Relação entre pé-direito e número de animais confinados.
x = número de animais confinados;
y = altura do pé-direito em metros.

Definido o ‘pé-direito coletivo’ de referência inicial, as distâncias entre instalações seguiram os critérios constantes no Quadro 5.

Quadro 5: Distâncias entre as instalações, em função do grau de proximidade.

Tipo de inter-relação	Distância estabelecida
Absolutamente necessária (A)	distância máxima = 8 vezes o pé-direito
Muito Importante (E)	distância máxima = 10 vezes o pé-direito
Indesejável (X)	distância mínima = 3 vezes o pé-direito

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2.4. Definição das dimensões das instalações

O volume da edificação está diretamente ligado ao comportamento ambiental da instalação em relação ao entorno e às possibilidades do condicionamento térmico e ventilação natural. Portanto, a composição de uma instalação deve adequar-se às solicitações do meio exterior, de maneira a satisfazer da melhor forma possível, as exigências térmicas das pessoas, animais e equipamentos que a utilizam. Para isso as dimensões das instalações foram definidas segundo uma proporção relacionada às arestas de modo que a dimensão “b” poderá assumir de 60% a 100% da dimensão “a”.

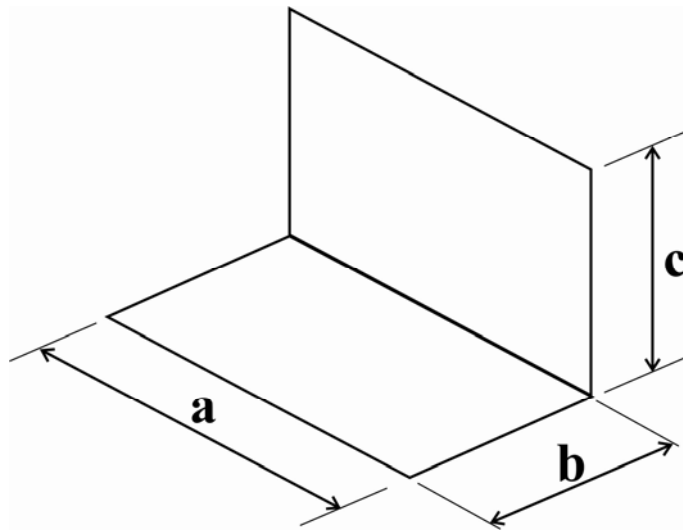


Figura 9: Relações entre dimensões das instalações.

a = lado maior (dimensão longitudinal da instalação);

b = lado menor (dimensão transversal da instalação);

c = pé-direito (altura livre do pavimento da instalação, medida do piso ao teto).

As relações foram definidas segundo as expressões:

Premissas de proporção:

$$\text{valor mínimo de "b": } b = (3/5).a \quad (2)$$

$$\text{valor máximo de "a": } a = (5/3).b \quad (3)$$

$$\text{valor máximo de "b": } b = a \quad (4)$$

$$\text{valor mínimo de "a": } a = b \quad (5)$$

$$\text{área} = a \times b \quad (6)$$

$$\text{Substituindo (3) em (6): } \text{área} = (5/3) \cdot b^2 \quad (7)$$

$$b = [(3/5) \cdot \text{área}]^{1/2} \quad (\text{mínimo de "b"})$$

$$\text{Substituindo (2) em (6): } \text{área} = (3/5) \cdot a^2 \quad (8)$$

$$a = [(5/3) \cdot \text{área}]^{1/2} \quad (\text{máximo de "a"})$$

$$\text{Substituindo (4) ou (5) em (6): } \text{área} = b^2 \quad (9)$$

$$a = b = (\text{área})^{1/2} \quad (\text{mínimo de "a" e máximo de "b"}) \quad (10)$$

Assim, definida a área, os valores de “a” e “b” podem ser definidos no seguintes intervalos:

$$[(5/3) \cdot \text{área}]^{1/2} \geq a > (\text{área})^{1/2} \quad (11)$$

$$[(3/5) \cdot \text{área}]^{1/2} \leq b \leq (\text{área})^{1/2} \quad (12)$$

Para o cálculo do ‘pé-direito individual’, quando as instalações são consideradas isoladamente, admitiu-se que a altura “c” está relacionada com a dimensão transversal da instalação, conforme a seguinte relação:

- se “b” for até 6,0 metros, “c” será igual a 3,0 metros;
- se “b” for maior que 6,0 metros até 9,0 metros, “c” será igual a 3,5 metros;
- se “b” for maior que 9,0 metros, “c” será igual a 4,5 metros.

Esta definição é especialmente importante para o dimensionamento do fenil, do silo e do depósito de dejetos, devido ao valor de referência ser em volume (m³); conforme apresentado no quadro de previsão de área por animal adulto em fase de lactação em sistemas de confinamento tipo baias livres (COELHO, 2000).

3.2.5. Definição da proposta de setorização

De posse da área das instalações, conforme a necessidade, parte-se então para a definição da proposta de setorização e as recomendações para locação das instalações.

As recomendações para locação das instalações foram desenvolvidas seguindo a Instrução Normativa nº51 de 18 de setembro de 2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (NR51-2002), orientações técnicas baseadas na organização setorial por atividades, na insolação e na ventilação, de modo a conseguir o máximo de desempenho, tirando partido dos recursos naturais, visando o conforto dos usuários e a sanidade dos animais.

- setor de extração: foi reservada a área leste, uma vez que o setor é responsável pelo abrigo, durante 24h/dia, dos animais em fase produtiva e contém as instalações pelas quais eles se deslocam e passam pelo processo de extração do leite, bem como o beneficiamento ou refrigeração inicial do produto; o setor recebe insolação no período

- da manhã, favorecendo o conforto térmico dos animais e funcionários;
- setor de armazenamento: foi reservada a área oeste, uma vez que o setor é composto por instalações mais robustas, menos exigentes ambientalmente e passíveis de intervenções arquitetônicas que lhes ofereçam o microclima ideal para que alcance o objetivo estipulado. Por ser um setor exposto a maior incidência de radiação solar à tarde, período mais quente do dia, as instalações mais recomendadas para compor esta área são aquelas em que temperaturas mais altas não prejudiquem o desempenho satisfatório de suas funções. Adicionalmente, busca-se que estas instalações, devido às formas e posicionamentos estrategicamente estudados, protejam as instalações do setor leste do aquecimento excessivo, bloqueando a radiação solar incidente no período da tarde, colaborando assim para um ambiente mais agradável aos animais, potencializando a produtividade;
 - setor de criação: foi reservada a área norte, uma vez que o setor é destinado a instalações que comportam os animais fora do período produtivo. Busca-se com a locação destas instalações na área norte, maior insolação nas áreas de permanência dos animais, principalmente nos bezerreiros móveis, nos quais os animais possuem certa restrição de deslocamento e portanto, necessitam que o ambiente possua baixa umidade, favorecendo a dissipação de vapores provocados pelos dejetos e resíduos de água e leite oferecidos no local. Esta definição apoia-se nos fatos de que o sol permanece ao norte durante mais de seis meses por ano e com baixa altura solar, não projetando sombra nas edificações adjacentes. As instalações são de porte menor, abertas ou semi-abertas e permeáveis à ventilação natural, busca-se então a indução da ventilação natural para o setor de extração, visto que os ventos são benéficos para a dispersão de gases e controle natural da temperatura, colaborando eficazmente para a sanidade e produtividade do rebanho;
 - setor de apoio: foi reservada a área sul para a localização das instalações de apoio, visando ao conforto térmico nas instalações, uma vez que a insolação incidente é reduzida, exceto em um pequeno período do verão e de fácil controle; permitindo a opção por grandes aberturas, que facilitam o contato visual com todo o sistema produtivo e conseqüentemente a observação do comportamento de animais, funcionários e do manejo de forma geral. Relativamente aos aspectos construtivos destas instalações, busca-se a redução do vento originário do sul, que em algumas regiões são intensos e no inverno pode ser prejudicial, causando a partir de determinada velocidade, incômodo aos animais levando à diminuição de ingestão de

alimento e alteração do processo produtivo.

3.2.6. Inserção das instalações

Após a definição do setor de locação das instalações, parte-se para a classificação final da ordem preferencial de inserção das instalações no arranjo físico. Para isso foi gerada uma lista com as instalações em ordem preferencial de inserção, as dimensões laterais e a setorização desejada, bem como a indicação do vento predominante, a qual foi denominada janela de programa.

A janela de programa é exibida na interface gráfica do sistema, para que o projetista possa, de forma extremamente simples, inserir outras instalações ou mesmo excluir as pré-estabelecidas, personalizando o sistema conforme sua intenção e requisitos do projeto, bem como aumentar a característica amigável do sistema.

Definida a locação dos setores, parte-se então para a inserção das instalações na área de trabalho (tela do AutoCAD), seguindo as recomendações contidas no sistema, por meio das regras de geração.

A inserção das instalações na área de trabalho ocorre por meio da janela de locação. Trata-se de uma lista de instalações que segue a ordem de inserção anteriormente definida, contendo o setor sugerido para a locação, sendo esta apresentada na interface gráfica do sistema, por meio da *TOOL PALETTES* sobre a área de projeto (tela do AutoCAD).

A partir do momento em que é selecionada uma instalação, na janela de locação, ao arrastar o cursor sobre a área de trabalho aparece a forma proposta da instalação selecionada, nas dimensões definidas, em função do número de animais a serem confinados, na cor correspondente ao setor na qual esta deverá ser inserida, sendo então alocada na área de projeto, seguindo as regras de geração.

É importante lembrar que só aparecem na janela de locação as principais instalações que compõem um sistema de confinamento, cuja seleção baseou-se na necessidade de inter-relações do tipo A (absolutamente necessário), E (muito importante) e X (indesejável). As demais instalações podem ser acrescentadas na janela de programa ou projetadas diretamente utilizando as ferramentas de desenho disponibilizadas pelo programa AutoCAD (Autodesk, 2006), baseando-se na recomendação proposta por COELHO (2000), contidas no quadro de previsão de áreas para sistemas intensivos de confinamento tipo baias livres.

A partir da locação da primeira instalação na área de trabalho, por meio do motor de inferência, as regras contidas no sistema começam a ser aplicadas, indicando a incoerência da proposta com alguma especificação projetual ou indicando o próximo passo que deverá ser executado.

Este procedimento repete-se até que todas as instalações estejam locadas de modo compatível com as premissas do sistema especialista, estabelecidas por meio das regras de geração.

As regras de geração têm como objetivo orientar o projetista na criação de arranjos físicos, seguindo regras básicas para que favoreçam o bom desempenho do sistema produtivo, bem como alertar o projetista para possíveis esquecimentos ou transgressões às regras, por meio da exibição de comentários na área de mensagem.

As regras tiveram como bases de desenvolvimento:

a) formação de subgrupos funcionais:

- apoio funcional e administrativo (acesso principal, estacionamento, escritório, vestiários e almoxarifado);
- área de produção (galpão de confinamento, curral de espera, sala de ordenha, sala de leite, sala de máquinas e depósito de cama);
- distribuição de alimentos (silos, fenil);
- controle sanitário (farmácia, tronco de imobilização e isolamento);
- recria (bezerreiros e maternidade);
- criação animais (piquetes de novilhas e vacas secas);
- controle de resíduos (depósito de dejetos);
- produção vegetal (culturas para silagem);
- mecanização (oficina e garagem).

b) setorização desejada;

c) grau de proximidade necessária entre as instalações a serem inseridas;

d) dimensões previstas para as instalações;

e) restrições de locação em função de:

- ventilação (uso de recursos naturais para conforto térmico e dispersão de odores e gases);
- requisitos sanitários (contaminação ambiental e animal);
- requisitos acústicos (geração de ruídos excessivos).

Para que as regras sejam atendidas, o sistema desenvolvido exige que seja mantida a coerência durante todo processo de projeto, ou seja, uma regra relativa à

determinada instalação será disparada sempre que alguma alteração na proposta venha a contrariar alguma regra aplicada anteriormente, independentemente do momento em que esta tenha sido inserida.

Vale lembrar que as regras podem ser obedecidas ou ignoradas, uma vez que algum fator externo ou requisito particular do projeto, não previsto no sistema possa impedir que determinada regra seja atendida, bem como gerar uma solução mais adequada e personalizada para o projeto em desenvolvimento.

3.3. Desenvolvimento do Sistema Especialista para Auxílio à Elaboração de Arranjos Físicos

Este procedimento visa sistematizar a aquisição e modelagem da base de conhecimento e organizar sua representação com a aplicação de ferramentas para desenvolvimento de arranjos físicos. Com isso, pretende-se acelerar o processo de decisão na fase de concepção, através da utilização de um sistema especialista de apoio à elaboração de arranjo físico para instalações utilizadas no confinamento de gado de leite, sistema produtivo é conhecido como confinamento tipo baias livres ou *free stall*.

O arranjo físico final estará documentado e organizado como um especialista humano o faria, porém eliminando as dificuldades que um projetista inexperiente teria para diagnosticar os requisitos de projeto e implementá-los de forma segura e completa.

O procedimento visa especificamente facilitar a atividade de desenvolver múltiplos conceitos na fase de concepção, sendo esta uma atividade complexa e composta de diversas tarefas, como:

- identificar os requisitos de projeto;
- criar conceitos de funcionamento do sistema produtivo;
- definir forma e dimensões;
- definir a ordem de inserção das instalações, priorizando as mais importantes;
- definir a localização adequada para cada instalação, segundo as atividades desenvolvidas e requisitos ambientais.

O procedimento proposto tem os objetivos específicos de:

- sistematizar a aquisição e modelagem de conhecimento;
- acelerar o processo de decisão na seleção concepção do projeto;
- auxiliar projetistas nas fases iniciais através da geração e compilação de alternativas

de projeto;

- garantir a perenização e a posse do conhecimento sobre o projeto, bem como o processo de elaboração;
- possibilitar a substituição da tomada de decisões projetuais puramente subjetivas por decisões com base científica;
- possibilitar a transformação e manipulação de dados quantitativos e principalmente qualitativos em informações pertinentes à elaboração de arranjos físicos;
- gerar um arquivo compatível com outros sistemas para o desenvolvimento total da proposta, como o projeto arquitetônico detalhado, cálculo estrutural, elétrico, hidráulico, de combate a incêndio, para equipamentos especiais, entre outros.

Ênfase especial foi dada à identificação dos passos e cuidados necessários para o levantamento de informações e desenvolvimento da base de conhecimento, elemento fundamental para o sucesso do sistema especialista desenvolvido.

Conforme demonstrado anteriormente, sistema especialista é uma ferramenta adequada para atender os objetivos propostos, já que:

- uma solução puramente algorítmica não é suficiente;
- o domínio da tarefa tem especialistas reconhecidos e eles são necessários para a execução da tarefa eficientemente;
- o uso de um sistema especialista para auxílio à elaboração de arranjo físico pode resultar em ganhos significativos, tanto para acelerar o projeto nas fases iniciais com aumento de qualidade, quanto para perenizar o capital intelectual.

A vantagem desta metodologia é a decomposição do problema mais complexo em subproblemas mais simples (mais detalhado).

Decomposição de conhecimento é uma metodologia cujo objetivo é simplificar o problema de arranjo físico a partir da especificação do problema, do conhecimento do projeto a ser trabalhado, de requisitos de projeto, de aplicações práticas de projeto e do conhecimento funcional.

O conhecimento do objeto de projeto descreve a estrutura do projeto, isto é, seus componentes, as relações entre eles e os requisitos de projeto adicionam novas exigências.

A cada aplicação prática, armazena-se um projeto e como ele foi resolvido, apresentando um conjunto detalhado de ferramentas para representar o conhecimento, discutir a seqüência de trabalho e a integração entre as fontes de conhecimento, gerando um arquivo de soluções cada vez mais completo.

3.4. Modelagem do Conhecimento

O propósito desta fase é modelar o relacionamento entre os atributos de projeto para cada requisito de engenharia e as possíveis restrições do processo produtivo nos atributos usando regras (algorítmicas ou heurísticas) definindo o processo de projeto.

Esta fase é a mais crítica da conceitualização, porque ela sintetiza o projeto e retém o conhecimento relacionado a ele, buscando alcançar consenso sobre o processo de elaboração de arranjos físicos.

O processo de projeto deve ser representado por fluxograma identificando a seqüência de tarefas de projeto e de resolução dos atributos, ou seja, quais atributos devem ser resolvidos primeiro para permitir a solução dos outros e verificar quais atributos devem ser dados de entrada para o projeto.

No presente trabalho, a elaboração do arranjo físico se faz de acordo com as seguintes etapas:

- etapa 1: definição das instalações necessárias para elaboração do arranjo físico de um sistema para confinamento de gado de leite;
- etapa 2: definição do grau de proximidade desejado entre os pares de instalações;
- etapa 3: contabilização do somatório das inter-relações de cada instalação, componente do fator “A” da equação MAG;
- etapa 4: definição dos fluxos existentes entre as instalações;
- etapa 5: definição da magnitude dos fluxos, por meio da aplicação da expressão correspondendo ao fator MAG e fatores modificadores, entre pares de instalações;
- etapa 6: elaboração do fluxograma inicial, para contabilização da importância relativa de cada instalação e a hierarquia de inserção no arranjo físico;
- etapa 7: contabilização do somatório das inter-relações de cada instalação e estabelecimento da hierarquia de inserção;
- etapa 8: estabelecimento da área necessária para cada instalação, em função do número desejado de animais em fase produtiva;
- etapa 9: definição da localização das instalações nos setores (norte, sul, leste e oeste) em função das atividades a serem desenvolvidas (criação, apoio, extração e armazenamento) e de fatores ambientais;
- etapa 10: elaboração de um conjunto de “regras de geração e regras de crítica”, que

- serão as responsáveis pela organização do conhecimento aplicado confecção do arranjo físico;
- etapa 11: elaboração do arranjo físico, na área de desenho do AutoCAD, utilizando a janela de locação, que contém a lista hierarquizada das instalações e as respectivas dimensões.
 - etapa 12: a partir da inserção da primeira instalação, o módulo de inferência aplica a seqüência de regras, relacionando as características desejadas do objeto ou instalação, às restrições impostas pelas regras de geração;
 - etapa 13: esta última rotina é aplicada repetidamente, até que não haja mais instalações a serem inseridas no projeto, ou seja, a proposta de arranjo físico estará completa e atendendo aos requisitos mínimos do sistema.

3.5. Modelagem do Sistema

A modelagem do sistema estrutura as fases definidas anteriormente, garantindo que a metodologia proposta seja desenvolvida na íntegra, respeitando os requisitos e realizando virtualmente os fatos da vida real, ou seja, na prática diária de desenvolvimento de arranjos físicos.

3.5.1. Projeto do sistema especialista

O objetivo desta fase é estruturar o sistema especialista de modo a ser utilizado pelos usuários. A lógica do processo de projeto deve ser respeitada e observada e a principal tarefa é estabelecer interfaces e codificar o sistema. As principais atividades são descritas a seguir:

- criar os objetos e seus atributos: entrar com os valores quando aplicável;
- programar as regras de geração identificadas na fase anterior;
- desenvolver as interfaces com o usuário a partir das necessidades: são as janelas de entrada de dados baseadas no processo de projeto e as janelas de saídas de resultados, cujo objetivo é facilitar o acesso do usuário;
- desenvolver funções: visa enviar mensagens aos objetos, para executar uma determinada ação a partir de alguma necessidade do usuário e interligar os diferentes módulos de forma automática em resposta a alguma entrada.

3.5.2. Teste do sistema especialista

Trata-se da etapa para testar cada módulo codificado foi testado. Verificando a robustez e eficácia dos resultados e fornecer informações para correção do sistema, documentando novas informações adicionadas ou alterando informações existentes.

Foi utilizada a abordagem da construção incremental e interativa: módulos mais simples são codificados e testados independentemente (se possível) e tornados mais complexos a cada iteração.

Em cada iteração o sistema foi testado e as informações e não-conformidades obtidas retroalimentaram as fases anteriores. O principal objetivo desta fase é garantir que a lógica do processo de projeto esteja sendo respeitada.

3.6. Documentação

Esta etapa teve o objetivo de documentar o trabalho executado, garantindo a perenização do conhecimento, a atualização e manutenção do sistema e permitir treinamento dos usuários, sendo composta por este documento e um CD.

3.7. Registro das Informações da Base de Conhecimento

O objetivo desta fase foi registrar as informações adquiridas durante de conceituação da base de conhecimento, ou seja, garantir que o material utilizado para construir o sistema especialista esteja documentado de forma clara para permitir futuras análises.

Nesta fase, todo o material gerado para construir o sistema especialista é arquivado para o acesso futuro, para alterações ou expansões.

A base de conhecimento é a compilação das matrizes, fluxogramas de processo, modelamento das relações e da programação desenvolvida em determinada linguagem.

Todas as informações estão registradas de forma digital, no CD que acompanha este documento.

3.8. Manual do sistema especialista

O objetivo desta fase foi elaborar documentação para ajudar o usuário na utilização do sistema, auxiliando-o no entendimento das interfaces e também na atualização do sistema (quando o usuário estiver habilitado para tal fim). O manual descreve como o usuário deve utilizar o sistema e qual o escopo e restrições. Incluindo a descrição de como entrar com os dados, e de como são as saídas de resultados.

A intenção foi proporcionar ao usuário um primeiro contato com a ferramenta e ser útil como guia de consulta rápida. Este manual encontra-se na seção de Apêndices.

3.9. Seleção das Ferramentas

A primeira atividade foi definir a ferramenta de desenvolvimento. Os critérios utilizados foram a disponibilidade do *software* no ambiente de trabalho, a eficiência como ferramenta de programação e a capacitação ao seu uso.

Raramente encontra-se um programa totalmente escrito em uma única linguagem, ou que não use bibliotecas de terceiros. Portanto, a integração fácil com outras linguagens e com outras bibliotecas é ponto-chave no desenvolvimento de *software*.

O AutoCAD é um programa consagrado no desenvolvimento de projetos nas diversas áreas da engenharia e arquitetura, sendo de grande utilidade o aumento de sua funcionalidade, ampliando os recursos existentes originalmente nesse *software*, para tanto ele foi selecionado como suporte da interface gráfica do sistema especialista.

A linguagem de programação C++ foi selecionada por ser uma das mais abrangentes linguagens de programação, relaciona-se bem com outras bibliotecas e outras linguagens utilizadas para a solução final do sistema, além de possuir recursos para suportar programação orientada a objeto.

O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem C++ abordada por meio das ferramentas de desenvolvimento *Borland C++ Builder 6* e *Microsoft Visual Studio.NET 2003*, esta última utilizando a biblioteca *ObjectARX*.

As interfaces iniciais foram desenvolvidas com a ferramenta da *Borland*, por ela ser do tipo *Rapid Application Development* (RAD), que se aplica a projetos que em geral envolvem o uso de prototipagem e ferramentas de desenvolvimento de alto nível.

Borland C++ Builder, refere-se ao trabalho com a linguagem C++ somado ao ambiente de desenvolvimento de projetos orientado a objetos da *Borland*. A grande vantagem deste ambiente é que ele gera seus aplicativos de forma visual com base em seus componentes e eventos pré-definidos, o que conseqüentemente facilita a construção de interfaces e faz com que não se perca tempo ou qualidade durante esta etapa do desenvolvimento de um sistema.

O *VisualStudio.NET* é uma ferramenta de desenvolvimento abrangente, para múltiplas linguagens, destinada ao desenvolvimento, integração e aplicações de ferramentas de desenvolvimento de sistemas, oferecendo um ambiente altamente produtivo e poderosas ferramentas de *design*, construção, testes, instalação e aplicações, permitindo também que as melhores práticas e orientações possam ser compartilhadas em um ambiente de trabalho em equipe. A decisão de utilizar este segundo ambiente de desenvolvimento foi tomada devido a exclusividade de compatibilidade entre o *Microsoft VisualStudio.NET* e o *ObjectARX* da *Autodesk*.

O *AutoCAD Runtime Extension (ObjectARX)* é uma das mais modernas e poderosa biblioteca para programação, principalmente por ser uma baseado na linguagem C++, para a criação de objetos dentro do AutoCAD que auxiliem no dimensionamento e desenho de arranjos físicos.

A utilização da linguagem C++ em conjunto com as bibliotecas de desenvolvimento *ObjectARX*, tornou possível a utilização dos objetos criados naquela linguagem diretamente no AutoCAD, permitindo que os cálculos científicos de dimensionamento de instalações sejam feitos no próprio ambiente de desenho ou em conjunto com programas auxiliares.

3.10. Interfaces Gráficas

O desenvolvimento da interface foi realizado em forma de janelas. As janelas são áreas na tela na qual texto ou imagens aparecem. As imagens são representações gráficas de dados ou ferramentas para alterar informações ou apresentar resultados.

A ferramenta *Microsoft Visual Studio.NET*, utilizada na confecção da interface gráfica dentro do ambiente do AutoCAD, mostrou-se capaz de fazer a ligação entre as partes do sistema e o usuário.

A interface do sistema especialista utiliza algumas destas imagens para executar as

funções básicas de: iniciar o sistema; permitir entrada de dados e apresentar resultados.

O sistema especialista é composto de janelas, a saber:

- entrada de dados: número desejado de animais em produção, para iniciar o projeto;
- janela de fluxos: o usuário especifica as características da proposta a ser desenvolvida ou opta pela programação automática, já inserida no sistema;
- janela de programa: o usuário acrescenta ou exclui as instalações que serão utilizadas no projeto, seleciona as áreas para locação e indica a direção do vento predominante no local onde o projeto será implantado.
- janela de locação: disponibiliza funções independentes para a intervenção do usuário, o qual pode inserir novas instalações e definir suas características ou utilizar o menu básico oferecido pelo sistema;
- área de trabalho: espaço onde é apresentado o arranjo físico proposto.

Finalmente, a partir do arranjo físico inicial desenvolvido com o auxílio do sistema especialista, o projetista passa então ao detalhamento do projeto realizando as especificações que julgar necessário e repassando aos outros projetistas os arquivos necessários para especificação dos demais componentes do projeto executivo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os objetivos da pesquisa, o sistema especialista para confinamento que foi desenvolvido apresenta uma interface gráfica, representada por uma série de janelas responsáveis pela comunicação entre o usuário e o programa.

Na primeira delas, a janela inicial (Figura 10), o usuário insere o número de animais em fase produtiva, ou seja, mantidos no galpão de confinamento. Este é o dado inicial do sistema, em função do qual irá ocorrer o dimensionamento de todas as instalações a serem implantadas no sistema produtivo.



Figura 10: Janela inicial.

A partir da definição do número de animais a serem confinados, o sistema inicia o processo de identificação das instalações que devem ter prioridade de inserção no arranjo físico.

Este processo tem com passo inicial a soma dos valores correspondentes à totalidade das inter-relações entre os pares de instalações, tendo por base a carta de relações preferenciais. Esta fase do processamento ocorre implicitamente e o usuário não a acompanha visualmente.

Posteriormente ocorre a criação de uma lista de instalações com os respectivos valores obtidos para cada instalação apresentada no Quadro 6, conforme estabelecido no

item 3.2.1.

Após a criação da listagem inicial com somatório das inter-relações entre instalações (Quadro 6), são selecionados os pares de instalações que motivam a razão de proximidade para o grau de inter-relação absolutamente necessária (A) e muito importante (E).

Quadro 6: Somatório das inter-relações de cada instalação.

Instalação	Soma das inter-relações
Acesso principal	49
Almoxarifado	45
Bezerreiro	26
Cultura para silagem	35
Curral de espera	44
Depósito de cama	32
Depósito de dejetos	23
Escritório	54
Estacionamento	31
Farmácia	40
Fenil	46
Galpão para confinamento	65
Garagem / oficina	26
Isolamento	22
Maternidade	29
Piquete novilhas	31
Piquete vacas secas	35
Sala de leite	42
Sala de máquinas	21
Sala de ordenha	55
Silo	48
Tronco	47
Vestiário	41

Fonte: Elaborado pelo autor

De posse dos pares de instalações selecionados, obtiveram-se os 18 fluxos que interligam as instalações prioritárias no estabelecimento do arranjo físico e aplicou-se o método MAG, conforme o Quadro 6, obtendo uma representação numérica dos fluxos existentes e do grau de dificuldade relacionado a cada um.

Essa quantificação da magnitude dos fluxos em função das características qualitativas dos fatores modificadores é realizada pelo projetista utilizando a janela de fluxos, disponível na interface gráfica do sistema especialista desenvolvido.

O projetista poderá avaliar os fatores modificadores e indicar a opção que

melhor represente o processo de movimentação de materiais, pessoas e animais entre os pares de instalações, caracterizando os fluxos existentes e os seus próprios conceitos para desenvolvimento do arranjo físico ou poderá utilizar o ‘módulo automático’.

O módulo automático foi desenvolvido para facilitar e agilizar o processo de concepção do arranjo físico. Nele o projetista utiliza as atribuições de valores dos fatores modificadores dos fluxos definidas nessa pesquisa, com base em levantamentos bibliográficos, estudos técnicos e considerando que o manejo seja realizado com os animais sendo ordenhados três vezes por dia e distribuição de alimentos duas vezes por dia. As avaliações adotadas no módulo automático da janela de fluxos pode ser observada no Quadro 7 e nas Figuras 11 a 20, onde são apresentadas os pares de instalações entre as quais o fluxo deve ser avaliado.

Quadro 7: Quantificação dos fluxos entre instalações pelo método MAG.

Instalações		A	B	C	D	E	F	Total
Acesso Principal	Escritório	103	-2	0	+3	0	-1	103
	Fenil	95	+3	+3	-2	+1	+1	570
	Sala de leite	91	+3	+3	+1	+3	+3	1183
Almoxarifado	Vestiário	86	-1	+2	+2	-1	-1	86
Curral de Espera	Sala de ordenha	99	+3	+3	+2	+2	+1	1.089
	Tronco	91	0	+3	+3	+3	+2	1.001
Escritório	Vestiário	95	-1	+2	+2	-1	-1	95
Farmácia	Tronco	87	-1	0	+3	+3	+2	609
Fenil	Silo	94	0	+3	+2	+1	+1	658
Galpão de confinamento	Curral de espera	109	+3	+3	+2	+3	+3	1.526
	Depósito de cama	97	-1	+1	+1	-1	+1	97
	Depósito de dejetos	88	+3	+3	+2	0	+1	880
	Fenil	111	+3	+3	+2	+1	+1	1.110
	Silo	113	+3	+3	+2	+1	+1	1.130
Sala de leite	Sala de ordenha	120	+3	+3	+2	+3	+3	1.680
	Sala de máquinas	70	+3	+3	+2	+1	+1	770
Sala de ordenha	Sala de máquinas	97	+3	+3	+2	+2	+1	1.067
	Sala de máquinas	83	+3	+3	+2	+1	+1	913

Fonte: Elaborado pelo autor

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Acesso Principal / Escritório

Volume em m³ <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input checked="" type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input type="radio"/> Igual ou superior a 6	Peso em kg <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input checked="" type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input type="radio"/> Igual ou superior a 100	Ocorrência ou Repetições <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input checked="" type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	Risco de Acidentes <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input checked="" type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	Condições de Transporte <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input checked="" type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	--	--	--	--

Acesso Principal / Fenil

Volume em m³ <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	Peso em kg <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	Ocorrência ou Repetições <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input checked="" type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	Risco de Acidentes <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	Condições de Transporte <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	--	--	--	--

Acesso Principal / Sala de Leite

Volume em m³ <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	Peso em kg <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	Ocorrência ou Repetições <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input checked="" type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	Risco de Acidentes <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input checked="" type="radio"/> Muito alto	Condições de Transporte <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input checked="" type="radio"/> Extremamente difícil
--	--	--	--	--

Figura 11: Avaliações adotadas no módulo automático - acesso principal.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almojarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Almojarifado / Vestiário

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input checked="" type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input checked="" type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Difícil</p> <p><input type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

OK
 Cancelar
 Automático...

Figura 12: Avaliações adotadas no módulo automático - almojarifado.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoxarifado | **Curral de Espera** | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Curral de Espera / Sala de Ordenha

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input checked="" type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

Curral de Espera / Tronco

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input checked="" type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input checked="" type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input checked="" type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Difícil <input checked="" type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

OK
 Cancelar
 Automático...

Figura 13: Avaliações adotadas no módulo automático - curral de espera.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoarifado | Curral de Espera | **Escritório** | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Escritório / Vestiário

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input checked="" type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input checked="" type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Difícil</p> <p><input type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

Figura 14: Avaliações adotadas no módulo automático - escritório.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoxarifado | Curral de Espera | Escritório | **Farmácia** | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

farmácia / Tronco

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input checked="" type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Difícil</p> <p><input checked="" type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

OK
 Cancelar
 Automatico...

Figura 15: Avaliações adotadas no módulo automático - farmácia.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almojarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | **Fenil** | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Fenil / Silo

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input checked="" type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input checked="" type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input checked="" type="radio"/> Difícil</p> <p><input type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

OK
 Cancelar
 Automático...

Figura 16: Avaliações adotadas no módulo automático - fenil.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Parte 1

Galpão de Confinamento / Curral de Espera

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input checked="" type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input checked="" type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

Parte 2

Galpão de Confinamento / Depósito de Cama

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input checked="" type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input checked="" type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input checked="" type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input checked="" type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

Galpão de Confinamento / Depósito de Dejetos

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input checked="" type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

OK Cancelar Automático...

Figura 17: Avaliações adotadas no módulo automático - galpão de confinamento parte 1.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Parte 1

Galpão de Confinamento / Fenil

Parte 2

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input checked="" type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input checked="" type="radio"/> Difícil</p> <p><input type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input checked="" type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input checked="" type="radio"/> Difícil</p> <p><input type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

<p>Volume em m³</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 4</p> <p><input type="radio"/> De 4 a menos que 5</p> <p><input type="radio"/> De 5 a menos que 6</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6</p>	<p>Peso em kg</p> <p><input type="radio"/> Menos que 0,5</p> <p><input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1</p> <p><input type="radio"/> De 1 a menos que 2</p> <p><input type="radio"/> De 2 a menos que 10</p> <p><input type="radio"/> De 10 a menos que 50</p> <p><input type="radio"/> De 50 a menos que 100</p> <p><input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100</p>	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <p><input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência</p> <p><input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Ocasional</p> <p><input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência</p> <p><input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências</p> <p><input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências</p>	<p>Risco de Acidentes</p> <p><input type="radio"/> Extremamente baixo</p> <p><input type="radio"/> Muito baixo</p> <p><input type="radio"/> Baixo</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Médio</p> <p><input type="radio"/> Alto</p> <p><input checked="" type="radio"/> Muito alto</p>	<p>Condições de Transporte</p> <p><input type="radio"/> Extremamente fácil</p> <p><input type="radio"/> Muito fácil</p> <p><input type="radio"/> Fácil</p> <p><input type="radio"/> Desprezível</p> <p><input type="radio"/> Difícil</p> <p><input type="radio"/> Muito difícil</p> <p><input checked="" type="radio"/> Extremamente difícil</p>
---	--	--	--	--

OK
 Cancelar
 Automático...

Figura 18: Avaliações adotadas no módulo automático - galpão de confinamento parte 2.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | **Sala de Leite** | Sala de Ordenha

Sala de Leite / Sala de Máquinas

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

Sala de Leite / Sala de Ordenha

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input type="radio"/> Médio <input checked="" type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

OK
 Cancelar
 Automático...

Figura 19: Avaliações adotadas no módulo automático - sala de leite.

Janela de Fluxos

Acesso Principal | Almoarifado | Curral de Espera | Escritório | Farmácia | Fenil | Galpão de Confinamento | Sala de Leite | Sala de Ordenha

Sala de Ordenha / Sala de Máquinas

<p>Volume em m³</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 4 <input type="radio"/> De 4 a menos que 5 <input type="radio"/> De 5 a menos que 6 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 6	<p>Peso em kg</p> <input type="radio"/> Menos que 0,5 <input type="radio"/> De 0,5 a menos que 1 <input type="radio"/> De 1 a menos que 2 <input type="radio"/> De 2 a menos que 10 <input type="radio"/> De 10 a menos que 50 <input type="radio"/> De 50 a menos que 100 <input checked="" type="radio"/> Igual ou superior a 100	<p>Ocorrência ou Repetições</p> <input type="radio"/> Anual com 2 ocorrências <input type="radio"/> Mensal com 1 ocorrência <input type="radio"/> Mensal com 2 ocorrências <input type="radio"/> Ocasional <input type="radio"/> Diário com 1 ocorrência <input checked="" type="radio"/> Diário com 2 ocorrências <input type="radio"/> Diário com 3 ocorrências	<p>Risco de Acidentes</p> <input type="radio"/> Extremamente baixo <input type="radio"/> Muito baixo <input type="radio"/> Baixo <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input type="radio"/> Muito alto	<p>Condições de Transporte</p> <input type="radio"/> Extremamente fácil <input type="radio"/> Muito fácil <input type="radio"/> Fácil <input type="radio"/> Desprezível <input checked="" type="radio"/> Difícil <input type="radio"/> Muito difícil <input type="radio"/> Extremamente difícil
--	---	---	---	---

OK
 Cancelar
 Automatico...

Figura 20: Avaliações adotadas no módulo automático - sala de ordenha.

De acordo com o sistema MAG de caracterização de fluxos, os de maior intensidade para o de menor intensidade são apresentados no Quadro 8:

Quadro 8: Classificação do fluxo entre pares de instalações.

INSTALAÇÕES		CLASSIFICAÇÃO
Galpão de Confinamento	Sala de Ordenha	1
	Curral de Espera	2
Acesso principal	Sala de leite	3
Galpão de Confinamento	Silo	4
	Fenil	5
Curral de espera	Sala de ordenha	6
Sala de leite	Sala de ordenha	7
Curral de espera	Tronco	8
Sala de ordenha	Sala de máquinas	9
Galpão de Confinamento	Depósito de dejetos	10
Sala de leite	Sala de máquinas	11
Fenil	Silo	12
Farmácia	Tronco	13
Acesso principal	Fenil	14
Acesso Principal	Escritório	15
Galpão de confinamento	Depósito de cama	16
Escritório	Vestiário	17
Almoxarifado	Vestiário	18

Fonte: elaborado pelo autor

Com a definição quantitativa dos fluxos entre pares de instalações, foi desenvolvido um diagrama esquemático (Figura 21) contendo as instalações contempladas e a intensidade dos fluxos existentes.

Com base no diagrama de fluxos (Figura 21), os valores relativos a cada instalação foram somados e obteve-se a classificação das instalações para prioridade de locação no projeto, representada por uma relação decrescente dos valores obtidos.

A classificação final é mostrada no Quadro 9, para priorização da inserção das instalações no projeto.

De posse da lista de instalações com a ordem de inserção das instalações na área de trabalho, foi calculada a área total de cada instalação em função do número de animais confinados em fase produtiva, tendo com base na tabela de previsão de áreas por animal adulto em fase de lactação em sistemas de confinamento tipo baias livres, elaborado por COELHO (2000).

Para exemplificar a técnica aplicada, adotou-se o número de 150 animais em produção, obtendo os resultados apresentados no Quadro 10.

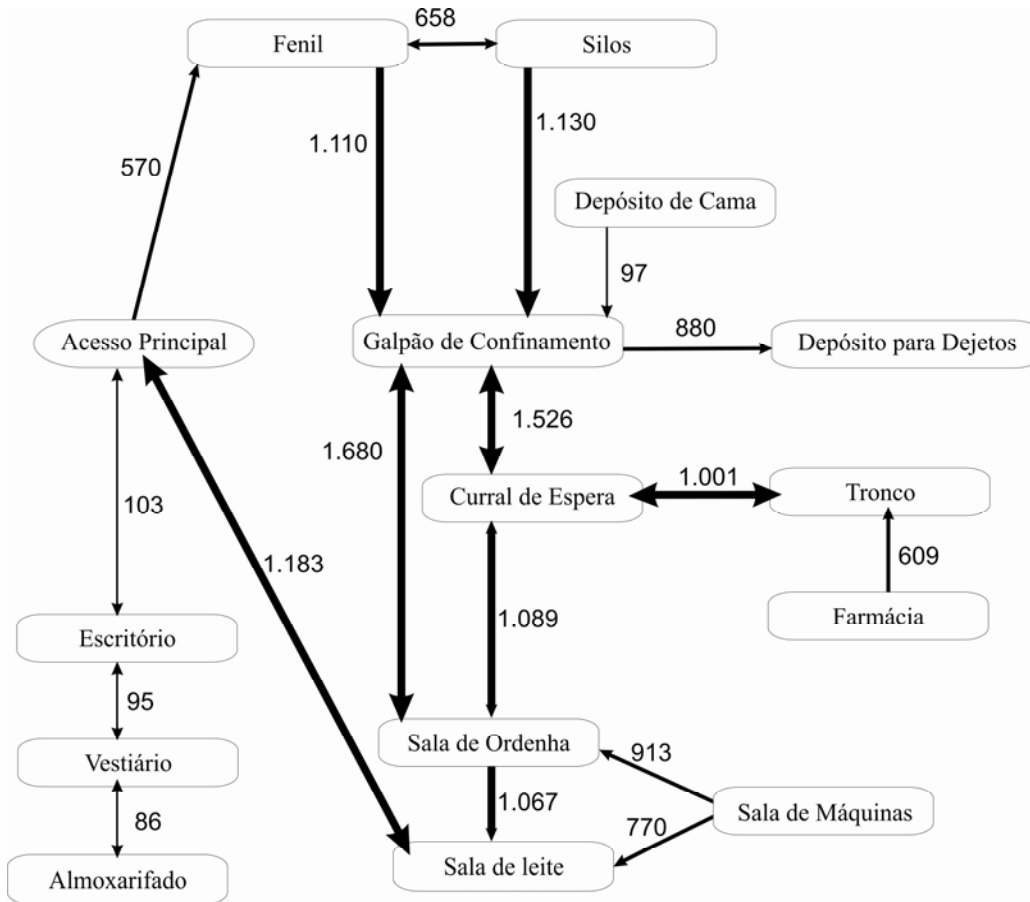


Figura 21: Diagrama esquemático de intensidade e dos fluxos

Intensidade de Fluxos:

Fluxo baixo - até 500 MAG	_____
Fluxo médio - de 500 a 1.000 MAG	=====
Fluxo alto - de 1.000 a 2.000 MAG	—————

O próximo passo definiu dos setores para a locação das instalações, conforme apresentado anteriormente, esta definição ocorreu em função das

atividades desenvolvidas e de questões ambientais, e pode ser observada no Quadro 11.

Na interface gráfica do sistema, o usuário tem acesso à janela de programa (Figura 22). Esta janela conforme comentado anteriormente, fornece ao usuário a possibilidade de adicionar ou excluir instalações da proposta de arranjo físico a ser criada, bem como alterar o setor de locação e indicar a direção predominante do vento, para local para onde será executado o projeto.

Após definir as instalações, é criada uma janela de locação (Figura 23), que é apresentada diretamente na área de trabalho, na qual estão contidas as instalações a serem inseridas na proposta de arranjo físico, conforme a ordem de inserção, o setor indicado para cada uma delas e o formato nas dimensões correspondentes.

Quadro 9: Ordem de inserção das instalações segundo o somatório da intensidade dos

fluxos.

ORDEM	INSTALAÇÃO	SOMATÓRIO
1	Galpão de Confinamento	6.423
2	Sala de ordenha	4.749
3	Curral de espera	3.616
4	Sala de leite	3.020
5	Fenil	2.338
6	Acesso principal	1.856
7	Silo	1.788
8	Sala de máquinas	1.683
9	Tronco	1.610
10	Depósito de dejetos	880
11	Farmácia	609
12	Escritório	198
13	Vestiário	181
14	Depósito de cama	97
15	Almoxarifado	86

Fonte: Elaborado pelo autor

Para facilitar o manuseio, para inserir as instalações, basta que o usuário selecione a instalação e arraste-a para a área de trabalho, com a ajuda do *mouse*.

Esta janela fica disponível para manipulação durante todo o processo de elaboração da proposta de arranjo físico, porém, caso o projetista queira aumentar a área de trabalho disponível, basta que a janela seja desativada, acionando-a novamente quando desejar, por meio do comando TOOL PALETES, do programa AutoCAD (Autodesk, 2006).

Na área de trabalho (Figura 24), é apresentada a janela de locação, que pode ser movida para qualquer área da tela, as linhas que delimitam os setores com as cores correspondentes as instalações e os comandos disponíveis no AutoCAD (Autodesk, 2006).

Após inserida, a instalação pode ter suas características alteradas, utilizando os comandos disponibilizados pela interface-gráfica do AutoCAD (Autodesk, 2006), como se fosse um objeto criado originalmente no próprio programa.

Torna-se importante lembrar que, observando-se normas de representação gráfica, o setor Norte encontra-se na parte superior da tela, servindo como referência aos demais setores e à indicação da direção predominante do vento.

Na área de mensagem, localizada na parte inferior da área de trabalho, ocorre a comunicação entre o sistema e o usuário, por meio das regras de crítica, (Figura 25).

Quadro 10: Área ou volume total da instalação, considerando um plantel de 150 animais em produção.

Ordem Inserção	Instalação	m ² animal alojado ¹	m ³ animal alojado ¹	Área total	
				m ²	m ³
1	Acesso principal	Variável			
2	Galpão para Confinamento	7,50	-	1.125,00	-
3	Sala de ordenha	0,35	-	52,50	-
4	Curral de espera	1,20	-	180,00	-
5	Fenil	-	0,045/dia	-	1.215,00
6	Silo	-	0,045/dia	-	1.215,00
7	Sala de leite	0,35	-	52,50	-
8	Sala de máquinas	0,12	-	18,00	-
9	Tronco	0,09	-	13,50	-
10	Depósito de cama	0,10	-	15,00	-
11	Escritório	0,50	-	75,00	-
12	Vestiário	0,14	-	21,00	-
13	Depósito dejetos	-	0,07/dia	-	315,00
14	Farmácia	0,16	-	24,00	-
15	Almoxarifado	0,45	-	67,50	-
16	Bezerreiro	0,41	-	61,50	-
17	Maternidade	1,38	-	207,00	-
18	Piquete vacas secas	10,00	-	1.500,00	-
19	Piquete novilhas	10,00	-	1.500,00	-
20	Isolamento	Variável			
21	Garagem / Oficina				
22	Estacionamento				
23	Cultura silagem				

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota: valores publicados por COELHO (2000).

Conforme exposto anteriormente, nesta janela as regras de geração não atendidas são expressas, indicando o motivo pelo qual está sendo questionado o procedimento do projetista, e à medida que os conflitos são solucionados estes comentários desaparecem automaticamente.

Quadro 11: Recomendação para locação de setores produtivos e instalações

Ordem de inserção	Orientação recomendada	Instalação
1	Leste – Setor de extração	Galpão de Confinamento
2		Sala de ordenha
3		Curral de espera
4		Sala de leite

5	Oeste – Setor de armazenamento	Fenil
6		Silo
7		Sala de máquinas
8		Depósito de cama
9		Almoxarifado
10		Isolamento
11		Garagem oficina
12	Norte – Setor de criação	Tronco
13		Depósito de dejetos
14		Bezerreiro
15		Maternidade
16		Piquete de vacas secas
17	Piquete de novilhas	
18	Sul – Setor de Apoio	Escritório
19		Vestiário
20		Farmácia
21		Estacionamento

O diagrama apresenta quatro círculos que se sobrepõem em um arranjo centralizado. No topo, um círculo cinza claro contém o texto 'NORTE Setor Criação'. À esquerda, um círculo cinza escuro contém 'OESTE Setor Armazenamento'. À direita, um círculo cinza claro contém 'LESTE Setor Extração'. Na base, um círculo branco com contorno cinza contém 'SUL Setor Apoio'. Os círculos se tocam mutuamente no centro, formando uma configuração de quatro pontos de contato.

Fonte: Elaborado pelo autor

As regras de geração e crítica, são adequadas para representar conhecimentos heurísticos de projetos, de uma forma semelhante à maneira como as pessoas resolvem problemas e foram utilizadas na presente pesquisa devido às características representativas necessárias e adequação ao tema a tratado, sendo apresentada Quadros 12 e 13.

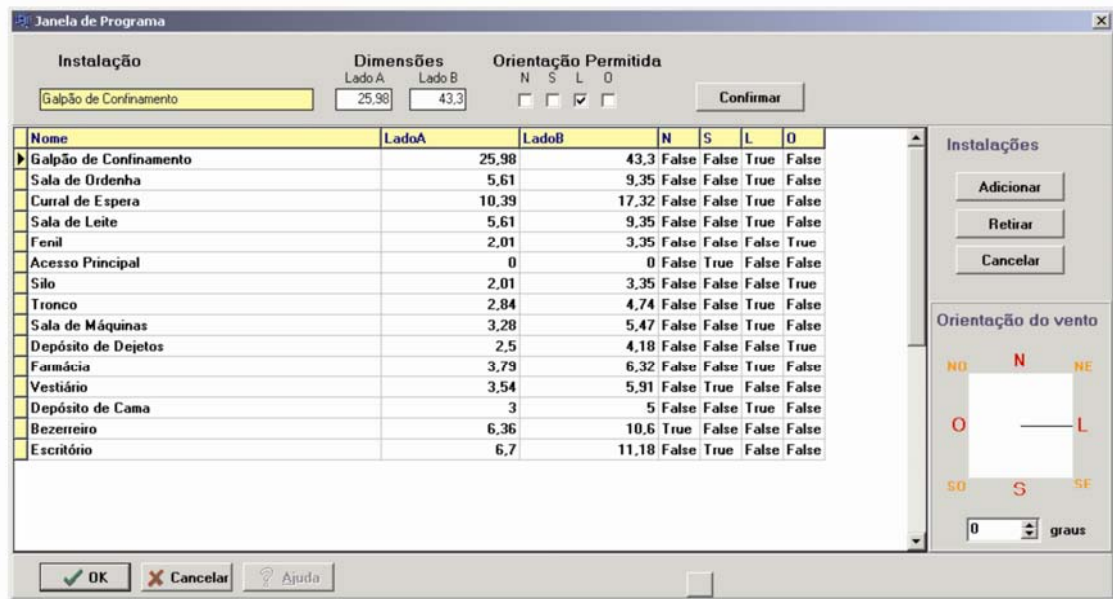


Figura 22: Exemplo de janela de programa utilizando o módulo automático.



Figura 23: Exemplo de janela de localização utilizando o módulo automático.

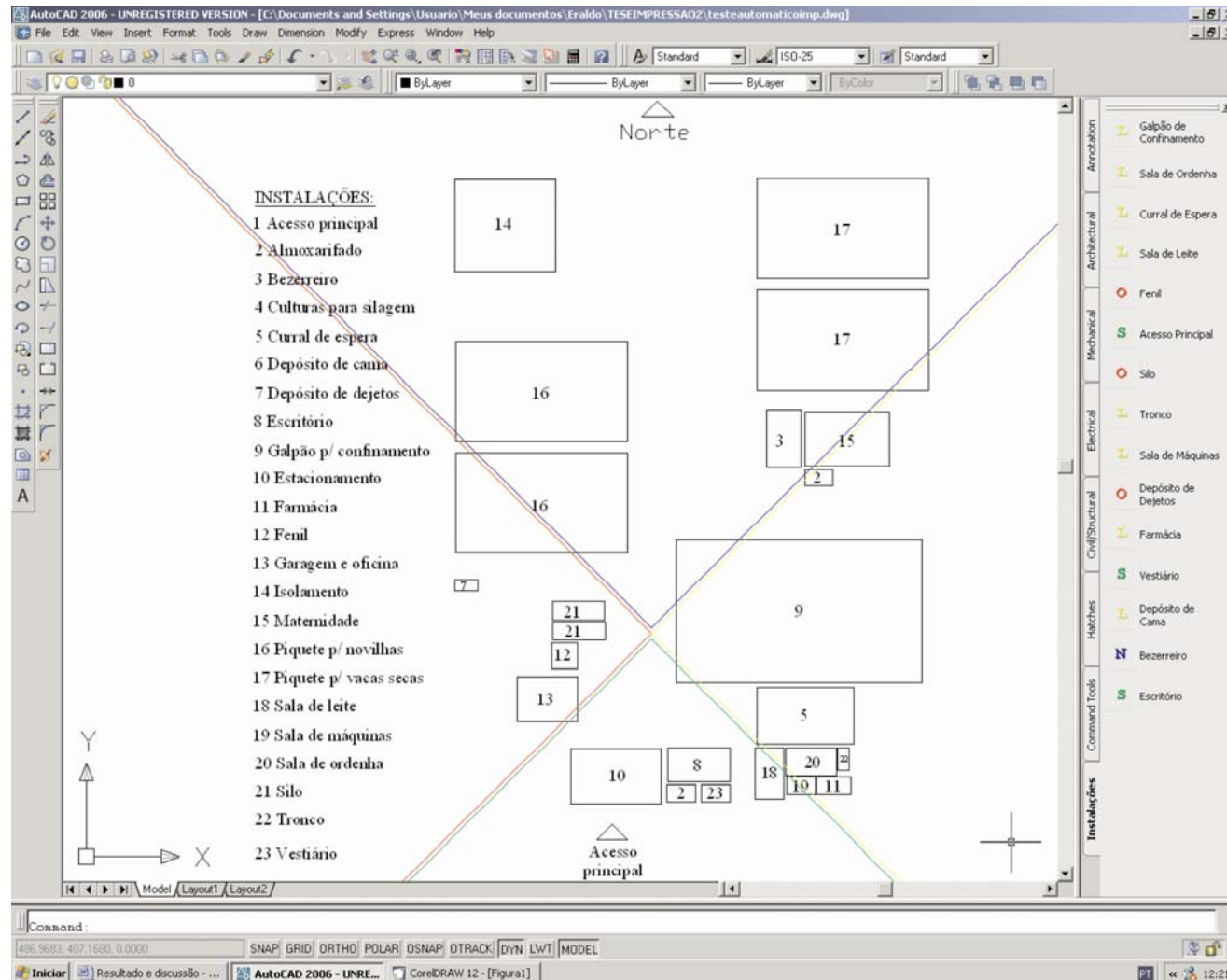


Figura 24: Área de trabalho do AutoCAD, com janela de locação e proposta de arranjo físico orientado pelo módulo automático.

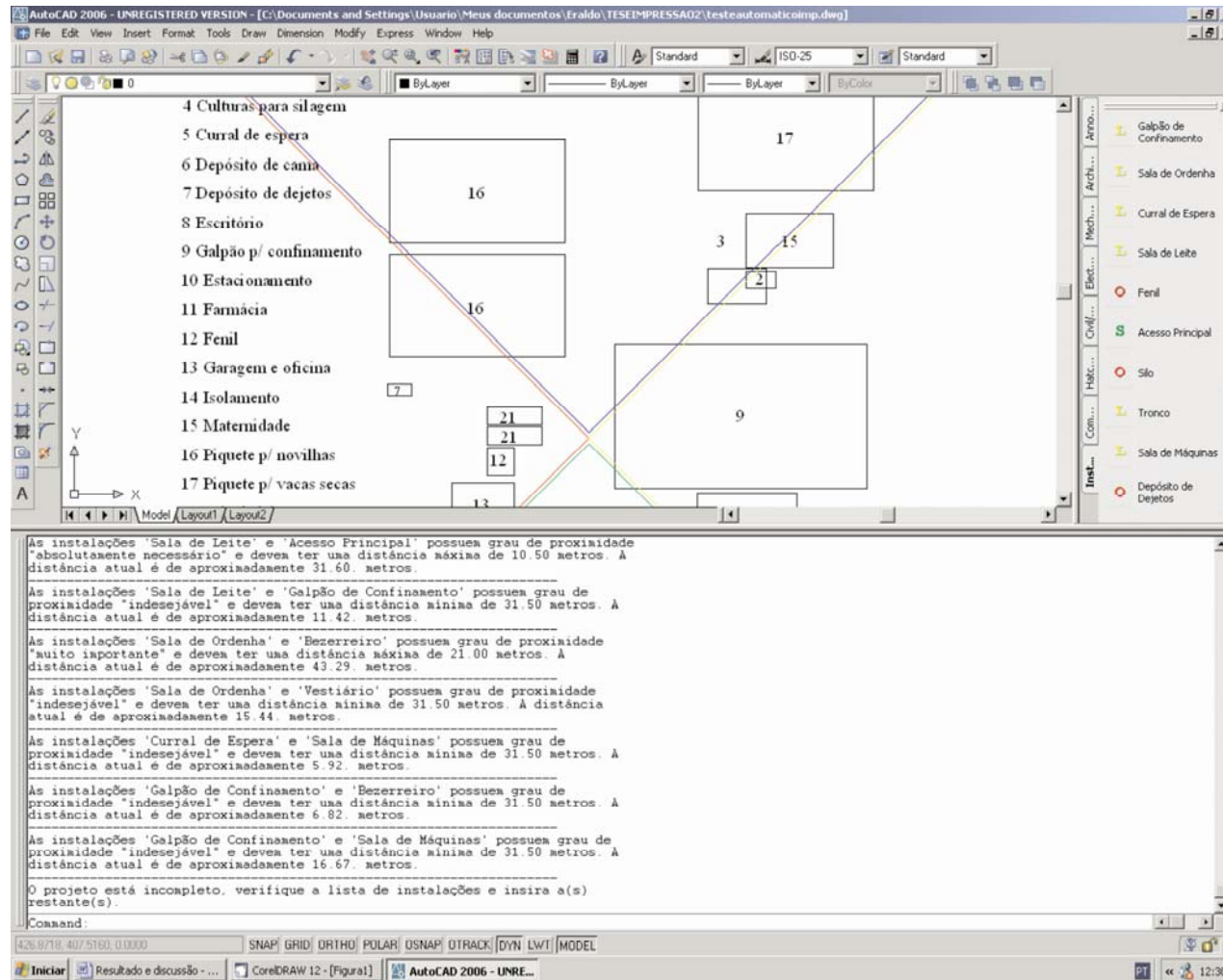


Figura 25: Área de mensagem com regras de críticas disparadas.

Quadro 12: Regras de geração implementadas.

REGRA-G01:	FUNÇÃO: INSERIR A PRIMEIRA INSTALAÇÃO
SE:	O projeto não possui instalações, e não há instalação inserida, e a próxima instalação deverá ter o maior valor de interação da lista.
ENTÃO:	O ambiente com maior valor de interação deverá ser inserido.
MENSAGEM:	Insira a primeira instalação.
REGRA-G02	FUNÇÃO: CONFERIR O SETOR DA INSTALAÇÃO
SE:	A instalação está inserida e a instalação foi inserida no setor definido.
ENTÃO:	Insira a próxima instalação, se não disparar a regra-c01.
MENSAGEM:	A instalação está posicionada no setor recomendado.
REGRA-G03	FUNÇÃO: CONFERIR A PROXIMIDADE
SE:	A instalação está inserida e a instalação possui grau de proximidade “absolutamente necessário” (A), e atende a proximidade desejada.
ENTÃO:	Insira a próxima instalação. Senão dispara a regra-c02
MENSAGEM:	A localização da instalação atende ao grau de proximidade “Absolutamente Necessário”.
REGRA-G04	FUNÇÃO: CONFERIR A PROXIMIDADE
SE:	A instalação está inserida e a instalação possui grau de proximidade “muito importante” (E), e atende a proximidade desejada.
ENTÃO:	Insira a próxima instalação, senão dispara a regra-c03.
MENSAGEM:	Mensagem: A localização da instalação atende ao grau de proximidade “Muito Importante”.
REGRA-G05	FUNÇÃO: CONFERIR A PROXIMIDADE
SE:	A instalação está inserida e a instalação possui grau de proximidade “indesejável” (X), e não está próxima a instalações com grau de proximidade “indesejável” (X).
ENTÃO:	Insira a próxima instalação. Senão dispara a regra-c04.
MENSAGEM:	A localização da instalação atende ao grau de proximidade “Indesejável”.
REGRA-G06	FUNÇÃO: GARANTIR A VENTILAÇÃO NATURAL
SE:	a instalação está inserida, e a direção do vento predominante foi definido, e o projeto já possui galpão de confinamento, e não há instalação bloqueando a incidência direta do vento predominante,
ENTÃO:	insira a próxima instalação, senão dispara a regra-c05.
MENSAGEM:	Não há instalação bloqueando a ventilação natural no galpão de confinamento.
REGRA-G07	FUNÇÃO: GARANTIR A DISPERSÃO DE GASES
SE:	A instalação está inserida, e a direção do vento predominante foi definido, e o depósito de dejetos está localizado a jusante das instalações, em relação ao vento predominante.
ENTÃO:	Insira a próxima instalação, senão dispara a regra-c06.
MENSAGEM:	A localização do depósito de dejetos está correta com relação à dispersão de gases.
REGRA-G08	FUNÇÃO: INSERIR A PRÓXIMA INSTALAÇÃO
SE:	A próxima instalação está indefinida, e o projeto já possui instalação base, e o maior valor de interação com o programa é uma lista.
ENTÃO:	Dentre esta lista, a instalação com maior valor de interação será a próxima a ser inserida.
MENSAGEM:	Todas as regras de geração foram atendidas satisfatoriamente, então insira a próxima instalação da lista.

Quadro 13: Regras de crítica implementadas.

REGRA-C01:	FUNÇÃO: ACUSAR FALHA NA LOCALIZAÇÃO RECOMENDADA
SE:	A instalação está inserida e a instalação não foi inserida no setor definido.
ENTÃO:	Avise ao projetista.
MENSAGEM:	A instalação não foi inserida no setor recomendado.
REGRA-C02:	FUNÇÃO: ACUSAR FALHA NA PROXIMIDADE RECOMENDADA
SE:	Dois ambientes com grau de proximidade “absolutamente necessário” (A) não são vizinhos.
ENTÃO:	Avise ao projetista.
MENSAGEM:	A distância entre as instalações deve ser no máximo 3,5 metros.
REGRA-C03:	FUNÇÃO: ACUSAR FALHA NA PROXIMIDADE RECOMENDADA
SE:	Dois ambientes com grau de proximidade “muito importante” (E) não são vizinhos.
ENTÃO:	Avise ao projetista.
MENSAGEM:	A distância entre as instalações deve ser de no máximo 7,0 metros.
REGRA-C04:	FUNÇÃO: ACUSAR FALHA NA PROXIMIDADE RECOMENDADA
SE:	Dois ambientes com grau de proximidade “indesejável” (X) são vizinhos.
ENTÃO:	Avise ao projetista.
MENSAGEM:	A distância entre as instalações deve ser de no mínimo 10,5 metros.
REGRA-C05:	FUNÇÃO: ACUSAR BLOQUEIO DA VENTILAÇÃO NATURAL
SE:	Há instalação bloqueando a ventilação natural do galpão de confinamento..
ENTÃO:	Avise ao projetista
MENSAGEM:	A instalação inserida está bloqueando a ventilação natural do galpão de confinamento. Tente uma nova localização.
REGRA-C06:	FUNÇÃO: ACUSA FALHA NA LOCALIZAÇÃO DO DEPÓSITO DE DEJETOS
SE:	O depósito de dejetos está localizado a montante de uma instalação, em relação ao vento predominante.
ENTÃO:	Avise ao projetista.
MENSAGEM:	O posicionamento do depósito de dejetos não é favorável à dispersão de gases. Tente uma nova localização.
REGRA-C07:	FUNÇÃO: ACUSAR PROJETO INCOMPLETO
SE:	Ainda falta(m) ambiente(s) a ser(em) inserido(s).
ENTÃO:	Avise ao projetista.
MENSAGEM:	O projeto está incompleto, verifique a lista de instalações e insira a(s) restante(s).

Analisando-se os resultados desta pesquisa, concluiu-se que o apoio de sistemas especialistas pode aprimorar e otimizar a fase de concepção de projeto.

Especificamente quanto ao sistema desenvolvido, sugere-se:

- complementar o sistema com a inserção de instalações que não foram contempladas neste protótipo inicial;
- aprofundar as pesquisas relativas a distâncias de referência entre instalações;
- aprimorar as regras de geração e de crítica, contemplando: acessos e aberturas (portas e janelas) com vistas ao condicionamento térmico e iluminação natural; sistemas de

- circulação, interno e externo (corredores e estradas); fatores topográficos e de infraestrutura viária, energética, abastecimento de água etc;
- realizar novas aplicações com usuários de diversos níveis de conhecimento, como alunos da graduação, de pós-graduação e especialistas na área, verificando o desempenho destes na elaboração de arranjos físicos, com e sem o uso do sistema especialista, a fim de testar a efetividade de sua utilização como ferramenta de projeto;
 - realizar uma análise pós-ocupação de arranjos físicos em sistemas produtivos de tamanhos diferentes, o que poderá resultar em ajustes no modelo sugerido a fim de testar a universalidade de sua aplicação;
 - expandir a metodologia para estruturar a implantação de equipamentos e sistemas automatizados, ou seja, incorporar os requisitos técnicos e limitações sugeridas pelas indústrias que produzem equipamentos utilizados na sala de ordenha, sala de leite, sala de máquinas, entre outros;
 - criar um sistema de atualização da base de dados, incorporando novos conhecimentos a cada proposta desenvolvida, de forma que itens sejam selecionados e arquivados para consultas posteriores ou sugestões de solução, conforme consulta do projetista, garantindo a consistência das regras, métodos e relações do sistema já implantado;
 - incorporar elementos de criatividade, para que o sistema especialista possa ter condições de inovar e não se limitar à configuração de novas propostas, fazendo derivações e sugestões automáticas de soluções;
 - desenvolver novas metodologias de elaboração de arranjos físicos que incorporem sistematicamente outros aspectos relevantes, principalmente a segurança e conforto no ambiente de trabalho, como forma de apoio à tomada de decisão.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O desenvolvimento de arranjos físicos pode ser tratado como um processo de identificação de variáveis e a de determinação de suas relações. Para aplicação computacional desta abordagem, é necessário representar toda a informação pertinente e utilizar processos formais de manipulação do conhecimento. E estas informações devem estar compatíveis com a realidade da produção de leite no Brasil, com os avanços tecnológicos da agroindústria e com as necessidades dos profissionais voltados à área de desenvolvimento de projetos, bem como, utilizar instrumentos modernos e metodologias de auxílio à tomada de decisões.

A presente pesquisa buscou identificar, coletar e organizar o conhecimento a fim de desenvolver um sistema computacional, visando o ensino e execução de arranjos físicos de instalações para produção de leite em confinamento tipo baias livres ou *free stall*.

Buscando métodos mais eficientes, visando aumentar a qualidade, flexibilizar e reduzir custos na produção de leite, reduzindo, em parte, decisões subjetivas no desenvolvimento de arranjos físicos, apresenta-se como alternativa para aprofundamento das pesquisas na área e conseqüente melhoria na qualidade dos sistemas produtivos, a utilização de técnicas de planejamento, computadores e programas capazes de extrair, compartilhar e armazenar informações.

A pesquisa desenvolvida direcionou-se, em primeiro lugar, a compreender de que forma os projetistas mais experientes utilizam esta ‘carga’ de conhecimento na aplicação da prática de projetos e quais os caminhos e relações desenvolvidas para agregar qualidade e eficiência produtiva às propostas de arranjo físico.

Essa fase foi desenvolvida por meio de questionários estruturados, os quais identificaram a forma geral de raciocínio do especialista, bem como metodologias para tratar qualitativamente as relações entre os componentes do arranjo físico. Os questionários permitiram desenvolver métodos para determinar a importância funcional e a ordem preferencial de inserção das instalações que compõem um arranjo físico para produção de leite em confinamento. Este conhecimento foi transcrito na forma de regras de geração e de crítica (linguagem computacional), técnica aplicada na área de inteligência artificial para desenvolvimento de sistemas especialistas.

O sistema especialista desenvolvido nesta pesquisa é composto por uma base de conhecimento na qual estão representadas as características espaciais das instalações e a modelagem de algumas ações que permitiram a elaboração de um arranjo físico capaz de fazer inferências sobre determinadas situações (semelhante ao raciocínio humano).

Para o desenvolvimento do sistema especialista de apoio à elaboração de arranjo físico para sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres, manteve-se como meta principal o caráter amigável do sistema, ou seja, a participação do projetista nas tomadas de decisões mais importantes, imprimindo a característica pessoal do usuário e as particularidades do local para onde será desenvolvido o arranjo físico.

O sistema especialista direcionou as ações do usuário, como um especialista o faria, gerando arranjos físicos virtuais, criando propostas por meio da interface gráfica do AutoCAD (Autodesk, 2006), permitindo a reinterpretação de conceitos e a elaboração de novas idéias mais criativas e funcionais.

Torna-se importante ressaltar que a intenção da pesquisa não foi criar um sistema especialista que desenvolvesse automaticamente todo o projeto, sem a menor participação do projetista. Estes sistemas foram testados nas décadas passadas e mostraram-se incompatíveis com o tratamento de requisitos qualitativos de arranjos físicos, demonstrando a necessidade de desenvolver sistemas mais abertos, interativos e personalizados.

Pode-se afirmar que o desenvolvimento do sistema e a elaboração de arranjos físicos preliminares permitiu:

- determinar as instalações necessárias ao desenvolvimento de um projeto para confinamento de gado de leite e as relações de proximidade entre elas;

- criar setores produtivos, cada qual com o grupo de instalações que possuem atividades comuns ou afins;
- indicar a localização recomendada a cada grupo de instalações, tendo como base as atividades desenvolvidas e requisitos ambientais (térmico, acústico, sanitário e de ventilação);
- determinar a ordem preferencial de inserção das instalações no arranjo físico, baseada nos requisitos de relacionamento entre as instalações e nas características dos fluxos existentes entre os pares de instalações;
- avaliar as características dos fluxos entre as instalações que compõe o arranjo físico, por meio da interface gráfica do sistema;
- criar uma proposta mais personalizada, adequada ao objeto de estudo e que reflita as intenções subjetivas do projetista ou utilizar as definições automáticas do sistema que otimizam o processo de elaboração do projeto;
- analisar numericamente a importância dos fluxos existentes em um sistema de produção de leite;
- dimensionar a área necessária à cada instalação em função do número de animais em fase produtiva e analisar numericamente a distância para locação entre pares de instalações.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEL, M. *Sistemas de conhecimento*. In: Pós-Graduação em ciências da Computação. Disponível em: www.marabel.inf.ufrgs.br. 2004.

ANUALPEC - *Anuário da Pecuária Brasileira*. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 10ªed, p.400. 2004

ARAÚJO, R. H. *Decomposição de conhecimento para projeto de produto: abordagem para estruturar sistema especialista como sistema auxiliar de informações em projetos de engenharia simultânea*. Florianópolis, SC: UFSC, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Especialidade em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

ARMSTRONG, D. V. *Sistema de produção em confinamento: Planejamento de instalações e sala de ordenha*. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL,10, 1998; Piracicaba. Anais... Piracicaba, 1998

BAÊTA, F. C. *Instalações para gado leiteiro na região do merco sul*. In: Congresso Brasileiro de Biometeorologia, 2, 1998, Goiânia. Anais... Goiânia, 1998.

BARRETO, J. *Inteligência artificial no liminar do século XXI, abordagem híbrida simbólica e evolutiva*. 2ª ed. Florianópolis: 1999.

BARRETO, J. M.; *Inteligência artificial no liminar do século XXI, abordagem híbrida simbólica e evolutiva*. 3ª ed. Florianópolis: 2001.

BRASIL, L. M., AZEVEDO, F. M., BARRETO, J. M. *Uma arquitetura híbrida para sistemas especialistas*. In: III Congresso Brasileiro de Redes Neurais, Florianópolis, SC: Duplic. L.Caloba & J.M. Barreto (editores), p.167-172, 2001.

BROWN, D.C. & CHANDRASEKARAN, B. *Design Problem Solving: Knowledge Structures and Control Strategies*. Pitman. London. 1989.

BUSH, S.A. & ROBOTHAM, A.J. *Improving Conceptual Design Quality by Use of QFD & DFMA Processes*. International Conference on Engineering Design (ICED), Vol. 1 pp. 361-364. Munich, August, 1999.

COELHO, E. *metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres*. Viçosa, MG: UFV, 2000. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

CHEN, C. & OCCEÑA, L.G. *Knowledge Decomposition for a Product Design Blackboard Expert System*. Artificial Intelligence in Engineering, 14, pp. 71–82, 2000.

DIAS, R. S. *Afecções de casco: é melhor prevenir do que remediar*. In: Revista Imagem Rural: Leite, v. 4, n. 42, p. 9 -14, 1997.

EMBRAPA. Disponível em www.embrapa.br . Acessado em 2005.

GOEL, A K. *Design, Analogy and Creativity*. IEEE Expert, pp.62-70, May-June 1997.

HARDOIM, P. C. *Efeito da temperatura de operação e da agitação mecânica na eficiência da biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos*. Jaboticabal, SP: UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, 1999. 88p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1999.

HENRY, E. *Quality management in French architectural firms and its singularities*. In: IMPLEMENTATION OF CONSTRUCTUION QUALITY AND RELATED SYSTEMS, 2000, Lisbon. A Global Update: proceedings. Lisbon: CIB TG 036, 2000. p. 371-384.

KUSIAK, A. & LARSON, N. *Decomposition and Representation Methods in Mechanical Design*. Journal of Mechanical Design - Transactions of the ASME, Vol 117B, pp. 17-24, June 1995.

LALONI. L. A., NÄÄS. A. IRENILZA, MACARI. M., PEREIRA. D. F., PINHEIRO. M. G. *Índice de previsão de produção de leite para vacas jersey*. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.2, p.246-254, maio/ago. 2004.

LEE, Q. *Points to consider in Selecting Facilities Planning Softwares*. IIE Solutions, jan. 1998. pp. 42-43.

MAHER, M. L. & GARZA, A.G.S. *Case-Based Reasoning in Design*. IEEE Expert, pp. 34-41, March-April, 1997.

MILKPOINT. *Top 100*. Disponível em www.milkpoint.com.br. Acessado em 2005.

MORAES, S. R. P. *Conforto térmico e módulos reduzidos de galpões avícolas para diferentes coberturas durante o verão*. Viçosa: UFV, 1998. 73p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiênia) - Universidade Federal de Viçosa. 1998.

MUTHER, R. *Planejamento do layout: Sistema SLP*. São Paulo, Edgar Blücher. 1978.

NIEVOLA, J. C.; *Sistema inteligente para auxílio ao ensino em traumatologia crânioencefálica*. Florianópolis, SC: UFSC. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal de santa Catarina, 1995.

NR51-2002. Disponível em: www.agricultura.gov.br.

OLIVEIRA, C. R. V. *Sistema inteligente de apoio à decisão aplicado a área de poluição ambiental causada por dejetos de suínos*. Florianópolis, SC: UFSC, 2001. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001

OLIVÉRIO, J.L. *Projeto de Fábrica: Produtos, Processos e Instalações Industriais*. São Paulo: Instituto Brasileiro do Livro Científico Ltda, 1985.

- PAHL, G. & BEITZ, W. *Engineering Design: A Systematic Approach*. Springer Verlag, 1988.
- REVISTA VEJA. *Agronegócios: Retratos de Um Brasil que dá Lucros*. Edição Especial nº 30. Ano 37. São Paulo: Editora Abril. 2004.
- RUBEZ, J. *As grandes conquistas do leite do Brasil*. Disponível em <http://www.leitebrasil.org.br/artigos/jrubez>. Acessado em 2004.
- SABIN, D. & WEIGEL, R. *Product Configuration Frameworks – a Survey*. IEEE Intelligent Systems, pp 42-49, Vol.13, N.4: July/ August, 1998
- SILVA Jr. A. G. *Sistema de suporte a decisão integrado a sistemas especialistas: uma aplicação para o gerenciamento de fazendas produtoras de leite*. Viçosa, MG: UFV, 1993. 94p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- SILVA, J. C. *Aprendizagem mediada por computador: uma proposta para desenho técnico mecânico*. Florianópolis, SC: UFSC, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SILVA. I. J.O., PANDORFI, H., ACARARO JR. I., PIEDADE. S. M. S., BRÁS. D. J. M..R. *Efeitos da climatização do curral de espera na produção de leite de vacas holandesas*. Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.5. Viçosa set./out. 2002
- SLACK, N; CHAMBERS, S; HARLAND, C; HARRISON, A; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1997.
- SIPPER, D.; BULFIN, JR.; R.L. *Production: Planning, Control and Integration*. Singapore: Mac-Graw Hill International Editions, 1997.
- SIPPER R. L. & BULFIN JR. *Planeacion y control de la produccion*. Editorial Mcgraw Hill. 1998.
- SPEEDING TA; SUN G. Q. *Application of discrete event simulation to the activity Based Costing (ABC) of manufacturing systems*. International Journal of Production Economics, 1999.
- SRIRAM ,R. D. *Intelligent Systems for Engineering: a Knowledge-Based Approach*. Springer-Verlag London Limited. Great Britain. 1997
- TORRES, I. *Integração de Ferramentas Computacionais Aplicadas ao Projeto e Desenvolvimento de Arranjo Físico de Instalações Industriais*. São Carlos, SP: Universidade Federal de São Carlos, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de São Carlos, 2001.
- TOMPKINS, J. A. & WHITE J. A. *Facilities Planning*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- VILLAR, A. M. *A inserção das técnicas de prevenção a incêndios na metodologia de elaboração de arranjos físicos industriais*. Florianópolis, SC: UFSC, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

7. APÊNDICE A

AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO PROJETUAL

Com a finalidade de elaborar um sistema especialista para auxílio no desenvolvimento de projetos, os exercícios a serem desenvolvidos visam a identificação e organização de termos e conceitos, bem como seus relacionamentos, tais como a classificação das instalações, hierarquia e outras descrições utilizadas as quais irão compor um banco de dados para extração de informações relativas as linhas de raciocínio seguidas pelos projetistas.

A técnica consiste em, de posse das instalações necessárias para o desenvolvimento de um projeto para confinamento de gado de leite, agrupá-las sucessivamente seguindo critérios de combinação.

Para que ocorra uma padronização das informações a serem coletadas, são sugeridas as nomeclaturas das instalações e atividades a serem desenvolvidas.

Contudo fica a critério do projetista alterá-las ou propor novas instalações que julgue necessário para a composição do projeto; para isso, ao final de cada quadro apresentado há espaços reservados para especificações complementares.

Todos os exercícios propostos são precedidos de um “exemplo hipotético” que não reflete a realidade e, portanto, não deve ser seguido como balizador de solução proposta, apenas como modelo de preenchimento.

Quadro 1: Instalações propostas (acrescente outras se julgar necessário)

Código	Instalações	Código	Instalações
01	ACESSO PRINCIPAL	16	PIQUETE P/ NOVILHAS
02	ALMOXARIFADO	17	PIQUETE P/ VACAS SECAS
03	BEZERREIRO	18	SALA DE LEITE
04	CULTURA DE SILAGEM	19	SALA DE MÁQUINAS
05	CURRAL DE ESPERA	20	SALA DE ORDENHA
06	DEPÓSITO DE CAMA	21	SILO
07	DEPÓSITO DE DEJETOS	22	TRONCO
08	ESCRITÓRIO	23	VESTIÁRIO
09	ESTACIONAMENTO	24	
10	FARMÁCIA	25	
11	FENIL	26	
12	GALPÃO P/ CONFINAMENTO	27	
13	GARAGEM / OFICINA	28	
14	ISOLAMENTO	29	
15	MATERNIDADE	30	

Com base na listagem, solicita-se agrupar as instalações conforme os critérios: área estimada, atividade desenvolvida, fluxos, análise de subgrupos, hierarquia, proximidade e inter-relações.

1) ÁREA ESTIMADA

Este critério visa discriminar as instalações conforme a expectativa de espaço a ser utilizado. Esse agrupamento baseia-se em um dimensionamento aproximado (comparativo entre instalações), não refletindo o tamanho exato de cada instalação.

Trata-se de uma visão geral, ou macrozoneamento, que proporcionará um primeiro contato com o projeto a ser desenvolvido, dividindo-o em três grupos iniciais, conforme o Exemplo 1:

Exemplo 1: Estudo comparativo de área ocupada entre instalações.

Dimensão esperada	Código das Instalações
Pequeno porte	02, 07, 08, 09, 21, 22 ...
Médio porte	03, 05, 13, 14, ...
Grande porte	01, 04, 11, 15, ...

Com base no exemplificado, liste o código das instalações de acordo com o porte e o seu grau de conhecimento e familiaridade com projetos

Proposta:

Dimensão esperada	Código das Instalações
Pequeno porte	
Médio porte	
Grande porte	

2) ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Este critério visa a uma padronização de algumas atividades e grupos de atividades afins, de modo que blocos (subgrupos) de instalações possam ser formados. Contudo novas atividades podem ser inseridas, bem como descartadas conforme a estrutura de raciocínio do projetista.

Especificar as instalações em função da atividade a ser desenvolvida, conforme o Exemplo 2.

Exemplo 2: Estudo de atividades desenvolvidas nas instalações.

Atividades	Códigos das instalações
Coleta / produção / aquisição	02, 04, ...
Deslocamento / transporte	01, ...
Inspeção / contagem / tratamento	09, 13, ...
Espera do lote / criação	03, 05, 15, ...
Estoque / armazenamento / distribuição	06, 07, ...
Serviços de apoio	12, ...
Área administrativa	08, ...
e outras (identificar)	

Com base no exemplificado, liste os grupos de instalações de acordo com a ocorrência das atividades.

Proposta:

Fluxo de materiais:

--	--	--	--

Fluxo de pessoas:

--	--	--	--

Fluxo de animais:

--	--	--	--

Fluxo de equipamentos:

--	--	--	--

Fluxo de _____:

--	--	--	--

4) ANÁLISE DE SUBGRUPOS

Este critério tem como objetivo identificar os subgrupos que compõem o projeto arquitetônico de uma unidade de produção de leite, ou seja, aquelas unidades, que por apresentarem atividades afins ou certa independência de funcionamento das demais, podem ser abordadas como núcleos menores (subgrupos) que irão compor a proposta.

Para avaliação deste critério, devem-se identificar as instalações principais, posicionando-as no centro do círculo, e as instalações de apoio (complementares) no entorno obedecendo o sentido horário para a ordem de inserção no projeto como no Exemplo 4:

Exemplo 4: Análise de subgrupos

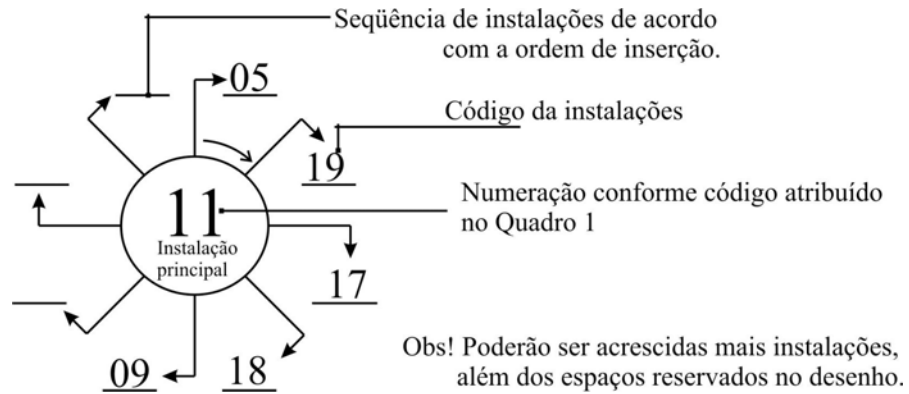
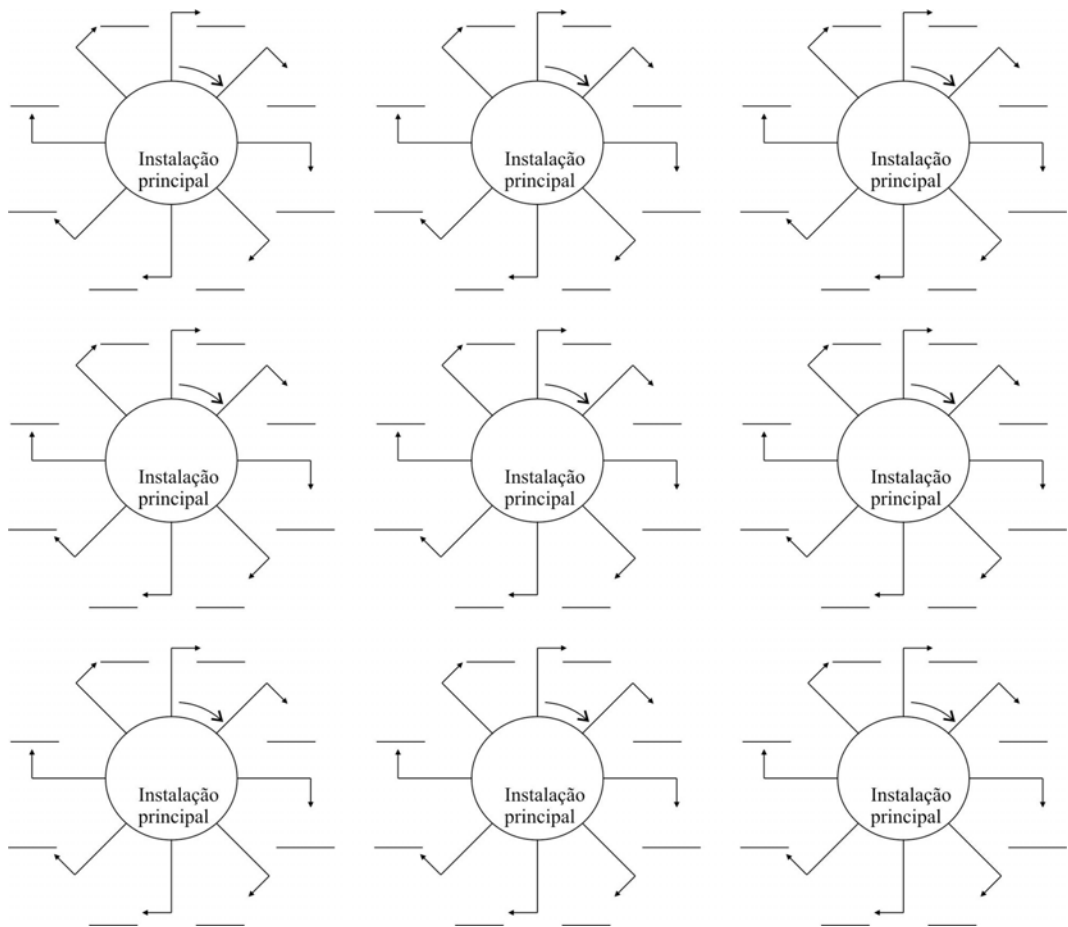


Figura 2: Exemplo de preenchimento para análise de subgrupos

Proposta:



5) HIERARQUIA DE INSERÇÃO

Este critério tem como objetivo estabelecer a hierarquia ou cronologia de inserção no projeto, ou seja, qual instalação deve ter prioridade de locação em relação às demais.

A tabela produzida visa identificar, por meio de ordem de inclusão as estratégias de projeto que têm por base motivos implícitos na organização das instalações, que usualmente não são explicitados pelos projetistas e ou pelos observadores mas que têm base subjetiva na tomada de decisão, onde um conjunto de intenções é agrupado indicando a melhor solução para atingir determinado objetivo.

Estabeleça as relações de hierarquia de inserção das instalações, por meio da análise de características implícitas da instalação conforme o Exemplo 5 abaixo:

Exemplo 5:

Instalações	Cronologia de inserção	Instalações	Cronologia de inserção
ACESSO PRINCIPAL	20 ^a	MATERNIDADE	14 ^a
ALMOXARIFADO	17 ^a	PIQUETE PARA NOVILHAS	9 ^a
BEZERREIRO	13 ^a	PIQUETE PARA VACAS SECAS	2 ^a
CULTURA DE SILAGEM	10 ^a	SALA DE LEITE	3 ^a
CURRAL DE ESPERA	7 ^a	SALA DE MÁQUINAS	8 ^a
DEPÓSITO DE CAMA	4 ^a	SALA DE ORDENHA	12 ^a
DEPÓSITO DE DEJETOS	1 ^a	SILO	21 ^a
ESCRITÓRIO	3 ^a	TRONCO	15 ^a
ESTACIONAMENTO	23 ^a	VESTIÁRIO	5 ^a
FARMÁCIA	11 ^a		
FENIL	6 ^a		
GALPÃO P/ CONFINAMENTO	19 ^a		
GARAGEM / OFICINA	22 ^a		
ISOLAMENTO	18 ^a		

Considerando o exposto e o exemplo 5, estabeleça a sua ordem de inclusão e articulação das instalações no processo de projeto, face a conceitos do tipo funcionalidade, estratégias de circulação, distribuição, área ocupada, etc.

Proposta:

Instalações	Cronologia de inserção	Instalações	Cronologia de inserção
ACESSO PRINCIPAL		MATERNIDADE	
ALMOXARIFADO		PIQUETE PARA NOVILHAS	
BEZERREIRO		PIQUETE PARA VACAS SECAS	
CULTURA DE SILAGEM		SALA DE LEITE	
CURRAL DE ESPERA		SALA DE MÁQUINAS	
DEPÓSITO DE CAMA		SALA DE ORDENHA	
DEPÓSITO DE DEJETOS		SILO	
ESCRITÓRIO		TRONCO	
ESTACIONAMENTO		VESTIÁRIO	
FARMÁCIA			
FENIL			
GALPÃO DE CONFINAMENTO			
GARAGEM / OFICINA			
ISOLAMENTO			

6) ANÁLISE DO GRAU DE PROXIMIDADE DESEJADA

Este critério tem como objetivo estabelecer, segundo o projetista, uma proposta inicial para a setorização (localização) de grupos de instalações, as quais por diversos motivos necessitam manter uma proximidade ou afastamento relativo, ou seja, trata-se da estruturação espacial do projeto, estabelecendo prioridades na locação das instalações, visando facilitar ou esclarecer as inter-relações prioritárias entre pares de instalações.

Código	Grau de proximidade
A	Absolutamente necessário
E	Muito importante
I	Importante
O	Pouco importante
U	Desprezível
X	Indesejável

Exemplo 6:

Código	Código das instalações					
A	1,8	9,21	...			
E	7,11	...				
I	2,7	9,12	...			
O	16,19					
U	8,15	3,9	...			
X	5,8	...				

Considerando o exposto e o Exemplo 6, estabeleça o grau de proximidade relativo entre as instalações, para que o projeto possa alcançar racionalidade funcional e espacial.

Proposta:

Código	Código das instalações										
A											
E											
I											
O											
U											
X											

7) CARTA DE INTER-RELAÇÃO

Este critério tem como objetivo sistematizar todos os outros critérios realizados anteriormente, por meio de uma matriz de inter-relações.

Com essa matriz, busca-se, modo simplificado, explicitar as características e as relações entre instalações que geram as estratégias de projeto, que normalmente são desenvolvidas de forma subjetiva ou intuitiva.

A razão para que seu desenvolvimento seja realizado neste momento, é permitir que o projetista entre em contato com os detalhes das inter-relações e características de cada instalação, bem como identificar nuances de projeto que apesar de direcionar a estratégia e metodologia de desenvolvimento, normalmente atuam no plano subjetivo e não são plenamente explicitados, conforme Exemplo 7.

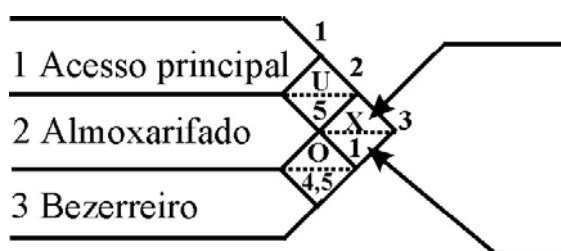
Tabela 1: Grau de proximidade.

Grau de proximidade	Classificação
Absolutamente necessário	A
Muito importante	E
Importante	I
Pouco importante	O
Desprezível	U
Indesejável	X
Inadmissível	XX

Tabela 2: Razão para o grau de proximidade desejado

Razão	Códigos
Contaminação	1
Controle	2
Deslocamento	3
Frequência de uso	4
Funcionamento	5
Observação	6
Ruído	7
	8
	9
	10
	11

Exemplo 7:



Em cada célula, a parte superior destina-se à classificação das atividades (grau de importância da inter-relação).

Em cada célula, a parte inferior mostra a razão de proximidade (justificativa da classificação anterior).

Preencher a matriz de inter-relações, identificando o grau de proximidade necessário entre as instalações e a razão para a inter-relação exigida, utilizando as letras da tabela de grau de proximidade e os códigos da tabela de razão para o grau de proximidade desejado, conforme Exemplo 7.

7. APÊNDICE B

Passos a serem seguidos pelo usuário do sistema de auxílio à elaboração de projetos para confinamento tipo baias livres.

- 1- Instalar os arquivos: AsDkboltObject, AsDkboltUI, AsDkboltWrapper, ttt, Regras, auxílio e Protótipo;
- 2- Abrir o arquivo: Protótipo e informar o número de animais (mínimo de 60 animais e máximo de 1.200 animais) que se deseja manter no galpão de confinamento;
- 3- Automaticamente são abertas as Janelas de Fluxos, o usuário pode preencher um a um os passos solicitados ou utilizar o modo automático de preenchimento;
- 4- A seguir aparecerá na tela a Janela de Programa, onde constam as instalações com as respectivas dimensões, que pode ser alterado pelo usuário e a orientação do vento predominante no local onde será implantado o projeto, clicar em OK e encerrar o sistema;
- 5- Iniciar o programa AutoCAD 2006 (Autodesk);
- 6- Em Command: digitar Appload;
- 7- Abrir os arquivos: AsDkboltObject, AsDkboltUI, AsDkboltWrapper, Regras e fechar a janela de comunicação;
- 8- Digitar: Createtools;
- 9- Abrir a janela Tool Palettes Window (Control +3);
- 10- a seguir é apresentada uma lista com as instalações sugeridas, suas respectivas áreas e o formato gráfico, o qual será selecionado e alocado na tela de desenho do AutoCAD;
- 11- A primeira instalação deverá ser inserida no local designado pelo projetista, esta deverá seguir a orientação previamente fixada, provavelmente será o galpão de confinamento, por ser a instalação de maior porte e mais exigente tecnicamente, o qual servirá de referência inicial para a adição das instalações de apoio;
- 12- A segunda instalação a ser inserida será aquela que apresentar maior exigência de relacionamento com a anteriormente inserida, a lista apresentada fixará a ordem de inserção com base nas técnicas para geração de leiaute, ou seja, deverá apresentar um grau de proximidade absolutamente necessário e seguirá as especificações contidas nas regras de geração;
- 13- Após a inserção de cada instalação deverá ser digitado: Regras, que identificaram algum tipo de falha no processo de criação;
- 14- As demais instalações seguirão o passo número 12, até que não haja mais instalação a ser inserida.