

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS PARA  
O DIAGNÓSTICO DO USO DO SOLO E SEUS LIMITES  
DE OCUPAÇÃO**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA**

**DAVID LEMOS**



0.252.649-5



**FLORIANÓPOLIS, MAIO DE 1996**

**A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS ESPECIALISTAS PARA O DIAGNÓSTICO DO USO  
DO SOLO E SEUS LIMITES DE OCUPAÇÃO**

**DAVID LEMOS**

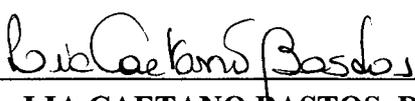
**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO  
TÍTULO DE “MESTRE EM ENGENHARIA”, ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA  
DE PRODUÇÃO, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO INTELIGÊNCIA APLICADA E  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.**

  
\_\_\_\_\_  
**PROF. RICARDO MIRANDA BARCIA, Ph.D.**  
Coordenador do Curso

**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**PROF. FERNANDO ÁLVARO OSTUNI GAUTHIER, Dr.**  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
**PROF. RICARDO MIRANDA BARCIA, Ph.D.**

  
\_\_\_\_\_  
**PROFa. LIA CAETANO BASTOS, Dra.**

  
\_\_\_\_\_  
**ARQ. AMILTON VERGARA DE SOUZA, MPhil.**

**Este trabalho é dedicado aos meus pais Cássio e Nila,  
aos meus irmãos Nilcéa, Cássio, Nilo e Tadeu,  
à minha família Magáli, Daniel e Isadora,  
pelo apoio, incentivo e compreensão, pois sem eles não seria possível realizá-lo.**

## AGRADECIMENTOS

**À Deus, pela vida, saúde e compreensão que me proporciona todos os dias.**

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade.

À todos os colegas do Departamento de Expressão Gráfica/UFSC, pela afastamento concedido e pelo incentivo.

Ao professor Fernando A. O. Gauthier, pelo bom relacionamento, orientação e incentivo.

Ao professor Ricardo Miranda Barcia, pelo incentivo.

À professora Édis Mafra Lapoli, pelo incentivo.

Ao professor Neri dos Santos, pelo incentivo, não só à mim, como também, à outros colegas do Departamento de Expressão Gráfica.

Aos membros da Banca Examinadora, pelas sugestões e reconhecimento.

Ao amigo Otacílio da Rosa Filho, pela atenção e colaboração.

Ao arquiteto Amilton Vergara de Souza, pela atenção e colaboração.

Ao técnico Albertino Ronchi, pela atenção e colaboração.

Aos demais parentes, colegas e amigos, pelo apoio e compreensão.

## SUMÁRIO

	página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO	1
1.1	
Considerações Iniciais	1
1.2	
Identificação do problema	2
1.3	
Justificativa do Trabalho	3
1.4	
Objetivos do Trabalho	5
1.5	
Organização do Trabalho	5
CAPÍTULO 2	
SISTEMAS ESPECIALISTAS	7
2.1	
Introdução	7
2.2	
Diferenças entre Sistemas Especialistas e Programas Convencionais	9
2.3	
Formas de Organização	11
2.3.1	
Base de Conhecimentos	12
2.3.2	
Motor de Inferência	13
2.3.3	
“Interface” com o usuário	14
2.4	
Métodos de Aquisição de Conhecimento	14
2.4.1	
Aquisição de Conhecimento através do Especialista com a participação do Engenheiro de Conhecimento	16
2.4.2	
Aquisição de Conhecimento através de Programas de Edição Inteligente	19

	página	
2.4.3	Aquisição de Conhecimento através de Programas de Indução de Regras	19
2.4.4	Aquisição de Conhecimento através de Programas de Compreensão de Textos	20
2.4.5	Aquisição de Conhecimento onde o Engenheiro de Conhecimento desempenha o papel do Especialista	21
2.5	Métodos de Representação do Conhecimento	21
2.5.1	Tripla Objeto-Atributo-Valor (O-A-V)	22
2.5.2	Redes Semânticas	24
2.5.3	Lógica Proposicional	25
2.5.4	Lógica de Predicados ou Lógica de Primeira Ordem	26
2.5.5	“Frames”	29
2.5.6	Regras de Produção	31
2.6	Considerações sobre o Desenvolvimento de Sistemas Especialistas	34
2.6.1	Etapas de Desenvolvimento	34
2.6.2	O uso de “Shells” no Desenvolvimento de Sistemas Especialistas	37
2.6.3	O <i>software</i> “Kappa-PC” - Versão 2.0	38
2.7	Conclusão	40
<b>CAPITULO 3</b>	<b>PLANEJAMENTO URBANO</b>	<b>41</b>
3.1.	Introdução	41
3.2	Plano Diretor	44
3.2.1	Considerações Legais	44
3.2.2	Etapas de Elaboração	44
3.3	O Plano Diretor no Município de Florianópolis	46
3.3.1	O Projeto de Lei	47
3.4	O uso de Sistemas Especialistas no Planejamento Urbano	53
3.4.1	Coleta e Análise de Informações	53

	página	
3.4.2	Definição de Metas	55
3.4.3	Implementação de Metas	56
3.4.4	Monitoramento	57
3.5	Exemplos de Sistemas Especialistas aplicados no Planejamento Urbano	57
3.5.1	O Sistema ADAPT	57
3.5.3	O Sistema LUCTROL	60
3.6	Conclusão	62
<b>CAPITULO 4</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA USOSOLO</b>	<b>64</b>
4.1	Introdução	64
4.2	Definição do Sistema UsoSolo	64
4.3	As Consultas de Viabilidade	65
4.4	O Sistema UsoSolo como um Sistema Especialista	66
4.4.1	A Aquisição de Conhecimento	67
4.4.2	A Representação do Conhecimento	69
4.4.2.1	“ <b>Frames</b> ”	69
4.4.2.2	Regras de Produção	73
4.4.3	O Motor de Inferência	78
4.4.4	A “ <b>Interface</b> ” com o Usuário	79
4.5	Descrição Geral do Sistema	80
4.5.1	Apresentação	80
4.5.2	Escolha do tipo de Uso Desejado	81
4.5.3	Escolha do subtipo de Uso Desejado	82
4.5.4	Identificação da Consulta	84
4.5.5	Identificação da Propriedade	84
4.5.6	Diagnóstico e Restrições para o Uso Desejado	85
4.6	Conclusão	86

	página	
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>APLICAÇÃO DO SISTEMA USOSOLO</b>	<b>87</b>
5.1	Introdução	87
5.2	Casos Estudados	88
5.2.1	O cadastro 51.56.066.1119	88
5.2.2	O cadastro 23.33.052.0221	99
5.3	Considerações sobre a Aplicação	101
5.4	Conclusão	101
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>103</b>
6.1	Conclusões	103
6.2	Recomendações para futuros trabalhos	105
<b>ANEXO A</b>		<b>106</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>124</b>

## LISTA DE FIGURAS

		página
Figura 2.1	Classificação dos SEs	12
Figura 2.2	Estrutura de um SE	13
Figura 2.3	Processo de Aquisição de Conhecimento (Engenheiro de Conhecimento)	15
Figura 2.4	Representação em Rede de uma tripla O-A-V	23
Figura 2.5	Representação de Rede Semântica	24
Figura 2.6	Representação baseada em <b>Frame</b>	30
Figura 2.7	Exemplo de encadeamento <b>Forward Chaining</b>	33
Figura 2.8	Exemplo de encadeamento <b>Backward Chaining</b>	33
Figura 2.9	Etapas de desenvolvimento de um SE	35
Figura 3.1	Limites de abrangência dos Planos Diretores em consideração	49
Figura 3.2	Classificação do macro-zoneamento	50
Figura 3.3	Classificação do micro-zoneamento - Áreas de uso urbano	51
Figura 3.4	Classificação do micro-zoneamento - Áreas de uso de serviços públicos	52
Figura 3.5	Classificação do micro-zoneamento - Áreas de uso não urbanos	52
Figura 3.6	Classificação do micro-zoneamento - Áreas especiais	52
Figura 3.7	Modelo simplificado de Sistema de Planejamento Urbano	54
Figura 4.1	Estrutura hierárquica, resumida, do sistema UsoSolo	70
Figura 4.2	Estrutura hierárquica, completa, do sistema UsoSolo	71
Figura 4.3	Editor da superclasse Consulta	71
Figura 4.4	Editor da instância cv000001.96	72
Figura 4.5	Editor da instância Global	72
Figura 4.6	Editor para a regra DefZonaARE	74
Figura 4.7	Editor para a regra DefAdeq1013	75
Figura 4.8	Editor para a regra DefAltARP	75
Figura 4.9	Editor para a regra DefAfastRec1	76
Figura 4.10	Editor para a regra InfoAltZona1	77

	página	
Figura 4.11	Editor para a regra InfoLimOcup2	77
Figura 4.12	Editor para a regra InfoTol.c	78
Figura 4.13	Editor para a regra InfoZonaP1	79
Figura 4.14	Tela de Apresentação do sistema UsoSolo	80
Figura 4.15	Tela / Escolha do tipo de uso desejado	81
Figura 4.16	Tela / Escolha do subtipo de uso desejado	82
Figura 4.17	Janela / Definição do número de residências	83
Figura 4.18	Janela / Caracterização para o subtipo de uso desejado	83
Figura 5.1	Tela / Identificação da consulta	89
Figura 5.2	Tela / Relação Uso/Solo	89
Figura 5.3	Tela / Dados e informações do terreno	90
Figura 5.4	Janela / Aviso sobre alterações	90
Figura 5.5	Janela / Pergunta sobre alterações	90
Figura 5.6	Janela / Efetivação da alteração	91
Figura 5.7	Janela / Definição do tipos de zona à consultar	91
Figura 5.8	Janelas / Perguntas sobre a zona APL	92
Figura 5.9	Janela / Pergunta sobre obra de arte	92
Figura 5.10	Tela / Diagnóstico e Restrições para o uso do solo	93
Figura 5.11	Janela / Aviso sobre a consulta	93
Figura 5.12	Tela / Informações sobre o zoneamento	94
Figura 5.13	Tela / Informações sobre o uso desejado com relação ao terreno	95
Figura 5.14	Tela / Informações sobre o índice de aproveitamento e a taxa de ocupação	96
Figura 5.15	Tela / Informações sobre a altura das edificações	96
Figura 5.16	Tela / Informações sobre afastamentos e vedações	97
Figura 5.17	Tela / Informações sobre vagas de garagens	97
Figura 5.18	Tela / Alternativas de usos	98
Figura 5.19	Janela / Pergunta sobre outras consultas	98
Figura 5.20	Janela / Escolha do tipo de zona não consultada	98
Figura 5.21	Janela / Mensagem de encerramento da consulta	99

	página
Figura 5.22 Janela / Pergunta sobre a classificação para o uso hotéis	99
Figura 5.23 Janela / Escolha do número de pavimentos desejado	100
Figura 5.24 Tela / Informações sobre Índice de Aproveitamento e Taxa de Ocupação, para uso: hotéis	100

**LISTA DE TABELAS**

	página	
Tabela 2.1	Principais diferenças entre Programas Computacionais Convencionais (PCCs) e Sistemas Especialistas (SEs)	10
Tabela 2.2	Representação de duas triplas O-A-V	23
Tabela 2.3	Representação de dois pares A-V	23
Tabela 2.4	Operadores Lógicos	26
Tabela 2.5	Quantificadores / Lógica de Predicados	27
Tabela 3.1	Tabela simplificada das atividades de ocupações do sistema ADAPT	59

## RESUMO

Os Sistemas Especialistas (SEs) são programas computacionais que, dentro da área maior da Inteligência Artificial (IA), utilizam conhecimentos especializados para a resolução de problemas. Como resultado do desenvolvimento de softwares para a construção de SEs (“shells”), esta tecnologia torna-se, a cada dia, mais acessível, principalmente, para empresas e organizações governamentais. Pode-se destacar que os SE, se comparados com os programas computacionais convencionais ou algoritmizáveis, possuem, como vantagem, o poder de melhor “explicar” os resultados obtidos, em virtude de processarem, além de dados, informações (conhecimentos) e “imitarem” os especialistas humanos na resolução de problemas.

O processo do planejamento urbano tem no plano diretor municipal as diretrizes para o seu desenvolvimento. O plano diretor, que é editado sob a forma de lei municipal, pode, também, ser definido como instrumento do desenvolvimento urbano e, dentre os seus objetivos, podemos citar o disciplinamento e o controle da ocupação do solo, em suas diversas áreas (zonas). O acesso da população ao que determina o plano diretor dá-se, normalmente, através de consultas de viabilidade, que são processadas por técnicos ou, até mesmo, pelos especialistas da área nos casos em que a mesma é objeto de dúvida ou não está prevista na legislação. O modo de operacionalização dessas consultas é, em Florianópolis, manual, como, também, na maioria dos Municípios brasileiros, transformando-se em um trabalho enfadonho, sujeito a rotinas incompleta, e não únicas, excessivamente lento, - podendo demorar algumas horas, alguns dias ou, até mesmo, semanas - além de outros problemas decorrentes das vicissitudes próprias do ser humano.

A tecnologia dos SEs, que utiliza a representação do conhecimento através de regras de produção e/ou frames, pode ser utilizada para informatizar, de maneira inteligente, a operacionalização das consultas de viabilidade. Através dos SEs podemos fazer uma análise lógica do problema apresentado, à nível do especialista humano, utilizando a inferência de conhecimentos, via regras de produção.

Além da abordagem da utilização da tecnologia dos SEs nesta área de domínio, apresenta-se um sistema especialista para o diagnóstico do uso do solo e seus limites de ocupação, denominado UsoSolo, a nível de um protótipo de demonstração [WAT86]. Seu desenvolvimento contou com a participação de especialistas do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) e da Secretaria de Urbanização e Serviços Públicos (SUSP).

## ABSTRACT

Expert systems (ES) is a branch of artificial intelligence (AI) which makes extensive use of specialized knowledge to solve problems at the level of a human expert. The development of softwares for ES constructions (shells) makes this technology more and more accessible mainly for private and governmental institutions. ES get more advantages over the private and algorithmic computational programs. They process knowledge and mimic human experts in explaining problems resolution.

Concerning Town Planning, even users and experts face difficulties in operating tasks on landuse control and occupational limits. This is due to an excessive number of laws, rules and their misinterpretation.

This thesis deals with the use ES technology use for viability consultation. The objective is to analyze the landuse and occupational limits in Florianópolis (Santa Catarina, Brazil). We have developed a prototype ES named *UsoSolo* which is supported by theoretical fundamentals of ES technology and landuse control. *UsoSolo* system uses Town Planning knowledge from the city's planning legislation for the district of Florianópolis comprising insular and continental areas. The system mimics the experts performance rising information's and analyzing several residential landuse and their respective occupational limits.

The new developed ES prototype has been tested and analyzed by experts from the Florianópolis' Urban Planning Institute (IPUF) and Secretary of Urbanization and Public Utilities (SUSP). It has been approved as an easy and feasible ES land use control which offers diagnosis, restrictive limits and large explanation about landuse control. *UsoSolo* has a friendly interface and requests no specific informatics knowledge.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Considerações Iniciais

A Inteligência Artificial (IA), como ciência, pode ser definida como o estudo da busca da resolução de problemas que, tendo como suporte a ciência da computação, objetivam reproduzir as tarefas executadas pelo homem. Segundo Waterman [WAT86], os cientistas da IA buscam desenvolver programas computacionais que, através do bom senso (utilização de regras ou heurísticas), possam resolver problemas de maneira inteligente.

Dentre as áreas de interesse, no campo maior da IA, pode-se citar: Reconhecimento de Padrões, Processamento de Linguagem Natural, Robótica e os Sistemas Especialistas (SEs). Os SEs constituem a área que utiliza o conhecimento especializado para a resolução de problemas à nível do especialista humano.

Com o desenvolvimento e a expansão da ciência da computação, o computador torna-se, a cada dia, numa ferramenta de trabalho mais acessível e, em algumas áreas de conhecimento, tal como a IA, indispensável. Como os SEs são sistemas computacionais cujo objetivo é "substituir", pela máquina, as tarefas executadas pelo homem, todas as pessoas que utilizam conhecimentos especializados na resolução de problemas podem dispor desta tecnologia, pelo menos a princípio, para agilizar suas tarefas.

Antes da concepção de qualquer projeto de engenharia, que vise o uso e a ocupação do solo, um dos fatores essenciais que deve ser considerado é o conhecimento da viabilidade para o uso e a ocupação desejada, no que diz respeito a observância das diretrizes impostas pelo plano diretor do Município. Este, como agente direcionador do desenvolvimento urbano, dispõe sobre o zoneamento, o uso e a ocupação do solo, tendo como objetivo propiciar, de

maneira organizada, as condições necessárias para o atendimento das necessidades básicas da população.

Devido as constantes modificações e acréscimos destas necessidades, o plano diretor deve ser permanentemente supervisionado e avaliado, estando, portanto, sujeito a modificações que visam adequá-lo às necessidades presentes da população. Por força constitucional, é de responsabilidade do Município a implantação do seu plano diretor. Normalmente, os Municípios dispõem de órgãos de planejamento urbano, tal como o Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). Estes órgãos, em conjunto com os diversos segmentos representativos da população, propõem as diretrizes do plano diretor, bem como as alterações que se fizerem necessárias. O acesso da população ao que determina o plano diretor dá-se, normalmente, quando da necessidade do uso e da ocupação do solo, através das consultas de viabilidade.

## **1.2 Identificação do Problema**

Atualmente, para termos conhecimento da viabilidade de uso e da ocupação do solo, procede-se a uma consulta de viabilidade junto ao órgão público pertinente que, no caso do Município de Florianópolis, corresponde à Secretaria de Urbanismo e Serviços Públicos (SUSP). Essas consultas são analisadas tendo por base, fundamentalmente, a legislação do planejamento urbano, cuja diretrizes são fixadas pelo plano diretor municipal, em consonância com outras normas, tais como as relacionadas com a segurança pública e com o controle do meio ambiente. Consultas sobre casos que apresentam dúvidas ou, até mesmo não previstos na legislação são, normalmente, enviadas ao IPUF, onde são analisadas por especialistas da área.

Em Florianópolis, assim como na maioria dos Municípios brasileiros, o modo de operacionalização das consultas de viabilidade é manual, transformando-se em um trabalho demorado, enfadonho e sujeito à erros de operacionalização. O diagnóstico como resposta a

uma consulta de viabilidade é extremamente lento, podendo demorar algumas horas, dias ou, até mesmo, semanas.

### **1.3 Justificativa do Trabalho**

A tecnologia dos SEs, que utiliza a representação do conhecimento através de regras de produção e/ou “frames”, pode ser utilizada para informatizar, de maneira inteligente, a operacionalização das consultas de viabilidade, visto que, pode-se considerar o controle do uso e ocupação do solo urbano como uma seleção estruturada de dados e informações. Através dos SEs pode-se fazer uma análise lógica dos problemas apresentados, a nível do especialista humano, através da inferência de conhecimentos via regras de produção. Essas regras de produção trabalhariam sobre toda a base de conhecimento, que seria composta pelos conhecimentos advindos do plano diretor, pelos pareceres técnicos e pelas rotinas utilizadas pelos especialistas, frutos, essencialmente, das suas experiências nas resoluções de problemas pertinentes.

A nível de informação, cito que algumas cidades brasileiras já estão processando computacionalmente dados, com o objetivo de obter as informações necessárias, que irão direcionar os planos de atendimentos às necessidades de suas populações, em diversas áreas, tais como: planejamento urbano, saúde, educação, transportes, habitação, abastecimento, etc., Dentre as ferramentas utilizadas, está o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

A tecnologia dos SEs, em conjunto com um SIG, pode ser utilizada para a resolução de problemas na área do planejamento, controle e expansão do desenvolvimento urbano. Neste caso, o SIG funcionaria como uma potente base de dados e/ou informações que, aliado a experiência dos especialistas da área do planejamento urbano, formaria uma expressiva base de conhecimento para o desenvolvimento de um SE.

Resumidamente, podemos justificar a utilização da tecnologia dos SEs, no controle do uso e ocupação do solo urbano, considerando que:

– os dados e informações contidos em um plano diretor, e em outras leis e normas pertinentes, são conhecimentos especializados, frutos dos estudos e da experiência dos especialistas da área;

– estes dados e informações são passíveis de dúvidas em suas interpretações por parte dos usuários que, via de regra, desconhece a terminologia utilizada;

– estes dados e informações podem ser estruturados em uma base de conhecimento e representados, por exemplo, através de regras de produção e/ou **frames**, onde os novos conhecimentos advindos diretamente dos especialistas podem ser acrescentados;

– esta base de conhecimento, face as constantes mudanças e acréscimo das necessidades da população, deve ser constantemente revisada, atualizada e acrescida de novos conhecimentos. Este fato pode tornar-se num trabalho extremamente exaustante se for utilizada as técnicas de programação convencional, principalmente, pelo fato de que não é possível, em determinados casos, prevermos antecipadamente o tipo de problema que pode advir;

– a ocorrência de situações que exigem a intervenção, "in loco", dos especialistas;

– a nível institucional, o sistema pode ser utilizado como um instrumento de auxílio à tomadas de decisões, por exemplo, no que diz respeito à concepção do projeto arquitetônico final. Pode, também, ser visto como uma importante ferramenta de apoio no campo do planejamento urbano, pois, se acrescentarmos-lhes conhecimentos suficientes, o sistema poderá apresentar diagnósticos e/ou pareceres que nos mostrem a necessidade de alterações da base de conhecimento. Esta necessidade pode, por exemplo, ser decorrente de mudanças no perfil populacional, tal como uma variação significativa da taxa de densidade demográfica, ou a concentração ou tendência de um determinado tipo de uso ou instalação de serviço em uma determinada área urbana.

– o sistema pode ser utilizado como uma ferramenta de treinamento para estudantes e novos técnicos na área do planejamento urbano, especificamente, no uso e controle do solo urbano.

## 1.4 Objetivos do Trabalho

O objetivo do trabalho é mostrar a viabilidade da utilização de técnicas de IA e a implementação de um protótipo de SE que possa substituir a metodologia atualmente utilizada na operacionalização das consultas de viabilidade no Município de Florianópolis. O sistema, ao avaliar as informações pertinentes a um terreno, tais como, sua localização e situação na quadra, sua classificação quanto ao zoneamento, suas dimensões, etc., deve apresentar um parecer sobre o uso desejado e sobre os seus limites de ocupação. O sistema terá como fonte para a aquisição de conhecimentos o projeto de lei, atualmente tramitando na Câmara de Vereadores do Município, do novo plano diretor para a área abrangente do distrito sede de Florianópolis, além de conhecimentos extraídos dos especialistas da área.

O sistema proposto deverá ter acesso a uma base de dados, de onde extrairá todos os dados e informações referentes ao terreno em questão e, também, solicitar todas as informações necessárias, através de **interfaces** com o usuário. Esses conhecimentos, somados àqueles que podem ser inferidos pelo próprio sistema, irão constituir a sua base de conhecimento.

A utilização da tecnologia dos SEs implicará na obtenção de resultados mais precisos e reduzirá, consideravelmente, o tempo de operacionalização das consultas de viabilidade, proporcionando uma unicidade na operacionalização e, como consequência, um bom grau de confiabilidade e satisfação por parte do usuário final.

## 1.5 Organização do Trabalho

O presente trabalho está organizado em 6 capítulos, assim distribuído:

- Capítulo 1. Introdução;
- Capítulo 2. Sistemas Especialistas;
- Capítulo 3. Planejamento Urbano;
- Capítulo 4. Implementação do Sistema UsoSolo;

- Capítulo 5. Aplicação do Sistema UsoSolo;
- Capítulo 6. Conclusões e Recomendações.

**Constam, também:**

- Anexo A. Relação de alguns cadastros;
- Referências Bibliográficas.

## CAPÍTULO 2

### SISTEMAS ESPECIALISTAS

#### 2.1 Introdução

De acordo com Ignizio [IGN91], se olharmos para os SEs, meramente, sob a ótica da heurística, teremos que nos reportarmos à antigüidade, Sócrates (500 a.C), Pappus (300 d.C). Mas, se olharmos como uma forma de programação baseada em heurística, e como uma área de conhecimento pertencente ao campo maior da IA, pode-se considerá-los como uma área recente, iniciada no começo dos anos 70.

As pesquisas iniciais para o desenvolvimento dos SEs, segundo Waterman [WAT86], podem ser atribuídas as seguintes entidades e grupos: as Universidades, os Institutos de Pesquisas e as Empresas de Engenharia de Softwares.

No âmbito das Universidades, destacam-se a Stanford University (SU) e a Carnegie-Mellon University (CMU), através de seus trabalhos pioneiros em SEs e em Engenharia do Conhecimento. Nos anos 60, Allen Newell e Herbert Simon, ambos da Carnegie-Mellon University, estudaram a resolução de problemas de natureza humana, aplicando e desenvolvendo técnicas de processamento de informações com o objetivo de modelar a memória e o comportamento cognitivo do ser humano. A idéia de Newell era de representar a memória “**long-term**” de uma pessoa como uma produção de regras onde cada regra definia o par “causa-efeito” e, para representar a memória “**short-term**” de uma pessoa, um conjunto de situações ou causas. Este processo de produção de regras e a conseqüente modificação da memória, visando modelar a resolução de problemas de natureza humana, deu origem aos chamados Sistemas de Produção de Regras.

No âmbito dos Institutos de Pesquisas, destacam-se: Rand Corporation, Instituto de Pesquisa Americano, fundado em 1948, privado, sem fins lucrativos, que atua na área da

segurança pública, como por exemplo, na construção de SEs baseados em raciocínio legal, dentro da área de risco da produção; Advanced Information and Decision Systems, Companhia de Desenvolvimento e Pesquisa, fundada em 1979, com o objetivo de fornecer serviços e produtos na área da IA, tais como: controle e estimativa, e teoria da decisão, destacando-se os SEs para análise de sinais de radar e SEs para o diagnóstico de falhas em sistemas de navegação inercial de aeronaves; Xerox Palo Alto Research Center (PARC), laboratório de pesquisas da Xerox que explora comercialmente os sistemas de informações. Fundado em 1970, o PARC, atualmente desenvolve pesquisas nas áreas da eletrônica, da ciência dos materiais e a da ciência cognitiva; The Artificial Intelligence Laboratory, laboratório americano, fundado em 1982, que tem como campo de atuação a área espacial, desenvolvendo pesquisas no planejamento e construção de SEs, para diagnósticos e sistemas de exibição inteligentes.

No âmbito das Empresas de Engenharia de Softwares, destacam-se: APEX-Applied Systems, Inc., fundada em 1983, que desenvolve softwares, tendo por alvo a indústria de serviços financeiros; CGI-Carnegie Group, Inc, fundada em 1982 por pesquisadores da Carnegie-Mellon University. Esta empresa desenvolve sistemas baseados no conhecimento e softwares para aplicações industriais; INTELLICORP, fundada em 1980, desenvolve sistemas especialistas para aplicações na área da biotecnologia; SYNTELLIGENCE, similar a APEX; TEKNOLEDGE, companhia americana que atua na área da engenharia do conhecimento no desenvolvimento de SEs. Dentre a sua linha de produtos, destacam-se as Linguagens de Engenharia de Conhecimento para Computadores Pessoais (PC's) e Workstation, tais como M1 e S1, respectivamente.

O Professor Edward Feigenbaum da Universidade de Stanford [FEI82], um dos pioneiros da tecnologia dos SEs, define um SE como um “programa computacional que usa o conhecimento e procedimentos de inferências para resolver problemas complexos que exigem especialistas humanos em suas soluções”, isto é, um SE é um sistema computacional que imita a habilidade de tomada de decisão do especialista humano. Aqui, o termo *imitar*

significa que um SE deve ser planejado para atuar em todas àquelas situações possíveis que possam ser consideradas por um especialista humano.

Atualmente, a tecnologia dos SEs é utilizada para a execução de tarefas que exigem intenso conhecimento especializado, existindo desde os grandes sistemas que, utilizando milhares de regras de produção e uma significativa base de conhecimento, atingem uma **performance**, até mesmo, superior ao conhecimento de qualquer especialista humano, a àqueles pequenos sistemas que, utilizando poucas de regras de produção e uma pequena base de conhecimento, não atingem a **performance** de um especialista humano, [GIA93].

## 2.2 Diferenças entre os Sistemas Especialistas e os Programas Computacionais Convencionais

Muitos autores enfocam as principais diferenças entre as tecnologias de implementação dos SEs e dos Programas Computacionais Convencionais (PCCs), como forma de auxiliar-nos na compreensão da definição dos SEs. Embora já saibamos que os SEs, essencialmente, manipulam conhecimentos, podem, dependendo do tipo de conhecimento manipulado e do problema à resolver, pairar dúvidas sobre qual tecnologia é a mais adequada para a resolução do problema em questão.

Os PCCs são, basicamente, constituídos de algoritmos, onde o programador define todos os passos que os programas devem executar, e de uma grande massa de dados, especialmente numéricos. Por sua vez, os SEs introduziram uma importante mudança no que diz respeito a filosofia de programação, sendo constituídos, basicamente, de uma grande massa de conhecimento e de processos de inferências [TEI95], assim, temos:

Dado + Algoritmo = Programa Computacional Convencional (PCC)
--

Conhecimento + Inferência = Sistema Especialista (SE)
---

Os paradigmas de programação podem ser classificados em: *programação procedural e programação não-procedural*, [GIA93].

A *programação procedural*, também chamada de programação algorítmica ou programação computacional convencional (PCC), caracteriza-se pela implementação de um algoritmo. Sua concepção está no processamento seqüencial, onde todos os passos estão definidos e são executados até que alguma outra instrução seja encontrada, isto é, na *programação procedural* define-se "como" o problema deve ser solucionado.

A *programação não-procedural*, também chamada de programação não-algoritmizável, onde os SEs são classificados, caracteriza-se pela não definição, "a priori", de como o problema deve ser solucionado, isto é, o programador especifica qual é a meta e o programa deve definir como alcançá-la.

A tabela 2.1 apresenta algumas das principais diferenças de concepção entre os Sistemas Especialistas e os Programas Computacionais Convencionais. Essas diferenças se tornarão mais compreensíveis, a medida que avançarmos nas considerações sobre os SEs.

Programas Computacionais Convencionais	Sistemas Especialistas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representam e manipulam dados.</li> <li>- Implementação de algoritmo.</li> <li>- Método de busca.</li> <li>- Modelagem do problema.</li> <li>- Possui analista (programador).</li> <li>- Dificuldade de explanação (informação).</li> <li>- Relativa dificuldade de modificação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representam e manipulam conhecimentos</li> <li>- Implementação de heurística (ou regras).</li> <li>- Método de encadeamento.</li> <li>- Base de Conhecimento.</li> <li>- Possui engenheiro de conhecimento.</li> <li>- Facilidade de explanação (informação).</li> <li>- Facilidade de modificação.</li> </ul>

Tab. 2.1 Principais diferenças entre PCCs e SEs. [WAT86]

Outras características importantes são àquelas que dizem respeito ao problema em questão, isto é, deve-se analisar, a princípio, se o mesmo pode ser resolvido, satisfatoriamente, através da tecnologia dos SEs. Tais características são:

- o problema requer manipulação simbólica;
- o problema requer solução heurística;
- o problema possui valor prático;
- o problema possui tamanho realizável.

Além destas, devem ser consideradas, também, outras que justifiquem e possibilitem a utilização da tecnologia dos SEs. Como justificativa, podemos citar, a inviabilidade da participação do(s) especialista(s) na resolução do problema. Como possibilidades, podemos citar, a viabilidade da participação do(s) especialista(s) para a aquisição do conhecimento e a representação dos métodos utilizados, por ele(s), na resolução do problema.

### 2.3 Forma de Organização

Sempre que pensarmos na resolução de problemas utilizando os princípios da IA, nossa primeira preocupação deve ser com a definição do "conhecimento da área de domínio do problema", pois, em qualquer área da IA, a técnica para a resolução de problemas baseia-se neste conhecimento e, em um SE, quanto maior e qualificada for sua base de conhecimento sobre o domínio do problema, maior será a sua "inteligência" e, conseqüentemente, sua capacidade para resolver problemas complexos.

Waterman [WAT86], classifica os SEs como Sistemas Baseados em Conhecimentos, entretanto a recíproca não é verdadeira, isto é, nem todos os Sistemas Baseados em Conhecimento podem ser classificados como SEs, mas, todos, podem ser considerados como pertencentes à grande área da IA. Como exemplos de Sistemas Baseados em Conhecimentos que não são SEs, podemos citar os Sistemas de Processamento de Linguagens Naturais e os Sistemas de Redes Neurais. A fig. 2.1 apresenta a classificação dos SEs, dentro do campo maior da IA, onde:

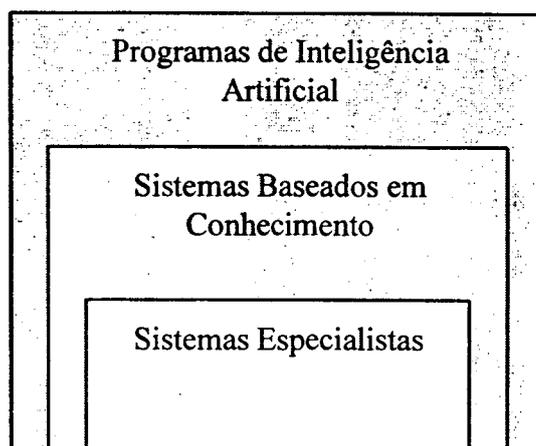


Fig. 2.1 Classificação dos SEs. Fonte. [WAT86]

- *Programas de Inteligência Artificial* são programas que exigem comportamento inteligente através da aplicação apropriada de heurísticas;
- *Sistemas Baseados em Conhecimento* são sistemas onde o domínio do conhecimento é explícito e separado do restante do sistema;
- *Sistemas Especialistas* são sistemas que aplicam o conhecimento especializado na resolução de problemas do mundo real.

Os SEs podem ser representados, conforme a fig. 2.2, tendo por base a estrutura apresentada por Waterman [WAT86].

### 2.3.1 Base de Conhecimentos

Alguns autores consideram que a Base de Conhecimentos está para o SE, assim como, o coração está para o ser humano. A Base de Conhecimentos pode ser definida como o "local" de armazenamento de todos os dados e/ou informações necessários para a resolução de um determinado problema. Estes conhecimentos são classificados em fatos e regras, ou outro tipo de representação, tal como: lógica matemática, redes semânticas ou "frames".

- *Base de Fatos*: Representa os conhecimentos que são, "a priori", conhecidos e que podem ser considerados como ponto de partida para a resolução do problema. São,

também, caracterizados como os conhecimentos de domínio público, de fácil acesso e que podem ser extraídos através de textos, manuais, normas, livros, postulados e definições, constatação de fatos e resultados de experimentos;

– *Base de Regras*: Representa os conhecimentos que são extraídos diretamente dos especialistas. Estes conhecimentos representam o "pensamento" desenvolvido pelo especialista ("heurística"), tendo por base os fatos já conhecidos e as deduções a partir deles. Aqui, o termo "heurística" ou "rules of thumb" significa o "truque", ou habilidade, ou a simplificação utilizada pelo especialista no sentido de otimizar a busca da solução de um problema. Desta forma, novos conhecimentos podem ser acrescidos à base de conhecimentos, habilitando o SE à uma tomada de decisão sobre o problema.

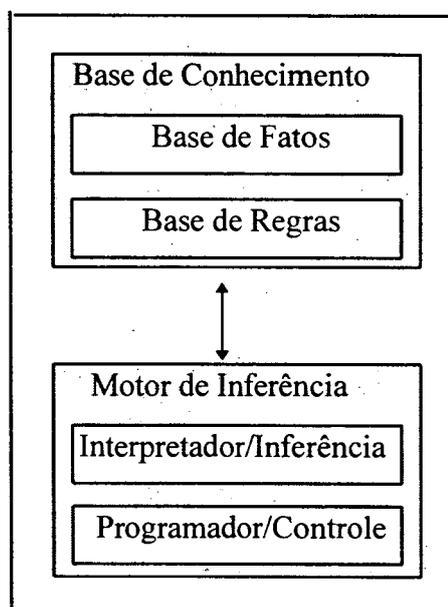


Fig. 2.2 Estrutura de um SE. [WAT86]

### 2.3.2 Motor de Inferência

Uma das principais características dos SEs, reside em organizá-los de maneira que haja uma separação entre a base de conhecimentos do domínio do problema e o conhecimento sobre como resolver o problema. Esse conhecimento, de como resolver um problema, é de

responsabilidade do *motor de inferência* do SE. Basicamente o motor de inferência desempenha duas funções principais:

– *Interpretador/Inferência*: A partir dos conhecimentos contidos na base de conhecimentos e na memória de trabalho, o motor de inferência determina quais as regras que devem ser disparadas para inferir novos conhecimentos;

– *Programador/Controle*: O motor de inferência determina ou programa a ordem em que as regras devem ser aplicadas.

### 2.3.3 “Interface”

Constituem os componentes que permitem a comunicação do sistema com o engenheiro de conhecimentos e o usuário final. As características da **interface** estão diretamente relacionadas com o tipo de problemas em consideração, isto é, dependem da natureza das informações, de como elas devem ser fornecidas e manipuladas, de como desejamos que as soluções obtidas sejam apresentadas, dos níveis de informações desejadas, etc. Normalmente, as "**shells**" ou ambientes para o desenvolvimento de SEs, comercialmente disponíveis, quando adequadamente adotadas, fornecem a **interface**, ou opções para o seu desenvolvimento.

## 2.4 Métodos de Aquisição de Conhecimento

Como já sabemos, a base de conhecimentos de um SE é o local onde são armazenados todos os conhecimentos sobre o domínio do problema. Então, a primeira etapa para a sua construção é a aquisição desses conhecimentos, através da qual, a base de fatos e, especialmente, a base de regras são definidas. Muitos autores consideram esta etapa como um verdadeiro "gargalo" na implementação de um SE, principalmente, pela dificuldade de extrair os conhecimentos heurísticos, advindos da "intuição", dos especialistas.

A aquisição do conhecimento pode ser definida, basicamente, como o processo de busca dos conhecimentos requeridos pelo SE para a resolução de um determinado problema.

Neste processo destaca-se a figura do *engenheiro de conhecimento* responsável, a princípio, por esta aquisição e, também, pelo desenvolvimento e implementação do SE. A fig. 2.3 [WAT86] mostra, esquematicamente, a função que deve ser desempenhada pelo engenheiro de conhecimento no seu relacionamento com o(s) especialista(s), no processo de aquisição do conhecimento, para a implantação do SE.

O engenheiro de conhecimento deve ter, no mínimo, as seguintes características, [IGN91]:

- Ter experiência no desenvolvimento e implementação de SEs;
- Ter um razoável conhecimento de alternativas sobre os processos de análise de decisão;
- Ter conhecimento de modelo(s) de representação do conhecimento e não ser, totalmente, leigo na área de domínio do problema à resolver.

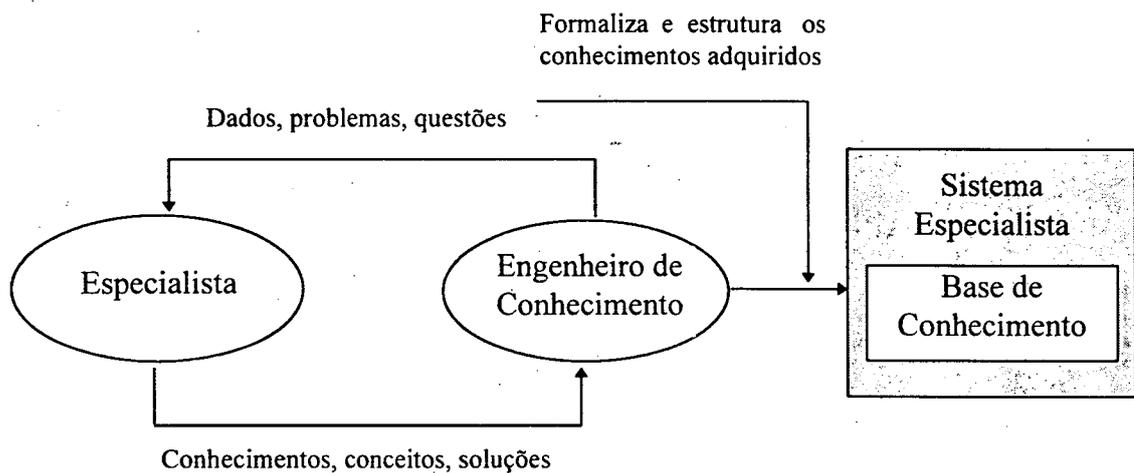


Fig. 2.3 Processo de Aquisição de Conhecimento (Engenheiro de Conhecimento). [WAT86]

A figura do engenheiro de conhecimento é tão importante que alguns autores citam, até mesmo, a necessidade de dois engenheiros de conhecimento onde, no mínimo, um deles deve ter experiência no desenvolvimento e implementação de SEs, ficando o outro com a responsabilidade exclusiva do processo de aquisição do conhecimento.

### **2.4.1 Aquisição do Conhecimento através do Especialista com a participação do Engenheiro de Conhecimento**

Neste caso, o primeiro passo é a identificação do especialista na área de domínio do problema, seguido de uma "auto-avaliação" do engenheiro de conhecimento, para que o mesmo possa "sentir" sua capacidade e suas necessidades, no que diz respeito ao relacionamento com o especialista, levando em consideração, inclusive, o fato do mesmo lhe ser uma pessoa desconhecida, o que, normalmente, acontece.

Além das características já citadas, Hayes-Root [HAY83] sugere que o engenheiro de conhecimento possua, também, as seguintes características:

- capacidade de comunicação, fazendo, se possível, o uso das expressões, normalmente, utilizadas pelo especialista;
- inteligência necessária para uma boa e rápida aprendizagem;
- diplomacia para evitar suscetibilizar o especialista;
- empatia e paciência para permitir que o especialista desenvolva o seu raciocínio sem ser interrompido, principalmente, devido ao fato que em algumas vezes este raciocínio é mais intuitivo do que, propriamente, inteligente. Segundo Waterman [WAT86], as vezes, quanto mais competente é o especialista em sua área de domínio, mais incompetente o é para descrever o conhecimento e o raciocínio utilizado na resolução de um problema;
- persistência, devido ao fato que os resultados podem surgir lentamente, exigindo, também, muita paciência;
- lógico e objetivo, isto irá refletir-se, diretamente, no desenvolvimento da base de conhecimento do SE;
- autoconfiança, facilita a relação e pode ser extremamente importante como um agente motivador para o especialista.

Quanto ao especialista, sua escolha deve estar embasada em alguns requisitos, tais como:

- conhecimento altamente especializado;

- capacidade de organizar seus conhecimentos;
- capacidade de reconhecer os limites do seu conhecimento, reconhecendo quando o problema foge da sua área de domínio;
- sua **performance** deve, preferencialmente, ser reconhecidamente superior, quando comparada com a de outros especialistas, dentro da sua área de domínio;
- possuir disponibilidade de tempo e pelo menos, a princípio, mostrar disposição em participar no desenvolvimento do SE.

Silva [SIL94], cita algumas dificuldades que o engenheiro de conhecimento pode encontrar, quando em contato com o especialista, durante o processo de aquisição do conhecimento:

- os conhecimentos podem estar compilados, isto significa que o treinamento leva os especialistas a tornar reflexivos os procedimentos de raciocínio;
- o conhecimento do especialista é subjetivo, isto é, cada especialista possui uma "visão especial" de como utilizar seus conhecimentos na resolução de um problema. O especialista constrói um certo "saber-fazer", que ele utiliza "por que isto funciona". São os processos heurísticos;
- o conhecimento do especialista é volátil, isto é, em algumas áreas de domínio, sujeitas à permanentes evoluções, se uma determinada habilidade não for praticada, o "saber-fazer" pode ser esquecido;
- o conhecimento pode estar repartido, isto é, diversos especialistas possuem, individualmente, "habilidades" próprias na resolução de um problema, que muitas vezes pode ser interessante agrupá-las. A possibilidade de se dispor das "habilidades" de vários especialistas, pode levar ao desenvolvimento de uma base de conhecimento mais completa, segura e, conseqüentemente, mais precisa.

No método de aquisição do conhecimento através do especialista, a técnica, normalmente, utilizada é a de *entrevistas*, que consiste, basicamente, de perguntas (engenheiro de conhecimento) e respostas (especialista) e que são desenvolvidas ao longo de todo o processo, podendo demorar, até, alguns meses.

Diaper [DIA89], cita algumas recomendações, que podem servir de parâmetros, para gerenciar as entrevistas:

- garantir a conveniência e a consistência do ambiente utilizado;
- ter duração limitada, normalmente, estimada em 60 minutos;
- ser dividida em etapas de 2/3 de extração de conhecimento e 1/3 de outros assuntos;
- processar previamente os resultados de uma entrevista, antes de realizar a seguinte;
- utilizar a mesma técnica e na mesma ordem, quando da existência de mais de um especialista;
- evitar mencionar "pontos de vistas" de outros especialistas.

As *entrevistas* podem ser classificadas em:

- *entrevista focada ou inestruturada*: tem a forma de conversação normal, livre, onde o engenheiro de conhecimento faz perguntas do tipo "open-ended" sobre o conhecimento e as estratégias de raciocínio do especialista;
- *entrevista estruturada*: neste caso, as perguntas são mais específicas, exigindo um certo planejamento na sua preparação. Nesta entrevista, o engenheiro de conhecimento deve fazer uso de uma agenda, pois a ordem na formulação das perguntas, bem como as respostas dadas pelo especialista, podem ser muito importantes. Estas entrevistas requerem uma atenção especial por parte do engenheiro de conhecimento.

Greenwell [GRE88], cita outras técnicas para este tipo de aquisição de conhecimento, tais como:

- "*think aloud*": consiste em observar o especialista "**on site**" executando suas tarefas. O engenheiro de conhecimento pede para que o especialista "pense alto" durante o desenvolvimento das metodologias e das heurísticas utilizadas na resolução de um problema. Nesta técnica, o engenheiro de conhecimento não deve interferir no processo;
- *observação inquisitiva*: aqui, o engenheiro de conhecimento observa o especialista durante a resolução do problema e, pode, interferir no processo;

– *simulação de cenários*: nesta técnica, o processo de raciocínio que será utilizado pelo especialista é conhecido previamente, isto é, o especialista comenta com o engenheiro de conhecimento qual o processo de raciocínio que ele usará para resolver o problema;

– *decomposição de metas*: nesta técnica, o especialista tenta provar ou refutar as premissas para uma meta, previamente, estabelecida. Similar ao processo de encadeamento para trás, "backward chaining" usado nos sistemas especialistas.

#### **2.4.2 Aquisição de Conhecimento através de Programas de Edição Inteligente**

Consiste em substituir a figura do engenheiro de conhecimento por um programa editor inteligente [HAY83], que relaciona-se diretamente com o especialista. Este programa pode possuir uma melhor capacidade de diálogo com o especialista e, também, possuir melhores condições para definir a estrutura mais adequada para a base de conhecimento, eliminando, assim, alguns possíveis problemas de relacionamento que podem ocorrer entre o engenheiro de conhecimento e o especialista. Como exemplo de tais sistemas, que auxiliam a organização do conhecimento, temos o TEIRESIAS [DAV82] e o ROGET [BEN85]. O TEIRESIAS possibilita que o especialista refine uma base de conhecimento usando procedimentos de busca e análise de erros. O ROGET usa um sistema especialista de classificação tipo tarefa/estrutura para definir a estrutura conceitual do novo sistema.

#### **2.4.3 Aquisição do Conhecimento através de Programas de Indução de Regras**

Consiste na aquisição do conhecimento sem a figura do especialista. Isto pode acontecer pois, desconsiderando a indisponibilidade de tempo, ocorrem situações em que:

– devido a complexidade do problema, simplesmente não encontramos especialistas na área de domínio;

– os especialistas encontrados não exibem **performance** satisfatória e necessária para a resolução do problema em questão;

– os especialistas não podem ou não desejam tornar público as suas técnicas e habilidades em sua área de domínio e, se houver insistência ou obrigatoriedade, poderá ocorrer o fornecimento de conhecimentos inadequados ou, até mesmo, falsos.

Este processo consiste [IGN91], basicamente, em converter um base de dados, apropriada, em um conjunto de regras de produção. Este base de dados deve consistir de exemplos, consistentes e perfeitamente definidos, que sejam pertinentes com o tipo de problema em consideração e que tenham, comprovadamente, servido de base para uma boa tomada de decisão. Este tipo de abordagem pode nos levar a resultados satisfatórios ou, no mínimo, nos levar ao desenvolvimento de um bom sistema de protótipos. Diversas "shells" comerciais existentes para o desenvolvimento de SEs incorporam, a partir de exemplos, "sistemas (rotinas) de suporte" para o desenvolvimento de regras, como por exemplos, os softwares VP-Expert desenvolvido pela Paperback Software-USA e o Xi Plus desenvolvido pela Expertech Ltd.-England. O VP-Expert usa um comando chamado "INDUCE" para desenvolver regras a partir de dados, porém não há informações disponíveis sobre a sua implementação. O Xi Plus usa uma rotina chamada "Xi RULE" para desenvolver regras a partir de dados, sendo que o método utilizado é o algoritmo de aprendizagem ID3 [QUI83]. Souza [SOU88], cita que alguns pacotes, desenvolvidos para "facilitar o especialista", estão usando o algoritmo ID3 para a geração de regras a partir do exemplo de casos dentro de um domínio simples, entretanto, Hayes-Roth [HAY83], menciona que, embora existam estes programas, eles não são, geralmente, utilizados para automatizar a aquisição de conhecimento no desenvolvimento de SEs.

#### **2.4.4 Aquisição do Conhecimento através de Programas de Compreensão de Textos**

É, segundo Hayes [HAY83], um método de aquisição de conhecimento que, no futuro, deverá tornar-se possível, constituindo-se, hoje, em uma importante área de pesquisa dentro da área maior da IA. Estes programas devem ter a capacidade de:

- ler um livro-texto ou qualquer registro escrito e deles extrair os conhecimentos, principalmente, através da compreensão da leitura efetuada, isto é, de uma forma bem mais acurada do que os programas de compreensão de linguagens existentes;
- reconhecer, ler e compreender diagramas e figuras.

#### **2.4.5 Aquisição de Conhecimento, onde o Engenheiro de Conhecimento desempenha o papel do Especialista**

Pode ser considerado uma alternativa quando não for possível definir a figura do(s) especialista(s). Este método encontra certas restrições dentro da literatura sobre os SEs, principalmente, devido ao longo tempo necessário para que o engenheiro de conhecimento torne-se um especialista. Harmon [HAR85], cita que especialistas, como por exemplos, um compositor de músicas clássicas ou um ganhador de um prêmio NOBEL no campo da ciência, devem possuir armazenado em suas memórias, algo em torno de 50.000 a 100.000 "**chunks**" (quantidades) de informações heurísticas e que, para isto, são necessários, no mínimo, 10 anos de experiência. Entretanto, podemos concluir que quando o engenheiro de conhecimento desempenha, também, o papel do especialista, o processo de aquisição de conhecimento, como por exemplo o estabelecimento das regras de produção para a base de conhecimento, pode ser, significativamente, simplificado.

#### **2.5 Métodos de Representação do Conhecimento**

Como um Sistema Especialista (SE) é um programa computacional que tem uma finalidade específica, ele depende do estabelecimento e ordenação de procedimentos em todas as suas etapas de implementação. O engenheiro de conhecimento quando está desenvolvendo a etapa da aquisição de conhecimentos já está, concomitantemente, desenvolvendo, ou no mínimo preocupado, com a etapa da representação dos conhecimentos que estão sendo adquiridos, para, passo a passo (aquisição-representação) ir construindo a base de conhecimento do SE. O "ser humano", por outro lado, preocupa-se, a princípio, com a

aquisição de conhecimentos, sem, deliberadamente, preocupar-se com a sua representação ou armazenamento em sua base de conhecimento (cérebro).

O método de representação do conhecimento em um SE, pode ser definido como a formalização e a estruturação do conhecimento adquirido no processo da aquisição de conhecimento. É de suma importância, pois dele depende a eficiência, a velocidade e a manutenção do próprio sistema. O método escolhido depende, fundamentalmente, da área de domínio do problema e do problema à resolver, podendo, dependendo do problema, serem utilizados métodos diferentes de representação ou, até mesmo, mais de um método de representação na resolução de um mesmo problema.

Segundo Jackson [JAC86a], um bom método de representação de conhecimento deve possuir as seguintes características:

- *lógica*: significa que o formalismo utilizado deve ser capaz de expressar o domínio do conhecimento;

- *heurística*: significa que o formalismo construído deve facilitar o desenvolvimento de inferências de novos conhecimentos, necessários para a resolução de um problema;

- *notação*: significa que as expressões de representação utilizadas devem ser de fácil leitura e redação, serem declarativas e possibilitarem a codificação de todos os conhecimentos.

Existem vários métodos ou técnicas para a representação do conhecimento em um SE, que a seguir serão, sucintamente, descritos.

### **2.5.1 Tripla Objeto - Atributo - Valor (O-A-V)**

Consiste, basicamente, em caracterizar, na área de domínio, entidades ou objetos, associando-lhes um conjunto de atributos e, aos atributos, um determinado valor. Por exemplo: o objeto "terreno" pode possuir vários atributos, dentre eles "área", que possuem

um determinado valor, por exemplo: "500,00 m<sup>2</sup>". A representação de uma tripla O-A-V pode ser feita em forma de uma tabela (tab. 2.2) ou em forma de uma rede (fig. 2.4) onde os nós representam os conceitos de objeto, atributo e valor, e as linhas que os interligam representam as relações hierárquicas existentes entre os nós, dos tipos: "is\_a" (é um), "has\_a" (tem um), "a\_kind\_a" (ako)(um tipo de).

A representação através de triplas O-A-V é, normalmente, utilizada para listar os conhecimentos em forma de tabelas, servindo de base para a produção ou indução de regras heurísticas na base de conhecimento.

Objeto	Atributo	Valor
Terreno	Área	500,00 m <sup>2</sup>
Terreno	Preço	R\$ 15.000,00

Tab. 2.2 Representação de duas triplas O-A-V

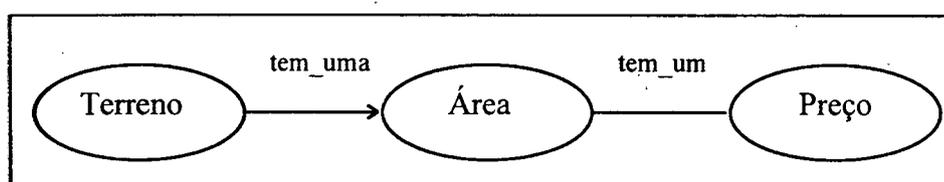


Fig. 2.4 Representação em rede de uma tripla O-A-V

Como um objeto pode possuir vários atributos que por sua vez possui um determinado valor ou um conjunto de valores, a representação da tripla O-A-V pode ser simplificada em "pares", isto é, omite-se a representação do objeto, pois subentende-se que para qualquer par A-V está associado um determinado objeto. Por exemplo, omitindo-se (subentendendo-se) o objeto "terreno", podemos ter os pares: "proprietário-valor"; "área-valor"; "preço-valor" (tab.2.3).

Terreno (Objeto)	
Atributo	Valor
Área	500,00 m <sup>2</sup>
Preço	R\$ 15.000,00

Tab. 2.3 Representação de dois pares A-V

## 2.5.2 Redes Semânticas

No método anterior, uma tripla O-A-V é utilizada para representar conhecimentos sobre um determinado objeto. Redes Semânticas, podem ser definidas, basicamente, como a representação de conhecimentos de vários objetos, como se fosse um conjunto de triplas O-A-V, ou a forma de representar vários objetos e diversos atributos desses objetos.

Esquemáticamente, as redes semânticas são representadas como um conjunto de nós ou nodos que são ligados por meio de arcos, onde cada nodo representa um objeto, uma entidade conceitual ou um evento e cada arco representa o relacionamento existente entre cada par de nodos, sendo que cada par de nodos representa um determinado fato. A medida que novos fatos vão sendo associados, cada nodo pode ser ligado a outros nodos, proporcionando o desenvolvendo da rede.

A fig. 2.5 mostra a representação de rede semântica, onde o nodo "Lote ARE" especifica um determinado tipo de terreno que herda todos os atributos concernentes ao nodo/objeto "Terreno" e, também, possui os seus próprios atributos. A propriedade de "herança" proporciona uma considerável redução na memória de armazenamento de conhecimentos.

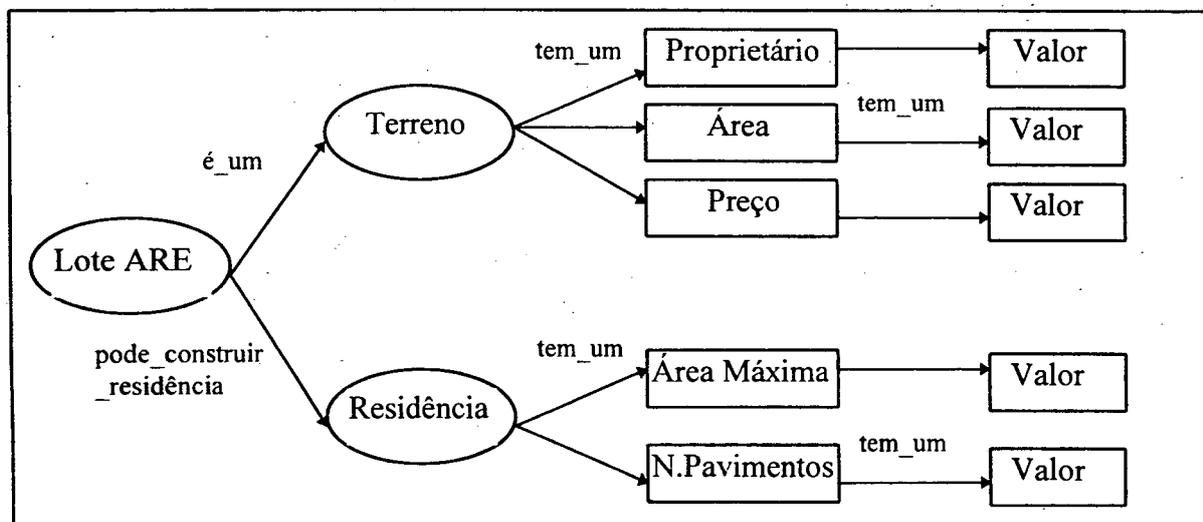


Fig. 2.5 Representação de Rede Semântica

As redes semânticas apresentam vantagens e desvantagens. Como vantagens podem ser citadas:

- flexibilidade: nodos e arcos podem ser adicionados a medida que novos fatos são conhecidos;
- inteligibilidade: devido a sua tendência de orientação à objeto, sua estrutura de representação, suas características associativa e classificatória, elas tomam-se "parecidas" com a memória humana;
- simplicidade: devido a representação de conhecimentos através de simples triplas (nodo-arco-nodo) e a sua capacidade de permitir herança;
- herança: permite que o seu desenvolvimento tenha uma determinada hierarquia para os objetos, permitindo, com isto, que qualquer "objeto-filho" (subclasse) herde automaticamente todas as propriedades do "objeto-pai" (superclasse).

Dentre as desvantagens, destacam-se:

- diferentemente da representação através da lógica, onde o conhecimento sobre um determinado objeto pode ser, rigorosa e completamente, definido, as redes semânticas dificilmente, conseguem atingir este objetivo. Para isto, elas precisariam ter todos os seus "nodos" e "ligações", também, rigorosa e completamente, definidos, o que, dependendo da área de domínio do problema pode ser inviável ou, até mesmo, impossível, visto que as redes necessitariam uma grande e complexa representação e isto, certamente, causaria problemas de entendimento e consistência da própria rede.
- o problema da "explosão combinatória" na busca da solução de um determinado problema, isto é, dependendo do tipo de conexão existente, uma quantidade significativa de nodos, ou até mesmo todos, podem ser pesquisados.

### **2.5.3 Lógica Proposicional**

A lógica é uma das mais primitivas formas de representação do raciocínio ou conhecimento humano. No campo da IA, é uma das primeiras formas de representação do conhecimento. Segundo Nolt [NOL91], a lógica é o estudo de argumentos, onde um

argumento é uma seqüência de enunciados na qual um dos enunciados é a conclusão e os outros são premissas, as quais servem para provar ou evidenciar a conclusão. As *premissas* e a *conclusão* são os *enunciados* ou *proposições*.

A lógica proposicional é considerada a forma mais comum da lógica. Baseia-se em que uma proposição só pode ter um dos seguintes valores: verdadeira ou falsa. As proposições podem ser ligadas através de *conectores* ou *operadores lógicos* formando, assim, as proposições compostas. A Tab. 2.4 mostra os operadores utilizados pela lógica proposicional.

A lógica proposicional não é muito adequada para a representação do conhecimento nos SEs, devido, principalmente, a sua pouca flexibilidade, pois nela, os conhecimentos sobre um determinado objeto ou conceito limitam-se aos valores verdadeiro ou falso, o que é insuficiente para definirmos adequadamente este objeto ou conceito e, por conseguinte, insuficiente para a resolução de problemas complexos.

Operadores	Significado
"•" ou "&" ou "^"	E
"v"	OU
"-" ou "¬" ou "~"	NÃO
"⊃" ou "→"	IMPLICA
"≡" ou "↔"	EQUIVALÊNCIA

Tab. 2.4 Operadores Lógicos

#### 2.5.4 Lógica de Predicados ou Lógica de Primeira Ordem

A lógica de predicados é considerada como uma extensão da lógica proposicional. Na lógica proposicional a validade das proposições (sentenças simples e completas), isto é, se são verdadeiras ou falsas, não leva em consideração os predicados, ou conceitos, ou atributos, ou relações que um determinado objeto possui, não conseguindo, assim, caracterizar um

objeto ou uma determinada classe de objeto. Em outras palavras, a lógica proposicional não leva em consideração a estrutura interna das sentenças

Na lógica de predicados ou, também chamada *cálculo de predicados*, os elementos fundamentais são, além do objeto, os seus *predicados*. Os predicados são então utilizados para representar os conhecimentos sobre um determinado objeto, levando em consideração a estrutura interna das sentenças. Os predicados podem estar relacionados com mais de um objeto e, também, podem ser conectados através dos operadores lógicos.

Araribóia [ARA88], apresenta o seguinte exemplo simples, para mostrar a insuficiência da lógica proposicional:

- “(1) Todo amigo de Paulo é amigo de João.  
 (2) Pedro não é amigo de João.  
 conclui-se que:  
 (3) Pedro não é amigo de Paulo.”

A proposição (dedução) (3) não pode ser deduzida pela lógica proposicional, pois as proposições simples (1) e (2) não possuem argumentos (predicados) para representar (caracterizar) os objetos João, Pedro e Paulo.

A lógica de predicados utiliza palavras ou símbolos especiais, chamadas de *quantificadores* que tornam as proposições mais exatas ou definidas (Tab. 2.5), além daqueles utilizados na lógica proposicional.

Símbolo	Significado
" ( $\forall x$ ) "	" para_todo " / Quantificador Universal
" ( $\exists x$ ) "	" existe " / Quantificador Existencial

Tab. 2.5 Quantificadores/Lógica de Predicados

Agora, utilizando a Lógica de Predicados, podemos expressar e deduzir a proposição (conclusão) (3) do exemplo anterior:

$$\boxed{\forall x (Axp_1 \rightarrow Axj) \vee \sim Ap_2j \vdash \sim Ap_2p_1} \quad (1)$$

– (1) para todo x (qualquer pessoa), se x é amigo (A) de Paulo (p<sub>1</sub>) então (implica) que x é amigo (A) de João (j) e Pedro (p<sub>2</sub>) não é amigo (~A) de João (j), conclui-se que Pedro (p<sub>2</sub>) não é amigo de Paulo (p<sub>1</sub>).

Dedução:

1.  $\forall x (Axp_1 \rightarrow Axj)$  Premissa
2.  $\sim Ap_2j$  Premissa
3.  $Ap_2p_1 \rightarrow Ap_2j$  1, Quantificador Universal.
4.  $\sim Ap_2j \rightarrow \sim Ap_2p_1$  3,  $(p \rightarrow q) \rightarrow (\sim q \rightarrow \sim p)$
5.  $\sim Ap_2p_1$  2,3, MP.

A Lógica de Predicados, na sua forma mais simples, é conhecida como *Lógica de Primeira Ordem*, pois permite, somente, a quantificação sobre os objetos, e não sobre os predicados ou funções.

Como vantagem do uso da Lógica de Predicados ou Lógica de Primeira Ordem pode-se citar, além da facilidade da representação de fatos e regras e da consistência da base de conhecimento, a existência de linguagens de programação baseadas em lógica, como por exemplo: a linguagem *Prolog*.

Como desvantagem, podemos citar a sua incapacidade de expressar proposições que não podem ser perfeitamente definidas, como por exemplo, àquelas que fazem uso da palavra "*most*", visto que este quantificador não pode ser expresso pelo "para\_todo" ou pelo "existe". Este assunto é tratado pela lógica difusa.

### 2.5.5 “Frames”

O uso de “frames” na representação do conhecimento, significa estruturar através de um quadro, ou armação, ou moldura, o conhecimento sobre um determinado objeto, ou conceito ou situação. A idéia do uso de “frames”, no campo da IA, tem origem a partir de Minsky [MIN75], para justificar e representar o reconhecimento de um objeto através da “observação visual”. Segundo esta idéia, o reconhecimento de um objeto é realizado através da “comparação” de algumas de suas principais propriedades, aquelas que estamos observando visualmente, com àquelas propriedades já definidas e conhecidas de um objeto estereotipado e que estão armazenadas na nossa memória. Então, podemos construir uma estrutura, “frame”, para um objeto\_tipo, contendo suas principais características (“slots”), cada qual com o(s) seu(s) respectivo(s) valor(es) e, através desta representação (similar a uma tripla O-A-V), definirmos o objeto à ser reconhecido. A vantagem do uso de “frames” com relação as redes semânticas é a facilidade de podermos estruturar uma maior quantidade de características pertinentes ao objeto. A fig. 2.6 [IGN91], mostra uma representação baseada em “frame” para o objeto ou *instância*: cachorro.

Os “slots” apresentam algumas características, tais como:

- aos “slots” podem ser atribuídas unidades como: centímetro, metro, quilograma, etc..;
- aos “slots” pode ser definido um limite de variação para os seus valores, assim como, um “slot” pode ter múltiplo valores;
- Os “slots” podem , dependendo de seus valores, dispararem a execução de ligações procedurais, tais como: “**if-needed**” - quando o “slot” não possui nenhum valor ou o valor disponível não é desejado, “**if-added**” - quando queremos adicionar um valor para o “slot” e “**if-removal**” - quando queremos remover um determinado valor do “slot”. Também, podem disparar um conjunto de regras ou apontarem para outros “frames”;
- os “slots” podem, também, possuir relações do tipo “**a kind of**” e “**is a**”. As relações do tipo “**a kind of**” relacionam classes, isto é, as classes descendentes herdam as propriedades das classes ascendentes, enquanto a relação do tipo “**is a**” relaciona um objeto ou

instância para uma determinada classe. Essas relações são importantes, pois permitem a exploração da propriedade de herança dentro da hierarquia das classes.

Classe: Caninos	
Instância: Cachorro	
Slots	Valor
Raça	Pomerânia
Número de pernas	Default: 4
Idade	Unidade: ano. Limite: 1 - 20
Pêso	Unidade: Kilograma. Se desconhecido, proceder pesagem.
Altura	Unidade: cm. Limite: 0 - 25 Se desconhecida, proceder medição.
Saúde	(Boa-Regular-Ruim). Se regular ou ruim, proceder exame

Fig. 2.6 Representação baseada em **Frame**. Fonte [IGN91]

Segundo Jackson [JAC86b], a representação do conhecimento baseada em “**frame**” é, devido a sua organização, mais fácil de ser compreendida do que a representação através da lógica ou através de sistemas de produção com um significativo número de regras, levando-nos a uma “tendência” em adota-la. Entretanto, nem tudo são “flores”, Brachman [BRA85], cita que o maior problema no uso dos sistemas baseados em “frames” reside, ironicamente, na livre possibilidade de alteração e/ou cancelamento de “slots”, o que pode levar-nos à impossibilidade de expressar certas verdades universais, tal como, definir, de forma absoluta, o “**frame**” elefante, pois, pode ocorrer a existência de um elefante com três pernas. Luger (LUG89) caracteriza este problema como o “problema do “**frame**””, isto é, a impossibilidade da formação de uma base de conhecimento que possa ser considerada absoluta, ou perfeitamente suficiente, ou completa, para a maioria dos domínios do mundo real.

### 2.5.6 Regras de Produção

A representação do conhecimento através de regras de produção, consiste em representar o domínio do conhecimento através de um conjunto de regras. É a técnica mais popular e utilizada no desenvolvimento de SEs, devido à algumas de suas características, dentre elas: modularidade (forma); facilidade de implantação (escrita e programação) e, também, pelo fato de existir inúmeros pacotes (“shells”), para o desenvolvimento de SEs, que as utilizam. Segundo Waterman [WAT86], as regras de produção são apropriadas para representar conhecimentos oriundos de recomendações, diretrizes, estratégias e quando o domínio do conhecimento é resultante de proposições empíricas que foram desenvolvidas ao longo do tempo através da experiência de especialistas na resolução de problemas.

A regras de produção consistem de duas partes: a primeira, chamada de *antecedente*, ou *premissa*, ou *condição*, ou *parte If (se)*, a segunda, chamada de *conseqüente*, ou *conclusão*, ou *ação*, ou *parte Then (então)*. Por exemplo:

parte *If* (antecedente): Se lote tem área maior ou igual a 450,00 m<sup>2</sup>,

parte *Then* (conseqüente): É permitido a construção de residência.

Podemos observar que as regras de produção são compostas, implicitamente, por triplas O-A-V ou, quando o objeto esta implícito, por pares A-V. No exemplo da regra anterior temos:

parte *If* (premissa) o objeto = lote, o atributo = área e o valor = maior ou igual a 450,00 m<sup>2</sup>,

parte *Then* (conclusão) o objeto = lote, o atributo = construir residência e o valor = sim ou permitido.

As regras de produção podem ser constituídas de várias proposições, tanto na parte *If* (premissa) como na parte *Then* (conclusão), por exemplo:

parte *If*: O lote é do tipo ARE\_1 ou ARE\_2 e tem área superior a 450,00 m<sup>2</sup>,

parte *Then*: Só poderá ter uso residencial e a taxa de ocupação do lote deverá ser de no máximo 40%.

Na parte *If* as proposições podem ser ligadas pelos conectores "and" e "or", enquanto que na parte *Then* as proposições só podem ser ligadas pelo conector "and", pois tratam-se de constatações (conclusões) que devem, sempre, ser verdadeiras.

Quando a parte *If* (condição) é verificada, o SE, através do seu motor de inferência, executa o seu "disparo" (inferenciação), isto é, realiza a parte *Then* (ação). Este procedimento pode determinar o acréscimo, ou modificação, ou, até mesmo, remoção de fatos dentro da base de conhecimento. Existem dois tipos de inferenciações ou *encadeamentos*: o *encadeamento para frente* ou "*forward-chaining*" e o *encadeamento para trás* ou "*backward-chaining*". No encadeamento para frente o processo inicia-se comparando as partes *If* (premissas) com a base de fatos da base de conhecimento para verificar se as mesmas já estão definidas ou são conhecidas. Quando todas as premissas forem satisfeitas, a parte *Then* (conclusão) é estabelecida. No encadeamento para trás o processo inicia partindo-se do objetivo que deve ser constatado (conclusão). Se o mesmo não é constatado, isto é, se não está definido na base de conhecimento, o processo, recursivamente, estabelece sub-objetivos, tentando verificar a constatação das premissas necessárias. As figs. 2.7 e 2.8 [WAT86], mostram estes processos.

Dentre algumas desvantagens que o uso da representação do conhecimento através de regras de produção pode apresentar, citamos:

- a ocorrência de centenas ou, até mesmo, milhares de regras de produção, exigindo que as mesmas sejam ordenadas a fim de possibilitarem a compreensão e estruturação do domínio do problema;
  - não permite a herança automática dos atributos, tal como nos "**frames**";
  - não expressa a natureza fundamental de diversos campos.
- a ocorrência do problema da "resolução de conflitos", devido a existência de regras com a mesma, ou nenhuma, prioridade. Neste caso devemos estabelecer prioridades para as

regras ou determinarmos um objetivo, isto é, estabelecermos uma "regra \_meta" (objetivo) que, quando atingida, faz cessar o processo de inferência.

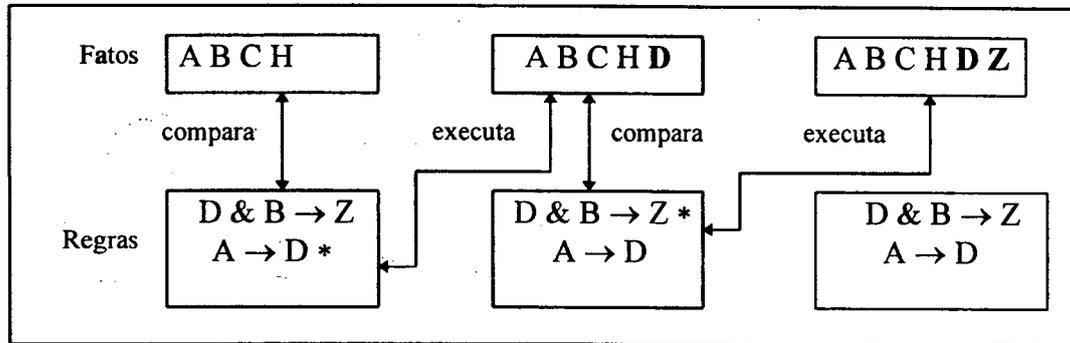


Fig. 2.7 Exemplo de Encadeamento Forward Chaining. Fonte [WAT86]

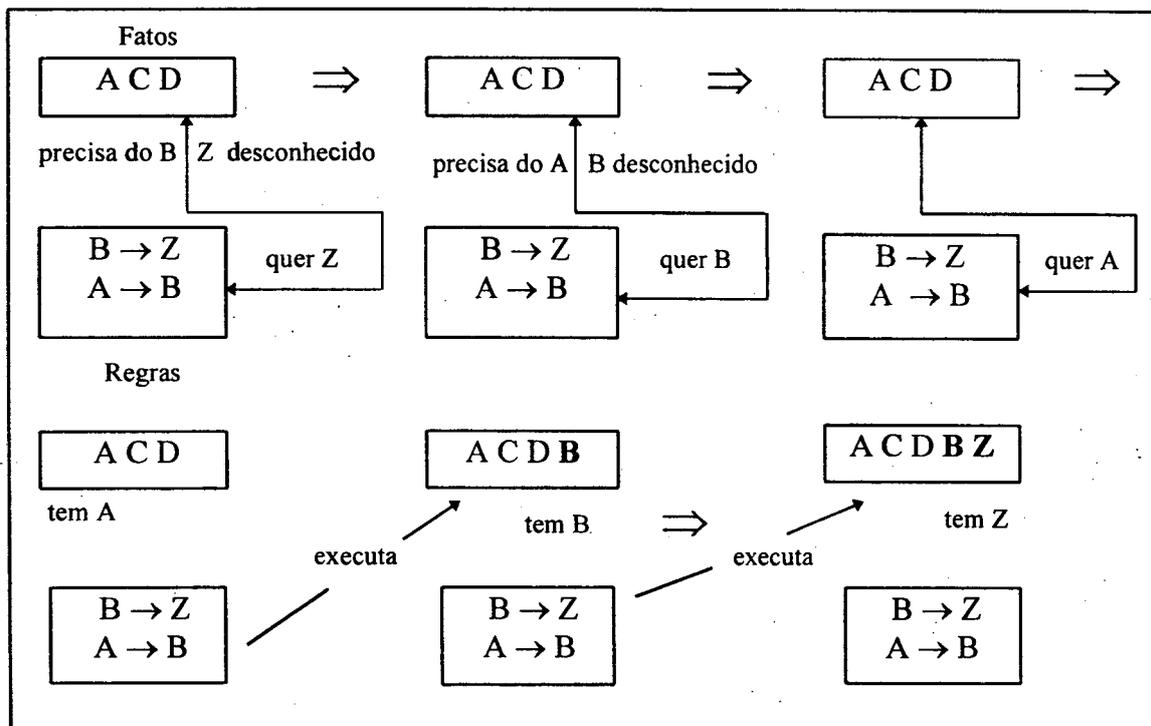


Fig. 2.8 Exemplo de Encadeamento Backward Chaining. Fonte [WAT86]

## 2.6 Considerações sobre o Desenvolvimento de Sistemas Especialistas

### 2.6.1 Etapas de Desenvolvimento

Embora alguns autores definam etapas para o desenvolvimento de SEs, Souza [SOU88] diz que, por ser um campo recente, existem controvérsias na definição dessas etapas e que as mesmas são objetos de pesquisa e desenvolvimento. Weiss e Kulikowski [WEI88], argumentam que o sucesso dos SEs depende, fundamentalmente, de começarmos o seu desenvolvimento de maneira simples e crescermos, por incrementos, até que o SE torne-se consistente e significativo.

A fig. 2.9 [WAT86], mostra as etapas de desenvolvimento de um SE, que são: *identificação, conceituação, formalização, implementação e validação*. Essas etapas, embora estejam caracterizadas, e independentes da ordem que aqui apresentamos, devem estar interligadas, exigindo que o engenheiro de conhecimento analise o processo de desenvolvimento do SE como um todo. Como exemplo desta interligação, Rabuske [RAB95], cita que a fase de conceituação não dispensa uma olhada para as etapas seguintes, como por exemplo: verificar quais as possíveis representações e ferramentas poderão servir de base para a etapa da implementação.

– *Etapa da Identificação*: Nesta etapa devem ser analisadas, definidas e, a princípio, satisfeitas, todas as necessidades que o SE irá requerer. Waterman [WAT86] a define como a etapa da caracterização dos aspectos importantes do problema que queremos resolver. Aqui, o engenheiro de conhecimento e o especialista, devem trabalhar conjuntamente. Como exemplo de tais necessidades, podemos citar:

- a identificação apropriada do problema;
- a definição do(s) especialista(s);
- os recursos disponíveis e os necessários, tais como os recursos computacionais e financeiros, serviços técnicos de apoio e a estimativa de tempo para o desenvolvimento do SE;

- os objetivos que devem ser alcançados.

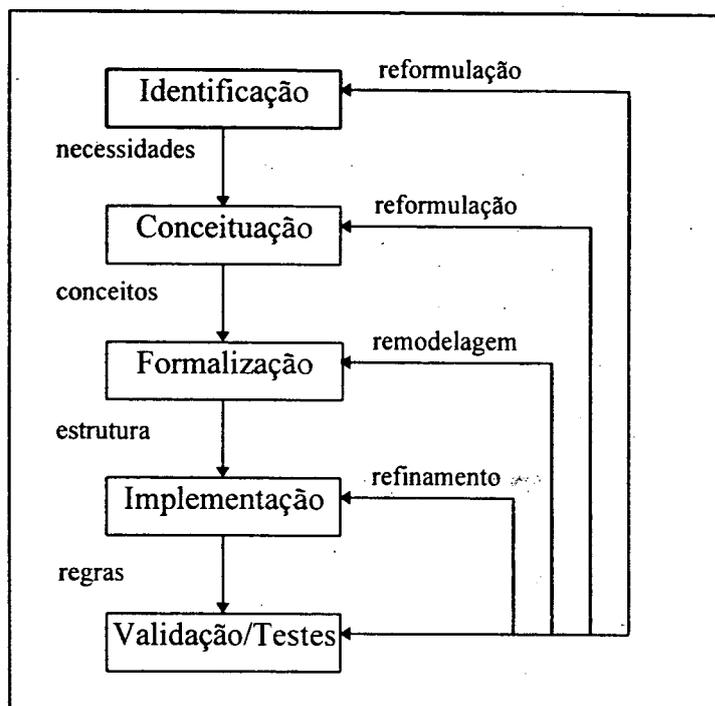


Fig. 2.9 Etapas de desenvolvimento de um SE. [WAT86]

– *Etapa de conceituação*: Nesta etapa, o engenheiro de conhecimento e o especialista devem descrever conceitualmente o problema à resolver, inclusive, se necessário, particionando-o em subproblemas. Devem ser definidos:

- todos os conhecimentos, tanto os disponíveis como os que podem ser deduzidos;
- as hipóteses que podem ser levantadas e que, normalmente, são consideradas no domínio do problema;
- o relacionamento e a ordenação de todos os conhecimentos;
- a justificativa dos métodos ou técnicas que serão utilizadas para a resolução do problema.

Waterman [WAT86], chama a atenção de que não deve-se tentar, nesta etapa, fazer uma análise completa do problema, visto que, na etapa da implementação do primeiro protótipo, esta etapa, certamente, será retomada.

– *Etapa de formalização*: Esta etapa consiste, basicamente, na representação formal e estruturada de todos os conhecimentos adquiridos para a resolução do problema, desde os conhecimentos disponíveis até as estratégias de controle, definidas na etapa de conceituação. O engenheiro de conhecimento, baseado nas características do domínio do problema, decide, dentre as ferramentas disponíveis (linguagens de programação e/ou "shells"), àquela(s) que são mais adequada(s).

– *Etapa de implementação*: Esta etapa consiste, basicamente, na transformação de todo o conhecimento formalizado em um programa computacional ou como uma aplicação de alguma ferramenta ("shells") existente e, assim, implementar um primeiro protótipo, através de uma amostragem representativa do domínio do problema. Quando da implementação deste protótipo, todas as definições tomadas nas etapas anteriores serão colocadas à prova, especialmente as que dizem respeito à etapa da formalização e, se preciso, poderão ser revisadas ou, até mesmo, descartadas. Em um sistema baseado em regras, esta etapa corresponde à definição de todas as regras que irão compor a base de conhecimento, bem como as estratégias de controle necessárias para a resolução do problema em questão.

– *Etapa de validação (testes)*: Consiste em avaliar o desempenho e a utilidade prática do primeiro protótipo, através da qual os possíveis erros cometidos, nesta própria etapa ou em etapas anteriores serão detectados, devendo ser revisados. Segundo Hayes-Roth [HAY83], normalmente, os causadores de problemas no desenvolvimento dos SEs tem as seguintes origens: nos dados de entrada e/ou saída; nas regras de inferência; nas estratégias de controle e, até mesmo, nos exemplos selecionados para testes, isto é, na própria avaliação. Dentre os critérios que podemos levar em consideração para a avaliação de desempenho, citamos: a eficiência, a precisão, a credibilidade e as soluções apresentadas, bem como as suas respectivas justificativas. Com relação à sua utilização prática, citamos: a **interface** com o usuário, a rapidez no processamento e a qualidade das soluções, quando comparadas com as do especialista humano.

De acordo com Waterman [WAT86], os SEs podem ser classificados, quanto aos seus graus de complexidade e utilização, desde os pequenos sistemas ou *protótipos de demonstração* aos grandes sistemas ou *sistemas comerciais*. Os *protótipos de demonstração* são definidos como sistemas que resolvem partes ou porções do problema em questão, possuem em torno de 100 regras de produções e consomem um tempo de, aproximadamente, 3 meses no seu desenvolvimento, como por exemplo, o sistema R1-SOAR, desenvolvido na Universidade de Carnegie-Mellon, que executa uma parte da tarefa de configuração de sistemas operacionais para computadores, baseado em uma porção da base de conhecimento de um outro sistema (XCON). Os *sistemas comerciais* são definidos como sistemas que são regularmente utilizados como modelos comerciais, possuem milhares de regras de produção e podem consumir um tempo de, aproximadamente, 5 anos no seu desenvolvimento, como por exemplo, o sistema XCON. Este sistema foi desenvolvido pelos pesquisadores da Universidade de Carnegie-Mellon em colaboração com a Digital Equipment Corporation (DEC), em Hudson, USA, e seu objetivo é configurar sistemas operacionais para os computadores VAX 11/780 a partir das solicitações dos usuários, decidindo quais os componentes que devem ser adicionados para produzir um sistema operacional completo, e determinar, também, a distribuição espacial desses componentes. O XCON tem, aproximadamente 3000 regras de produção e consumiu um tempo de, aproximadamente, 6 anos no seu desenvolvimento.

### **2.6.2 O Uso de "Shells" no Desenvolvimento de Sistemas Especialistas**

Uma das tarefas importantes na etapa de implementação de um SE diz respeito à escolha do método que será utilizado para a representação do conhecimento que, por sua vez, está diretamente relacionado com o tipo de problema que desejamos resolver, sendo que, o mais utilizado é o método de representação do conhecimento através do uso de regras de produção. Nesta tarefa, definimos o "software" que será utilizado e, para tal, podemos fazer uso de pacotes ou "shells" disponíveis comercialmente ou desenvolvermos, através de uma linguagem de programação, uma "shell" própria para o nosso sistema.

As "**shells**", genericamente, podem ser definidas como ferramentas que são utilizadas para representar o conhecimento, prover o mecanismo de inferência para a resolução do problema e as **interfaces** de comunicação com o engenheiro de conhecimento e o usuário para a manipulação do sistema. É, como se fossem, o arcabouço de um sistema. A utilização de "**shells**" no desenvolvimento de SEs reduz, significativamente, o trabalho do engenheiro de conhecimento, restando a ele a responsabilidade de, somente, fornecer os conhecimentos necessários ao sistema. Um exemplo clássico de "**shell**", que utiliza a representação do conhecimento através do uso de regras de produção, é o EMYCIN [WAT86], desenvolvida através da linguagem INTERLISP, que pode ser considerada como derivada do Sistema MYCIN, pois nada mais é do que o Sistema MYCIN vazio, isto é, sem a sua base de conhecimento específica.

### 2.6.3 O "Software *KAPPA-PC*" - Versão 2.0.

O "software *Kappa-PC*", versão 2.0. é uma "**shell**" (IntelliCorp, Inc., 1992), com tamanho de, aproximadamente, 2,7 Mb, que fornece o arcabouço ou o ambiente de programação para o desenvolvimento de SEs, baseando-se no conceito de Programação Orientada à Objetos (POO), sendo compatível com programas desenvolvidos na linguagem C. Quanto a sua arquitetura, este "software" pode ser classificado como um sistema baseado em "**frames**" com regras de produção incorporadas, Leung e Lam [LEU89].

A seguir descreveremos, sucintamente, algumas das características do "**Kappa-PC**", versão 2.0., ("**Kappa-PC**" - Guia do Usuário, 1992):

- os componentes do domínio são representados por estruturas chamadas de *objetos*, que podem ser *classes* ou *instâncias de classes*. Os objetos podem representar coisas concretas, como por exemplo, um terreno, ou coisas intangíveis, como por exemplo, a relação de posse do terreno;

- a representação das descrições ou características de um determinado objeto é feita através dos "**slots**". Os "**slots**", com os seus respectivos valores, acrescentam detalhes, estruturas, descrevem atributos ou propriedades dos objetos. Temos, então, uma representação tipo um "**frame**", com: classe, objeto (instância) e "**slots**";

– a modelagem do relacionamento entre os objetos pode ser representada por uma estrutura chamada *hierarquia*, onde:

- *classe* é uma coleção ou um grupo particular de instâncias;
- *subclasse* é parte ou subconjunto de uma classe;
- *classe pai ou mãe ("parent")* é o nome da classe que está diretamente acima de uma subclasse;
- *ascendente ("ancestor") e descendente ("descendant")* descrevem o relacionamento entre classes, subclasse e instância;

– os objetos podem ser organizados e representados hierarquicamente de maneira que herdem todas as características (“*slots*”) da classe ascendente ou mais geral, ou mais apropriada. Essa propriedade é chamada de *herança*. Isto possibilita algumas vantagens, tais como:

- as aplicações são mais facilmente desenvolvidas, pelo fato de que as propriedades gerais precisam ser definidas apenas uma única vez;
- as aplicações são armazenadas e mantidas mais eficientemente por que as propriedades gerais são armazenadas somente em uma classe, entretanto, podem ser aplicadas, automaticamente, para todas as classes descendentes;

– os componentes do domínio podem ser processados ou manipulados de três modos diferentes:

- *métodos*, tem a finalidade de especificar o comportamento dos objetos, isto é, definir o que eles representam. Os métodos são escritos em "**KAL - “Kappa-PC” Application Language**". A técnica de armazenar um comportamento de um objeto como um de seus atributos (“*slots*”) é parte da técnica de Programação Orientada à Objetos (POO);

- *funções*, tem a finalidade de manipular a base de conhecimentos. “**Kappa-PC**” dispõe de uma biblioteca com mais de trezentas funções, desde operadores numéricos a funções lógicas. Usando as linguagens **KAL** ou a linguagem "C" podemos construir nossas próprias funções;

- *regras*, tem a finalidade de especificar as condições (“*If*”) pelas quais uma determinada ação ou inferência (“*Then*”) pode ocorrer. Cada regra constitui um módulo relativamente independente, razão pela qual, podemos construir gradualmente, regra por regra, sistemas de raciocínio. As regras podem ser utilizadas nos processos de encadeamento para

frente - *“forward chaining”*, e para trás - *“backward chaining”*, conforme descrito no item 2.5.6;

– as janelas (*“windows”*) constituem o componente básico para a **interface** do **“Kappa-PC”**. v.2.0. São áreas onde aparecem gráficos e textos;

– a **“interface”** com o desenvolvedor de sistemas ou o engenheiro de conhecimento pode ser realizada através dos vários editores de conhecimento ou através do uso de programação, utilizando-se as linguagens **KAL** ou **"C"**. Os editores de conhecimentos, tais como: classes, instâncias, **“slots”**, métodos, funções, regras e regras-metas, permitem a manipulação e modificação dos objetos que compõem a base de conhecimentos;

– O usuário final pode, além das **“interfaces”** disponíveis, construir suas próprias **“interfaces”** visando o adequado acompanhamento de suas tarefas.

## 2.7 Conclusão

Este capítulo teve o objetivo de apresentar, de uma maneira simplificada, uma fundamentação teórica sobre a tecnologia dos SEs, dentro do campo maior da IA, sem relacionar-se com o objetivo deste trabalho, visto que, tal relação será abordada no capítulo seguinte. Concluí-se que os SEs podem ser usados, eficientemente, para auxiliar-nos na resolução de problemas do mundo real, principalmente àqueles que, do ponto de vista das técnicas de programação convencional, são de difícil estruturação. A eficiência dos SEs está, fundamentalmente, relacionada com o processo de aquisição e com a quantidade de conhecimentos armazenados, além do formalismo pelo qual esses conhecimentos são representados. O processo de aquisição do conhecimento constitui-se, atualmente, em um importante campo de pesquisa dentro da área maior da IA, visto ser considerado como uma tarefa de difícil execução e das mais importantes no desenvolvimento dos SEs. Quanto a representação do conhecimento, alguns engenheiros de conhecimento estão optando pelo desenvolvimento de sistemas híbridos, procurando, desta forma, explorar as vantagens que os diferentes formalismos possuem com relação ao domínio do problema em consideração.

## CAPÍTULO 3

### PLANEJAMENTO URBANO

#### 3.1. Introdução

Entendemos que o *planejamento*, no âmbito social, é o processo de projetar - de maneira racional, ordenada e organizada - o atendimento às nossas necessidades, com um determinado grau de satisfação, e de maneira contínua. De uma forma simples, entendemos o *urbanismo* como uma ciência ou a arte de distribuição e adequação de uso para um determinado espaço físico, visando atender a propósitos diversificados, considerando-se os aspectos físicos, econômicos, sociais e políticos da comunidade a ser beneficiada. Entendemos, então, o *Planejamento Urbano* como uma ciência, com caráter multidisciplinar, de projetar - de maneira racional e organizada - a distribuição e adequação do espaço físico, com o objetivo de proporcionar e manter condições dignas de vidas à todos as pessoas envolvidas.

Os mais remotos "planejadores" urbanos datam de 500 a.C., levando-nos a Hyppodamos de Mileto, [SOU88]. Nos idos da idade média, podemos nos reportar à Espanha, França e Inglaterra que transformavam suas colônias em cidades, embasadas, simplesmente, sob os aspectos de segurança ou posse na afirmação de suas, forças imperiais. A preocupação com o planejamento urbano, dentro da concepção atual, ou seja, como forma de melhoria das condições de vida de uma comunidade organizada, surge no final do século passado principalmente com o advento da primeira revolução industrial, que ensejou uma grande migração da população rural para as áreas urbanas, acarretando no surgimento de problemas até então desconhecidos, tais como: congestionamentos (circulação), poluição, saneamento básico, moradia, etc. Esses problemas amedrontaram as classes dominantes e geraram as primeiras Leis de Saúde Pública e o movimento para a criação de cidades-jardins ou modelos, que pode ser considerado como o limiar dos estudos na área do planejamento urbano.

No início do século, o planejador urbano era tido como um técnico especialista. Entretanto, nesta época, o planejamento era visto como um processo finito para a resolução de problemas, tal como os problemas matemáticos, que apresentavam soluções únicas. Atualmente, face a multidisciplinaridade envolvida, um problema pode apresentar várias soluções, dependendo, por exemplo, das metas e ou políticas estabelecidas e dos recursos disponíveis para a sua implementação.

Alguns autores, tais como Ozbeckan [OZB69], McLoughlin [McLO69], Chadwick [CHA71] e Ackoff [ACK74], advogavam que o planejamento urbano pode ser considerado como um processo procedural racional sob a forma de modelagem de sistemas, onde técnicas de pesquisa operacional poderiam ser utilizadas. Entretanto, Davis [DAV87a], considerava que a maior dificuldade em tratarmos o planejamento urbano como sistemas modulados, com o uso de técnicas de pesquisa operacional, reside na necessidade que todos os métodos de tomada de decisão e soluções de problemas devem ser expressos proceduralmente e que as informações envolvidas devem ser quantificadas. Para o planejamento urbano isto torna-se um inconveniente pelo fato dos problemas apresentarem um alto grau de complexidade, envolverem incertezas, necessitarem de explanação das soluções e que as decisões a serem tomadas podem envolver grupos de interesses.

Desde o surgimento da preocupação com o planejamento urbano, nota-se a participação das comunidades envolvidas no processo. Segundo o “The International City Manager’s Association” [FGV65], isto é marcante nos primeiros processos de planejamento urbano nos Estados Unidos, onde os planejamentos urbanos tiveram origem a partir de comissões municipais de caráter não governamental. Atualmente, a atividade do planejamento urbano é de responsabilidade do poder público, razão pela qual deve haver uma compatibilização entre os objetivos que podem e devem ser alcançados, com a capacidade dos governos em implementá-los e gerenciá-los. Os objetivos a serem atingidos podem ser caracterizados pelas necessidades presentes, ou a curto prazo, e as necessidades futuras, a médio e a longo prazo. Os objetivos a curto prazo podem ser atribuídos a inexistência ou a erros cometidos em processos anteriores ou vigentes, ao passo que os objetivos futuros devem

ser projetados para atender as necessidades decorrentes do direcionamento estabelecido pelo plano diretor do Município no processo do desenvolvimento urbano.

De acordo com o professor Wilhein [WIL78], o desenvolvimento do processo do planejamento urbano, como um todo, pode ser subdividido, em sete etapas ou tarefas sucessivas, a saber:

- medição e reflexão sobre a vida urbana, identificando quais as estruturas físicas e quais os subsistemas que caracterizam uma determinada cidade;
- sistematizar as informações e contrapô-las a uma contra informação, de modo a contrabalançar e iluminar um determinado fenômeno com informações que venham de fontes diferentes;
- exame das estruturas internas dos problemas determinados, suas razões e origens;
- proposição de futuros alternativos, que devem ser discutidos por uma equipe interdisciplinar;
- fornecimento de subsídios para todas as decisões que venham a ser tomadas;
- relacionar-se com os demais agentes de transformações urbanas, de modo a conduzir, a induzir, e distribuir recursos de forma seletiva e de acordo com as estratégias adotadas;
- sistematização de todo o processo. O processo do planejamento urbano deve ser contínuo a fim de poder receber as correções e poder realimentar-se das informações e reflexões que constituem a primeira etapa.

O processo do planejamento urbano embora possa ter, conceitualmente, definidas suas etapas de condução, não pode ser definido como um sistema modular para a resolução de problemas pois, tratando-se de "projetar o futuro", estamos tratando de uma "situação" que, embora possamos pressupor, não podemos caracterizá-la perfeitamente. Daí a necessidade de um constante gerenciamento do processo, visto que, as propostas definidas no presente podem ser objetos de reanálise no futuro, bem como, o fluxo de informações coletadas ou o surgimento de novos problemas são incessantes. O processo do planejamento urbano tem por

finalidade o bem estar da população existente, hoje e no futuro, porém a sua eficácia é avaliada pelo o que ele faz no presente.

## **3.2 Plano Diretor**

### **3.2.1 Considerações Legais**

O plano diretor pode ser definido como o instrumento básico para a política de desenvolvimento e expansão dos Municípios, constituindo-se no meio pelo qual se consignará a "função social" - entende-se, genericamente, como: gerar melhores condições de vida através do uso adequado do solo - para a propriedade urbana. Segundo o Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) [IBAM94], a Constituição Federal de 1988, estabelece no artigo 182 a obrigatoriedade da existência de planos diretores em todos os Municípios com mais de 20.000 habitantes. Segundo a Constituição Federal, em seu artigo 30, inciso I, "cabe ao Município legislar sobre assuntos de interesse local" e no inciso VIII, define a competência municipal para "promover, no que lhe couber, adequado ordenamento territorial mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano". Salienta-se que o artigo 24, inciso I, autoriza a União, os Estados e o Distrito Federal a legislar sobre o direito urbanístico, devendo o governo municipal respeitar as diretrizes gerais da legislação federal maior e das legislações estaduais, como por exemplo, o que diz respeito às desapropriações do solo, que são reguladas por legislações próprias, expedidas pela União.

### **3.2.2 Etapas de Elaboração**

De acordo com o Instituto Brasileiro de Administração Municipal [IBAM94] a sistematização do processo de elaboração do plano diretor pode ser definida em cinco grandes etapas:

– *caracterização e análise da situação do Município.* Nesta etapa devem ser considerados os seguintes pontos básicos:

- a localização do Município e suas ligações e/ou importância no contexto regional no qual está inserido;

- a caracterização das áreas urbanas e rurais no âmbito de seu território;

- conhecimento da sua população;

- conhecimento e projeções sobre a sua economia;

- caracterização das principais instituições que atuam no Município;

- conhecimento dos recursos disponíveis;

- conhecimento da estimativa da evolução da ocupação urbana e rural;

- *levantamento dos problemas*. Tais como: econômico; saúde; educação; transporte; habitação; esgoto sanitário e pluvial; abastecimento de água e de energia e outros.

- *estudo das soluções*. Pode tomar-se em uma etapa complexa devido a necessidade de compatibilização entre os aspectos técnicos e os interesses políticos e, também, a disponibilidade de recursos financeiros. Nesta etapa é muito importante a participação dos diversos segmentos da população.

- *definição das propostas*. Define-se, essencialmente, a possibilidade de concretização das propostas possíveis, considerando-se as disponibilidades técnicas, financeiras e administrativas.

- *formalização das propostas*. No plano diretor as propostas podem ser caracterizadas como indicações gerais ou diretrizes a serem posteriormente desenvolvidas no processo de planejamento do Município.

O plano diretor deve ser visto como um instrumento que determina as diretrizes que o planejamento urbano deve seguir, objetivando o desenvolvimento econômico, social e urbano do Município. No seu conjunto ele deve estabelecer a política de expansão urbana e o uso e a ocupação do solo, razão pela qual é algumas vezes, de forma simplista, denominado de plano de uso do solo. O plano diretor serve, portanto, de orientação para a execução de programas de governo, planos setoriais de ação, projetos e normas públicas.

### 3.3. O Plano Diretor no Município de Florianópolis

O plano diretor é editado em forma de lei municipal, em conformidade com as leis estaduais e federais concernentes, isto assegura, de certa forma, que as diretrizes estabelecidas serão obedecidas nas ações dos governos constituídos, visto que, qualquer projeto de alteração deverá, além de ser discutido com a sociedade organizada, ser aprovado por, no mínimo, dois terços da câmara de vereadores. No Município de Florianópolis, capital do Estado de Santa Catarina, Brasil, a legislação para o uso e a ocupação do solo foi inicialmente elaborada em 1969 e aprovada em 1976, através da lei municipal nº 1440/76, que abrangeu as áreas central (insular) e continental do Município. Em 1977, foi criado o Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF) com o propósito inicial de elaborar as diretrizes de desenvolvimento para o aglomerado urbano da cidade. Em decorrência de decisões de caráter político-administrativas foi desenvolvido e aprovado em 30.06.1982, um plano diretor para o bairro da Trindade e adjacências, através da lei municipal nº 1851/82. Entretanto, devido, principalmente, à vocação turística do Município, foi desenvolvido e aprovado em janeiro de 1985, a lei municipal nº 2193/85, que ficou conhecida como o plano diretor dos balneários. Resumindo, atualmente as diretrizes para o uso e a ocupação do solo no Município de Florianópolis baseiam-se em três planos diretores, a saber:

- lei municipal nº 1440/76. Abrange as áreas central e continental;
- lei municipal nº 1851/82. Abrange as áreas da Trindade e adjacências;
- lei municipal nº 2193/85. Abrange as áreas dos balneários.

A esses três planos foram acrescentadas centenas de leis de alterações, caracterizando, assim, em um verdadeiro emaranhado legal, de difícil compreensão e aplicação. Como forma de obter uma melhor aglutinação de toda a legislação existente, atualmente tramita na câmara de vereadores do Município um projeto de lei que unifica, altera e acrescenta diretrizes à legislação pertinente as áreas Central, Continental, Trindade e Adjacências, denominado plano diretor do distrito sede de Florianópolis que, em conjunto com a lei n. 2193/85 deverá compor as diretrizes para o desenvolvimento do Município. O

item seguinte aborda considerações sobre o este projeto de lei, pois o mesmo será utilizado como referência para a aquisição de conhecimento para o protótipo de SE a ser proposto.

### 3.3.1 O Projeto de Lei

A proposta inicial deste projeto, originou-se em 1985, tendo, desde então, sido encaminhado duas vezes à câmara de vereadores para apreciação e, em ambas, retirado pelas respectivas administrações municipais para reavaliação e atualização. Atualmente encontra-se, novamente, na câmara de vereadores para apreciação. Dentre suas diretrizes gerais, citamos:

- disciplinar e controlar a ocupação urbana em suas diversas áreas;
- manter e criar referenciais urbanos com ênfase nos valores históricos, culturais e paisagísticos do Município;
- garantir os espaços necessários para a implantação do sistema estrutural de vias de circulação urbana;
- recuperar e ampliar os espaços exclusivos de circulação de pedestres;
- manter a identidade urbana das áreas residenciais homogêneas, assegurando espaços para as diversas classes sociais;
- assegurar espaços destinados ao lazer e recreação;
- garantir espaços para as diversas atividades produtivas;
- descentralizar as atividades geradoras de emprego, fortalecendo e criando centros de bairros;
- reforçar a vocação sócio-econômica do Município;
- incentivar a melhoria da infra-estrutura turística do Município;
- criar mecanismos que permitam a participação da comunidade no processo do planejamento urbano.

Assim como a lei nº 2193/85, este projeto de lei é dividido em normas gerais e normas específicas, além de disposições gerais, transitórias e finais. As normas gerais dizem respeito ao zoneamento, ao uso e ocupação do solo. As normas específicas dizem respeito às

áreas de uso urbano, às áreas de execução dos serviços públicos, às áreas de uso não urbano e às áreas especiais.

Com relação ao zoneamento, o mesmo é considerado sob os aspectos do macro e do micro-zoneamento. Este projeto de lei, considera o seu território abrangente dividido em zona urbana e zona rural, onde a zona urbana é constituída de um único complexo urbano, formado por duas áreas distintas, a saber:

– a área urbana continental, delimitada ao norte, ao sul e ao leste pelo Oceano Atlântico, e ao oeste pela linha demarcatória dos limites entre os Municípios de Florianópolis e São José;

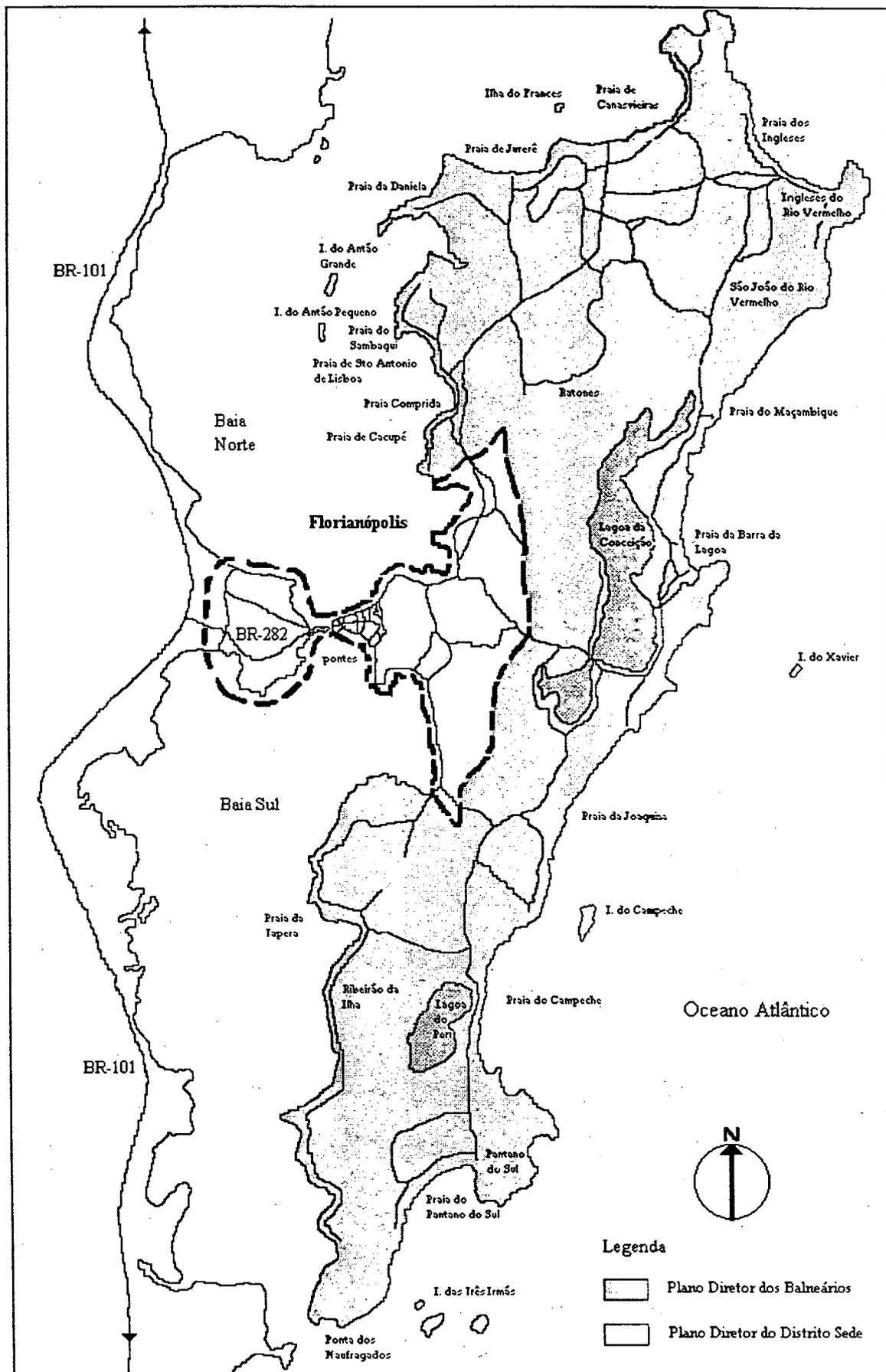
– a área urbana insular, delimitada por uma linha que parte do Oceano Atlântico, na Ponta do Siqueira, na localidade de Cacupé, seguindo o divisor de águas até encontrar a cota altimétrica dos 100 m (cem metros), a qual segue na direção sul, até alcançar o divisor de águas do Morro da Represa do Rio Tavares, descendo por este até a Rodovia SC-405, seguindo em linha reta até o Rio Tavares, descendo este até o mar e seguindo pela linha do Oceano até a Ponta do Siqueira.

A zona rural compreende o espaço situado entre o limite das zonas urbanas e os limites do Município. A fig. 3.1 mostra os limites de abrangência da lei municipal nº 2193/85 e do projeto de lei, sobre o Município de Florianópolis.

Com relação ao macro-zoneamento, a zona urbana subdivide-se em *zona urbanizada* e *zona de expansão urbana*, além da zona rural (fig. 3.2), onde:

– *zona urbanizada* são as áreas caracterizadas pela contigüidade das edificações e pela existência de equipamentos públicos, urbanos e comunitários, destinados às funções de habitação, trabalho e circulação;

– *zona de expansão urbana* são os espaços adjacentes às zonas urbanizadas, constituídos por áreas livres ou ocupadas com baixa densidade habitacional, e destinadas a expansão dos núcleos urbanos atuais para os próximos vinte anos.



3.1. Limites de abrangência dos Planos Diretores em consideração

Com relação ao micro-zoneamento, as áreas, em que se repartem todas as zonas, são agrupadas nas seguintes categorias: Áreas de Usos Urbanos; Áreas de Execução de Serviços Públicos; Áreas de Usos não Urbanos e Áreas Especiais. Cada categoria possui subdivisões que levam em consideração a sua natureza, características e finalidade. No total, são definidas 62 tipos de áreas ou zonas que caracterizamos como primárias e 14 áreas ou zonas como secundárias. As zonas secundárias compreendem as áreas especiais, pois as mesmas estão sobrepostas às demais áreas. As áreas comunitárias institucionais (ACI), geralmente, estão situadas no interior das demais áreas. As figuras 3.3, 3.4, 3.5, e 3.6, mostram a classificação das zonas ou áreas com relação ao micro-zoneamento.

Com relação ao uso do solo, assim como a lei nº 2193/85, o seu tipo, o seu porte e o seu grau de periculosidade, são os fatores determinantes na sua definição. O controle do uso dá-se através dos pareceres de *Adequado* (A), *Tolerável* (T) ou *Proibido* (P), sendo que o parecer *Tolerável* (T) baseia-se em condicionantes fixadas pelos especialistas do órgão de planejamento, em consonância com o disposto no plano diretor.

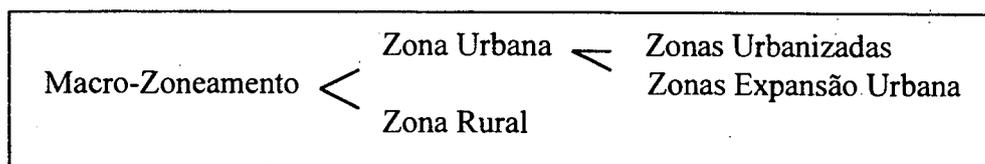


Fig. 3.2 Classificação do macro-zoneamento. Fonte (IPUF)

Com relação à ocupação do solo, a mesma é determinada pela aplicação simultânea dos seguintes fatores:

- *índice de aproveitamento (IA)*, é o quociente entre o total das áreas construídas (AC) e a área do terreno (AT);
- *taxa de ocupação (TO)*, é a relação percentual entre a projeção horizontal da área construída (PAC) e a área do terreno (AT);
- *altura máxima das edificações*, não deverá exceder ao número máximo de pavimentos permitido para a área em que está localizado o terreno;
- *afastamentos obrigatórios e vedações dos terrenos*, dizem respeito aos afastamentos frontal, lateral e fundos, bem como aos muros de vedações;
- *vagas de estacionamento (garagens)*.

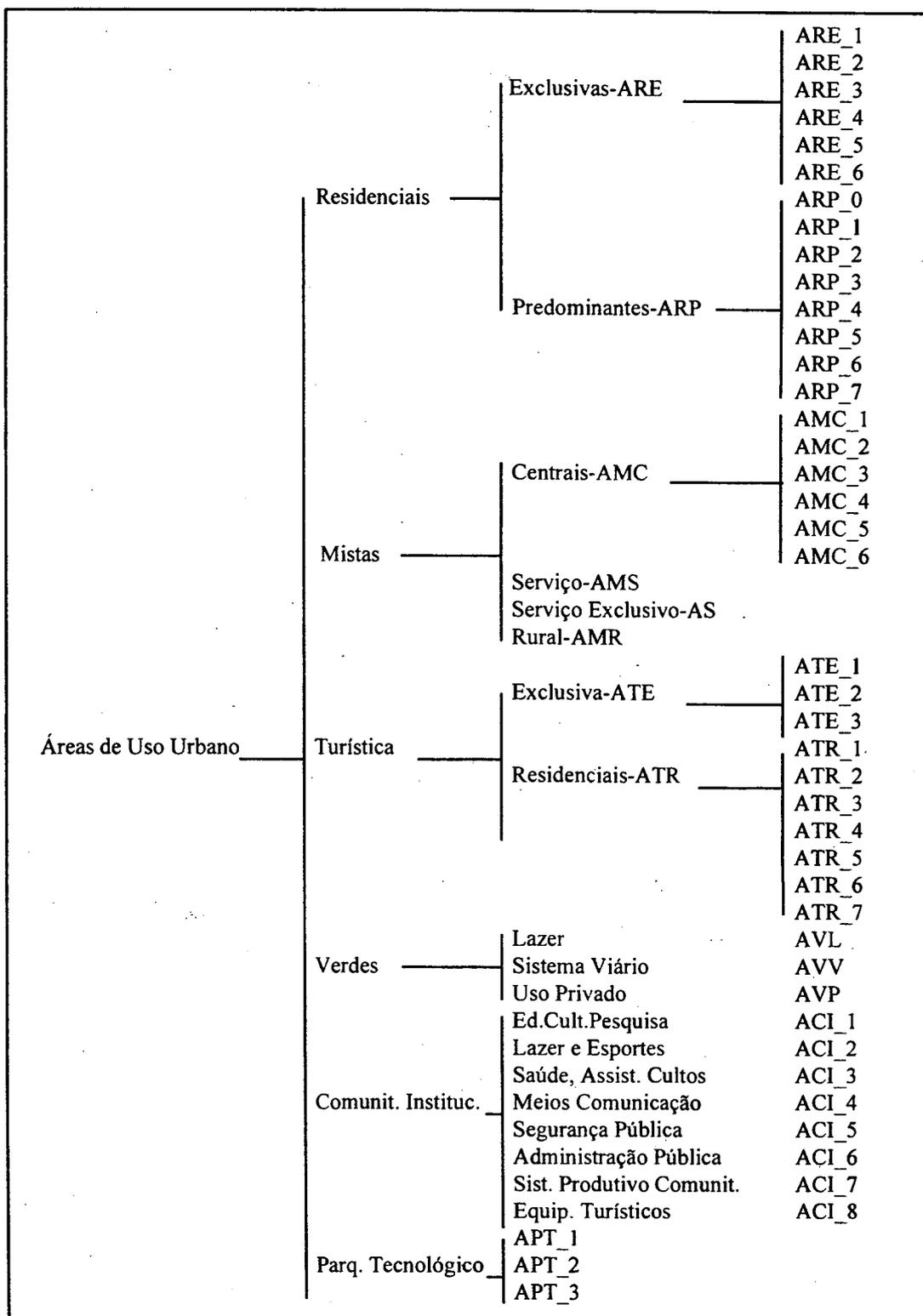


Fig. 3.3 Classificação do micro-zoneamento - Áreas de uso urbano. Fonte (IPUF)

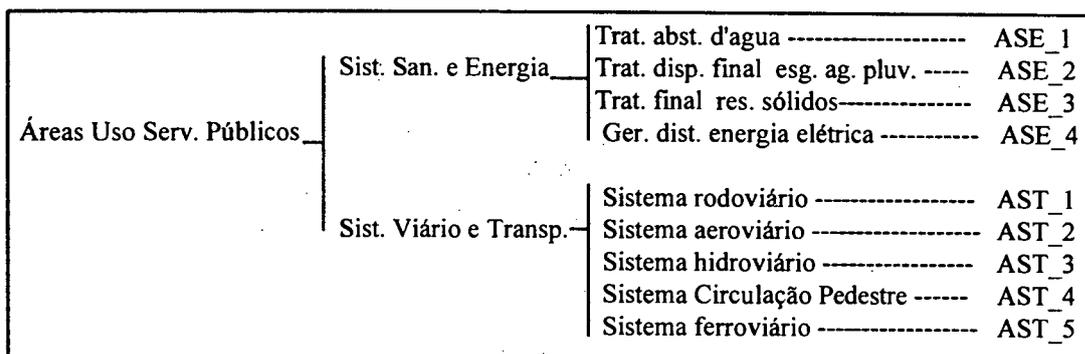


Fig. 3.4 Classificação do micro-zoneamento - Áreas de uso de serviços públicos. Fonte (IPUF)

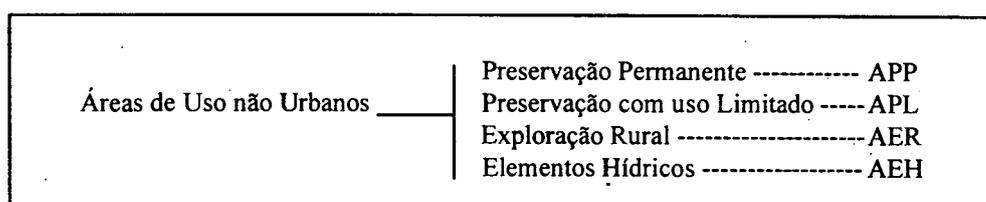


Fig. 3.5 Classificação do micro-zoneamento - Áreas de uso não urbanos. Fonte (IPUF)

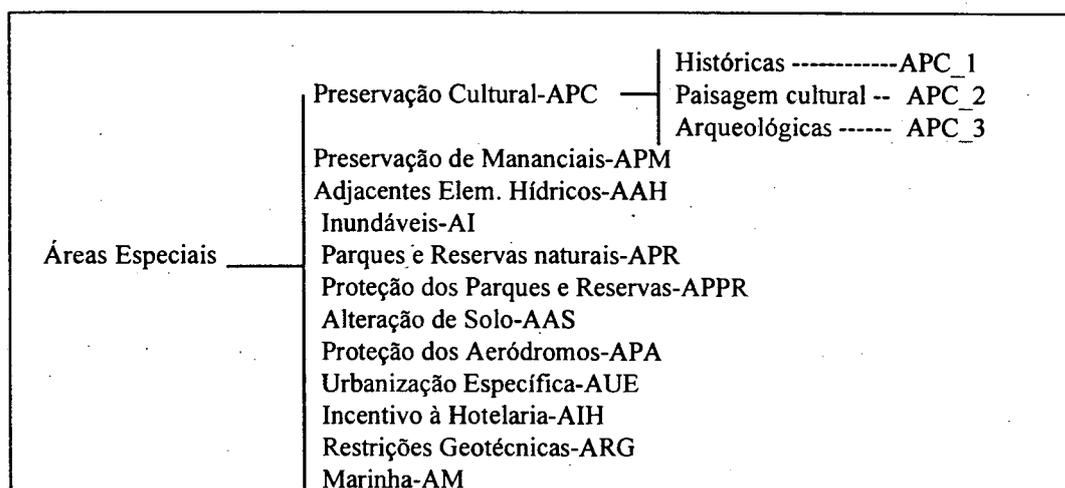


Fig. 3.6 Classificação do micro-zoneamento - Áreas especiais. Fonte (IPUF)

Fazem parte integrante deste projeto de lei, anexos, tais como: mapas de zoneamento, tabela de adequação dos usos e atividades às áreas, tabela de periculosidade das atividades industriais, tabela dos limites de ocupação, tabela dos padrões para estacionamento de veículos, tabela do sistema viário e desenhos dos perfis transversais de vias.

O planejamento urbano do Município de Florianópolis, baseado nas diretrizes de seus planos diretores, pode ser resumido como um conjunto de informações que dispõe sobre:

- o zoneamento de todo o Município;
- definição dos usos permitidos, toleráveis e proibidos para todas as áreas abrangentes do seu zoneamento;
- normas disciplinares para a ocupação das áreas, tais como: metragem quadrada mínima exigida para a área, metragem mínima exigida para a testada da área, taxa máxima de ocupação, índice de aproveitamento para a área, altura máxima ou número de pavimentos para as edificações, afastamentos e recuos para as edificações, espaços para estacionamento de veículos e vedações das áreas.

### **3.4 O Uso de Sistemas Especialistas no Planejamento Urbano**

Em consonância com o objetivo do nosso trabalho, consideraremos, neste item, o planejamento urbano sob o seu aspecto físico, no que diz respeito ao zoneamento, uso e ocupação do solo. Baseado nas etapas de desenvolvimento do processo de planejamento urbano definidas por Wilhein [WIL78] e no modelo do CNDU (Comissão Nacional de Desenvolvimento Urbano) para o planejamento municipal brasileiro [SOU88], representaremos, de forma simplificada, o processo de planejamento urbano como composto de quatro etapas principais (fig. 3.7), onde, em cada etapa, descrevemos a utilização e a importância do uso da tecnologia dos SEs.

#### **3.4.1 Coleta e Análise de Informações**

Nesta fase, todas as informações sobre as situações existentes, quer caracterizem ou não um determinado problema, são coletadas, organizadas e analisadas. Nas análises devem ser levadas em consideração suas origens, seus estágios atuais e futuros e suas conseqüências futuras. Assim, devem ser armazenadas e manipuladas um grande volume de informações de diversas naturezas, dentre elas, consideraremos aqui, os de carácter físico-espacial ou geográficos.

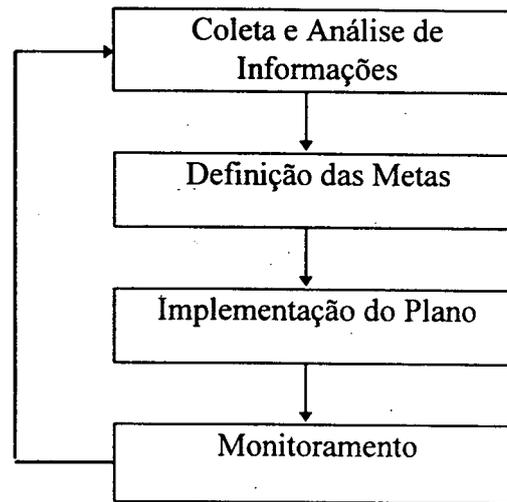


Fig. 3.7. Modelo Simplificado de Sistema de Planejamento Urbano. Fonte (CNDU)

Segundo Mattheus e Sibbald [MAT95], os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) constituem-se no método mais eficiente para o registro, representação e análise de dados naturais de diversas origens e suas, respectivas, representações espaciais, fazendo, dos mesmos, uma ferramenta de fundamental importância para o desenvolvimento de sistemas que objetivam à tomada de decisão com relação a distribuição (ocupação) do solo e seus respectivos impactos ambientais. Entretanto, a grande maioria dos Municípios brasileiros não dispõem de um SIG, é o caso de Florianópolis e, em alguns Municípios que o utilizam, segundo Souza [SOU88], existem dificuldades por parte dos planejadores em manipularem as informações disponíveis, face a quantidade e complexidade das mesmas. Nestes casos, um SE para modelagem de tarefas, tal como MOLGEN [FRI79], poderia situar-se entre o SIG e o usuário, facilitando o entendimento do significado das informações. No campo da coleta e análise de informações, Souza [SOU88], cita alguns Sistemas Especialistas que foram desenvolvidos para: *automação de mapeamento*, ex. MAP-AID, MAPEX, e AUTOMAP; *extração de características do solo*, ex. ACRONYM e CERBERUS; *gerenciamento de bancos de dados geográficos*, ex. ORBI e LOBSTER; *suporte para tomada de decisões geográficas*, ex. URBIS e GEODEX.

Os SEs podem ser de grande utilidade para a definição do zoneamento dentro do planejamento urbano, pois conhecendo-se as informações sobre uma determinada área e os

limites de definição que caracterizam uma determinada zona, podemos, através de um SE baseado em regras, determinar e justificar a ocupação dessa área.

### 3.4.2 Definição de Metas

A definição das metas no processo do planejamento urbano, além da obediência ao que determina o plano diretor do Município, dependem:

– das análises de todas as informações coletadas. Baseadas nestas informações, as metas deverão ser projetadas através de discussões entre os especialistas, representando o Município, e a comunidade sendo, portanto, passíveis de alterações. Este processo pode ser estruturado e regras de produção podem ser utilizadas no seu desenvolvimento;

– das limitações ou constrangimentos com relação ao uso do solo. Neste caso, Souza [SOU88], cita que o uso de Sistemas de Informações Geográficas Inteligentes, que permitem o melhoramento na qualidade e quantidade de informações geográficas, podem ser úteis. McHarg [McHA69], propôs um mapa topográfico baseado em procedimentos para o selecionamento de terrenos que, se programados em um SE, podem recompor mapas a partir de um SIG e usar conhecimentos dos especialistas para avaliar tipos de classes, fatores de pesos ou parâmetros e outros métodos de combinação para criar uma matriz conveniência e gerar soluções mapeadas. Diamond e Wright [DIA87], descrevem um Sistema de Informações Espaciais Integradas (*ISIS - Integrated Spatial Information System*), para selecionar múltiplos objetivos de uso de terrenos, levando em consideração as facilidades públicas. O *ISIS* usa um SIG para descrever mapas e um SE baseado em regras para avaliar as conveniências de uso onde as alternativas são realizadas através de um modelo de programação de múltiplos objetivos. Como exemplo destes sistemas, Souza [SOU88], cita o GEODEX [ROB87], um sistema para a adequação do uso da terra e o ASPENEX [MOR87], um sistema para a administração e controle de áreas florestais. Os SEs, por si só, podem ajudar os planejadores na tarefa de planejar o uso da terra, como por exemplos, o ADAP [DAV87b], um sistema Australiano que auxilia no projeto de zoneamento;

– avaliação e seleção das metas que, efetivamente, podem ser implementadas. Basicamente, esta etapa consiste, respectivamente, na comparação das alternativas que estão sendo propostas com àquelas que foram inicialmente propostas como metas originais, e em

um processo de tomada de decisão. Em ambas as fases devem ocorrer a participação da comunidade o que, com certeza, torna o processo mais complexo. Como todos os dados e informações que compõem as alternativas podem ser estruturados, os SEs podem ser úteis nesta etapa do planejamento. Souza [SOU88] cita como exemplos, o sistema FIRECODE [HOS87], que verifica a obediência às normas de segurança contra incêndios nos projetos de construção civil. Como exemplo de uma aplicação similar, à esta citada, pode-se construir um SE que, ao analisar as normas de prevenção contra incêndio e as condições de infra-estrutura existentes no Município, emita um parecer sobre um plano de ocupação para um determinado tipo de zoneamento.

### **3.4.3 Implementação de Metas**

Significa a implementação das metas resultantes do processo de seleção, as quais devem ser contempladas na implementação do plano. Como estamos enfatizando o desenvolvimento urbano no seu aspecto físico, sua implementação dá-se, basicamente, através da partição da terra de acordo com os usos planejados, ou seja, a implantação do zoneamento. Na implantação do zoneamento, estão sendo considerados, além da participação da comunidade que deve associar-se com os especialistas durante todo o processo do planejamento, a obediência a toda legislação pertinente, principalmente no que diz respeito a preservação ambiental, considerando, também, os aspectos políticos, econômicos, sociais e estéticos do processo. Como todos estes dados e informações podem ser estruturadamente selecionados, eles formam um campo adequado para a aplicação da tecnologia dos SEs. Como exemplos citamos:

– os SEs podem ser utilizados como uma ferramenta auxiliar no controle do desenvolvimento urbano, com caráter educativo, através de uma assessoria consultiva para o público em geral, fornecendo respostas rápidas e seguras à perguntas pré-selecionadas. Para o controle do planejamento urbano isto é muito importante, pois fornece ao consultor os requisitos necessários para a aprovação do uso e ocupação requeridos, tal qual, o proposto neste trabalho. Como exemplos, citamos um SE, descrito por Wigan [WIG87], que fornece informações sobre alguns aspectos da legislação do planejamento urbano no Estado de

Victória, Austrália e o sistema LUCTROL [SOU88], que trabalha no controle do uso de solo no Município de Florianópolis, Brasil;

– segundo Souza [SOU88], os SEs podem ser utilizados como instrumento de ensino e treinamento para estudantes e novos técnicos na área do planejamento urbano, tornando-se, até mesmo, em uma nova técnica de abordagem para o campo do planejamento urbano.

#### **3.4.4 Monitoramento**

Esta é a etapa que caracteriza o planejamento urbano como um processo contínuo. Aqui são avaliados os resultados de sua implementação, propiciando uma reanálise de todo o processo. Os SEs tem no monitoramento uma de suas categorias genéricas de atuação, Waterman [WAT86]. Basicamente, eles devem comparar o comportamento ou resultados de um sistema com o comportamento ou resultados esperados. Um dos fatores importante no monitoramento é o tempo de respostas para as avaliações que, no caso de respostas em tempo real, oneram a implementação dos SEs em virtude do custo do hardware necessário. Este problema não acontece no campo do planejamento urbano onde não são necessárias respostas em tempo real, possibilitando a implementação de SEs mais baratos.

### **3.5 Exemplos de Sistemas Especialistas aplicados no Planejamento Urbano**

Os exemplos aqui apresentados, sucintamente, trabalham, especificamente, no controle do uso do solo, sendo suas aplicações apropriadas nos processos de planejamentos urbanos, baseados no zoneamento, que é o caso do Município de Florianópolis. Estes exemplos são descritos a partir de Souza [SOU88].

#### **3.5.1 O Sistema ADAPT**

É um SE [DAV87b] projetado para ajudar os planejadores Australianos na representação dos projetos ou planos de zoneamento. A representação do conhecimento é feita

através de regras de produção que englobam os requerimentos técnicos, as políticas de planejamento e os interesses de grupos. Não existe a necessidade de que o conjunto de regras seja completa ou, até mesmo consistentes, e os dados ou informações podem ser fornecidos através de variáveis, zonas ou unidades de planejamento (UP) ou arbitrariamente. Um exemplo de regra utilizada em ADAPT é:

*“Excluir:* a atividade da suinocultura

*Se:* distância para a cidade for menor que 5 km, e  
a capacidade de disposição dos efluentes for baixa.”

O objetivo do sistema é determinar o uso do solo para as várias zonas através de quatro tipos de categorias de controle: permitido ou de direito, permitido somente com o consentimento da autoridade local, permitido somente com o consentimento de autoridade oficial (pública) especialista e proibido. Na sua aplicação o sistema pode identificar duplicidade de uso, conflitos e omissões.

O sistema ADAPT fornece informações relevantes que auxiliam a tomada de decisão por parte dos especialistas humanos, sem substituí-la por um modelo computadorizado de tomada de decisão, isto é, o sistema é uma ferramenta de auxílio para a tomada de decisão. O ADAPT parte do princípio que decisões complexas, com relação ao projeto de zoneamento, não devem ser automatizadas e sim deixadas ao encargo dos planejadores. A determinação de atividades para uma determinada categoria de controle por duas ou mais regras induzem o sistema à relatar as regras que causaram esta determinação. Quando duas ou mais regras tentam determinar a mesma atividade para diferentes categorias de controle, o sistema indica que um conflito deve ser resolvido pelos planejadores. As atividades que não possuem regras que definam suas categorias de controle são, previamente, consideradas como "**default**" ou são objetos de questionamentos aos planejadores. A resolução de conflitos é realizada através de perguntas aos planejadores, que devem fornecer as razões para as suas tomadas de decisão. O sistema pode auxiliar os planejadores na resolução de conflitos, através do fornecimento (**display**) de tabelas que listam as atividades, as categorias de controle, as variáveis, as

unidades de planejamento (UP) ou zonas, as determinações já realizadas por zonas e as zonas nas quais determinados critérios podem ser considerados.

A designação ou determinação normal é mostrada (**display**) através de uma tabela de definição das atividades para cada categoria de controle, por zona ou unidade de planejamento (UP), conforme a tabela 3.1 [DAV87b]. O sistema permite que o planejador analise a tabela de ocupação e justifique sua decisão para os vários grupos de interesse, através de textos que reforçam as designações ou determinações apresentadas.

UP	Permitido pelo Estado	Permitido pelo Município	Proibido
01	agricultura, reflorestamentos	publicidades, residências fazendas	indústria, <i>flats</i> residenciais
02	agricultura		publicidade residências, fazendas reflorestamentos, indústrias, <i>flats</i> residenciais
03	agricultura	fazendas	publicidade, residências, <i>flats</i> residenciais
04	agricultura, reflorestamento	publicidade, residências fazendas	<i>flats</i> residências, indústrias

Tab. 3.1. Tabela simplificada das atividades de ocupações do sistema ADAPT. Fonte [DAV87b]

Também, o número de vezes que uma determinada regra é utilizada durante o processo, pode servir para avaliar a extensão em que a política de decisão utilizada ou os interesses de grupos foram considerados.

### 3.5.2 O Sistema LUCTROL

O sistema LUCTROL [SOU88], é um SE que tem por objetivo o controle do uso do solo no Município de Florianópolis, situado no Estado de Santa Catarina, Brasil. O sistema, desenvolvido a nível de protótipo, utiliza a "shell" ESTA ("Expert System for Text Animation"), escrita em Turbo Prolog, com 258 Kb, desenvolvida pelo Centro de Desenvolvimento Prolog da Dinamarca.

O sistema forma a sua base de conhecimentos a partir de um sistema de gerenciamento de banco de dados (ALEX) e por conhecimentos adicionais fornecidos pelo próprio autor, que é especialista na área de domínio do problema. Os conhecimentos advindos do(s) especialista(s) dizem respeito, principalmente, à definição da categoria para o uso do solo pretendido e dos requisitos para a sua ocupação. O sistema ALEX é composto por bancos de dados, que tem os seguintes objetivos:

- fornecer as informações relativas ao plano diretor (Lei nº 2193/85), tais como: a adequabilidade do uso desejado com relação ao zoneamento; os limites de conservação da propriedade (classificação patrimonial) com relação ao zoneamento; as faixas de domínio público dos diversos tipos de rodovias; os limites permitidos para as edificações; as exigências para as áreas de estacionamentos;

- fornecer informação relativa ao zoneamento que incide sobre o terreno.

Considerando a relação existente entre todos os conhecimentos envolvidos (toda a base de conhecimento) e os objetivos do sistema, além das características da "shell" utilizada, a base de conhecimento foi dividida em cinco outras bases menores. Estas bases menores, definem as opções de utilizações disponíveis no sistema, que são: opção zoneamento (definição do zoneamento que incide sobre o terreno), opção patrimônio (definição do patrimônio existente sobre o terreno ou à construir), opção classificação do uso desejado, opção adequabilidade do uso desejado e a opção sobre os limites de ocupação (edificação) para o terreno em consideração.

A representação do conhecimento, em consonância com a “shell” utilizada, é feita através de estruturas denominadas de *parâmetros* e *seções*, que podem conter regras de produção, definições, variáveis e fatos. Um *parâmetro* é uma variável composta por um nome, uma descrição, uma definição de tipo, uma explanação e por questões ou regras de produção. As *seções* são compostas por um nome, uma descrição e por parágrafos que contem regras de produção, do tipo condição-ação. O sistema apresenta um total de 165 parâmetros e 71 seções. Os *parâmetros* são utilizados para a obtenção de informações a partir do usuário e, também, para representar as informações contidas nos bancos de dados gerenciados pelo sistema ALEX, que são inferidas através de regras de produção incorporadas. Os parâmetros, geralmente, foram utilizados para a definição ou classificação do uso desejado, para a classificação do patrimônio e para a definição do zoneamento, utilizando o encadeamento para trás (**backward-chaining**), isto é, a partir das metas, tenta-se verificar se as condições ou premissas são satisfeitas. As *seções* correspondem a maneira pela qual o sistema determina quais as ações que devem ser realizadas, de acordo com as regras de produção definidas. Essas ações dizem respeito ao fornecimento de avisos ou informações aos usuários e, para direcionar o fluxo de raciocínio entre as *seções* e as bases de conhecimento. As seções são utilizadas para a definição dos limites exigidos para as edificações e para a definição da adequabilidade do uso desejado, utilizando o encadeamento para frente (**forward-chaining**), isto é, a partir da verificação das premissas ou condições, infere-se uma determinada ação.

A seguir, mostra-se dois exemplos de regras de produção [SOU88], que exemplificam os dois tipos de encadeamento citados acima. As regras dizem respeito à classificação do uso desejado (oficina de reparos mecânicos / motor) e sua adequabilidade de uso em uma área residencial exclusiva (ARE\_3).

“ O uso é classificado como serviços de manutenção pesada se:

tipo de atividade = serviço, e

tipo de serviço = manutenção/reparos, e

( peças/mercadorias são perigosas = verdadeiro, e

serviço de pintura é perigoso = verdadeiro, e

processo de pintura metálica é perigoso = verdadeiro), ou  
 objetos de manutenção = máquinas, tratores, barcos, motores. “

“ *If* o zoneamento primário = tipo ARE, e  
 ( uso = Condomínio Residencial Multifamiliar), ou  
 ( uso = Hotel), ou  
 .....  
 ....., ou  
 ( uso = Serviços de Manutenção Pesada)  
*Then* execute a seção uso\_proibido. “

O sistema mostra que a utilidade do emprego de técnicas de sistemas de gerenciamento de banco de dados (DBMS) em conjunto com a tecnologia dos SEs (Sistemas Especialistas/Sistemas Baseados no Conhecimento) é de grande importância no desenvolvimento de sistemas que objetivam o controle do uso do solo, visto que, a quantidade de informações e/ou dados estáticos é significativa, porém, frutos de muitas dúvidas de interpretação e aplicação.

Segundo [SOU88], o sistema apresentou os mesmos resultados, perfeitamente satisfatórios, se comparados com os obtidos por experientes planejadores e, em alguns casos, com maior riqueza de explicações. Convém salientar que o sistema foi testado em uma unidade (região) hipotética, denominada “**Coral Beach**”, que não considera todos os tipos de zonas, as solicitações de múltiplos usos e a incidência de mais de um tipo de zona sobre o terreno. Entretanto, estas limitações, assim como outras que possam ser consideradas, são possíveis de serem atendidas, através da expansão da base de conhecimento do sistema.

### 3.6 Conclusão

Considerando a grande capacidade de manipulação de dados e, principalmente, informações, que constantemente devem ser analisados e avaliados e que procedimentos

estatísticos e heurísticos podem ser considerados nas suas interpretações, a tecnologia dos SEs, em conjunto com um Sistema de Dados e Informações, pode ser adequadamente aplicada, tanto, como uma ferramenta consultiva e/ou como uma ferramenta auxiliar para tomada de decisão no controle do uso e ocupação do solo, bem como, no próprio desenvolvimento do processo do planejamento urbano, como um todo.

Outra característica que podemos concluir é que no processo do planejamento urbano - em que as unidades de planejamento são expressas em termos de zoneamento e podem, conjuntamente, com os seus atributos, ser prototipadas - a representação do conhecimento através do uso de uma estrutura hierarquicamente disposta (**Frame**), tal como: classes, objetos e "slots", em conjunto com regras de produção, pelas quais novos conhecimentos podem ser deduzidos ou inferidos, é perfeitamente adequada como aplicações da tecnologia dos SEs.

## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA USOSOLO

#### 4.1 Introdução

A proposta, para o desenvolvimento do sistema UsoSolo, é a de apresentar uma alternativa de informatização para a operacionalização das consultas de viabilidade, visando o uso do solo e o fornecimento dos seus limites de ocupação, no Município de Florianópolis. A implementação do sistema UsoSolo baseia-se nas fundamentações teóricas sobre sistemas especialistas e planejamento urbano, descritas nos capítulos 2 e 3, e na utilização de uma ferramenta aplicativa ("**shell**") para o desenvolvimento de sistemas especialistas, cuja representação do conhecimento baseia-se em "**frames**", com regras de produção incorporadas.

#### 4.2 Definição do Sistema UsoSolo

O sistema UsoSolo é um protótipo de SE, cujo o principal objetivo é servir de ferramenta de consulta, visando atender ao público em geral. O sistema pode ser visto como uma ferramenta auxiliar às tomadas de decisões, no que diz respeito, por exemplos, à concepção do projeto final de engenharia ou a própria avaliação imobiliária do terreno. O sistema deve fornecer:

- o diagnóstico e explicações com relação ao uso desejado para o solo;
- as restrições quanto aos seus limites de ocupação;
- as possíveis alternativas de uso para o terreno em questão, que podem ser objetos de uma nova consulta, ser for desejo do usuário;
- a adequabilidade do tipo de uso desejado com relação à todos os tipos de zonas de compõem o micro-zoneamento.

Dentre os vários tipos de usos permitidos, com seus respectivos subtipos, conforme o projeto de lei , citado no item 3.3.1 do cap. 3, o sistema UsoSolo irá considerar, somente, o

tipo de uso *Residencial* e seus respectivos subtipos. O sistema questiona ao usuário sobre o uso desejado para o terreno, através de colocações, tais como: "Escolha do uso desejado" e "Escolha do subtipo do uso desejado". Após, o sistema irá requerer a identificação do usuário e o número do cadastro imobiliário do terreno. Através deste número, o sistema acessa uma base de dados, de onde extrai os dados e informações básicas, pertinentes à este terreno, necessárias para a expedição do diagnóstico, com relação ao fator de adequação de uso e das restrições quanto aos limites de ocupação.

A ferramenta ("**shell**") utilizada para o desenvolvimento do sistema **UsoSolo** foi o **Kappa-PC**, versão 2.0 (Intellicorp, Inc., 1992) cuja representação do conhecimento é baseada em **frames** e regras de produção, conforme descrito no item 2.6.3. do cap. 2.

### 4.3 As consultas de viabilidade

Considerando que o sistema **UsoSolo** pode vir à ser uma opção de operacionalização para as consultas de viabilidade, citadas no item 1.2, neste item descrevemos, resumidamente, o modo pelo qual estas consultas são, atualmente, processadas:

1- O requerente identifica-se, informa o uso desejado, fornece os dados e informações do terreno (através do desenho de um esboço da planta de situação), data e assina sua consulta. Convém destacar que nesta etapa os especialistas ou os técnicos responsáveis pela análise da consulta podem encontrar dificuldades para a correta interpretação do esboço apresentado, conseqüentemente, tomando difícil, ou até mesmo impossível, a leitura, através dos mapas de zoneamento, da zona na qual situa-se o terreno. Isto, algumas vezes, exige a presença "*in loco*" do especialista ou do técnico, para a perfeita localização do terreno;

2- Após definido o zoneamento e considerando, também, as demais informações sobre o terreno, é procedida a análise e emitido o respectivo diagnóstico, isto é, se o uso desejado é *adequado*, *tolerado* ou *proibido* para esse terreno. Esta análise é realizada tendo por base todos os conhecimentos contidos na legislação do plano diretor do Município e, na insuficiência ou falta destes, pelas deduções ou conhecimentos inferidos pelos especialistas da área. Além do diagnóstico, são fornecidas informações sobre os limites de

ocupação do terreno, tais como: o(s) tipo(s) de zona(s) incidente(s); a área mínima exigida para o terreno e o tamanho mínimo para a sua testada, fatores determinantes para o caso de desmembramento; o gabarito ou número máximo de pavimentos permitidos; o índice de aproveitamento ((IA); a taxa de ocupação (TO); os recuos e os afastamentos mínimos.

#### **4.4 O Sistema UsoSolo como um Sistema Especialista**

A opção pelo uso da metodologia dos SEs deu-se, além do expostos nos capítulos anteriores, também, por causa de algumas características do problema à resolver, tais como:

- a caracterização do plano diretor (projeto de lei) como uma fonte de conhecimentos especializados, oriundos da experiência dos especialistas na área do planejamento urbano;

- embora o plano diretor seja editado sob a forma de lei municipal, isto não torna o seu conteúdo de compreensão ou conhecimento público, daí a importância da explanação das justificativas para as respostas apresentadas;

- a necessidade da participação direta dos próprios especialistas na formulação de respostas às consultas que envolvem casos não comuns, tais como, a adequada classificação, no que diz respeito ao grau de periculosidade, de algumas atividades comerciais ou industriais que não estão precisamente explicitadas no plano diretor. Estas consultas, atualmente, podem demandar horas ou, até mesmo, dias para serem analisadas e respondidas;

- a necessidade de inferências heurísticas nos casos em que o uso desejado pode ser objeto de dúvidas causadas pela própria legislação;

- a ausência da interferência humana, no que diz respeito às perdas e/ou ganhos causados pelas respostas apresentadas, tornam o sistema seguro e confiável, além de servir como um instrumento de controle na observância das diretrizes determinadas pelo plano diretor. Os próximos itens descrevem a implementação do sistema UsoSolo, de acordo com a metodologia apresentada no item 2.3. do cap. 2.

#### 4.4.1 A Aquisição de Conhecimento

Embora existam leis que especifiquem e, no seu conjunto, abrangem todo o território do Município de Florianópolis, conforme citado no item 3.3. do Cap. 3, elas não fornecem todos os conhecimentos necessários para a emissão de diagnósticos, principalmente para alguns casos considerados não comuns. O sistema UsoSolo utiliza as seguintes fontes para a aquisição de conhecimento:

– *Base de dados.* Como o sistema tem por objetivo a análise de casos situados na área central do distrito sede de Florianópolis, uma cópia do projeto de lei, descrito no item 3.3 do Cap. 3, é utilizada como fonte para a aquisição de conhecimentos. Este projeto de lei pode ser definido como a representação escrita de conhecimentos específicos sobre o domínio do problema, pois foi elaborado por um grupo de especialistas do Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis (IPUF). Conforme já mencionado, no item acima referido, este projeto de lei é, essencialmente, dividido em normas gerais e normas específicas. As normas gerais dizem respeito ao zoneamento, ao uso e a ocupação do solo, e as normas específicas dizem respeito as áreas definidas pelo zoneamento. Informações relativas as normas gerais e informações relativas ao terreno, são agrupadas em bases de dados.

Com o objetivo de substituir os mapas de zoneamento, - constantes do anexo I do projeto de lei, normalmente, elaborados na escala 1:10000 e que são utilizados para a determinação da localização da propriedade e do respectivo zoneamento - foi montada uma base de dados. Esta base é indexado pelo campo CADASTRO (número do cadastro imobiliário do terreno), através do qual a propriedade ou lote é identificada. O sistema UsoSolo acessa o registro da propriedade em questão e seus respectivos campos, isto é, todas as informações necessárias como ponto de partida para a resolução do problema. Constam desta porção as seguintes informações: CADASTRO - número do cadastro imobiliário; CODRUA - código da rua onde localiza-se o terreno; NOMERUA - nome da rua onde localiza-se o terreno; TIPORUA - tipo da rua (código) onde se localiza o terreno. O tipo da rua é definido pelo largura da sua plataforma ou caixa; NUMLOTE - número do lote com relação a rua; LOTEAMENTO - nome do loteamento, se houver; QUADRA - no caso de existir loteamento; LOTE - número do lote, se existir loteamento; BAIRRO - bairro onde

localiza-se o terreno; CEP - código de endereçamento postal do terreno; PROP. - nome do proprietário; POSQUADRA - situação do lote com relação a quadra; TOPOGRAFIA - informações sobre a configuração do terreno; PEDOLOGIA - informações sobre as características do solo; TESTFRONTAL - largura da testada frontal do terreno; TEST2 - largura da testada lateral direita, se houver; TEST3 - largura da testada lateral esquerda, se houver; TEST4 - largura da testada de fundos, se houver; CODRUA2 - se houver testada lateral direita; CODRUA3 - se houver testada lateral esquerda; CODRUA4 - se houver testada de fundos; TIPORUA2 - se houver testada lateral direita; TIPORUA3 - se houver testada lateral esquerda; TIPORUA4 - se houver testada de fundos; NOMERUA2 - se houver testada lateral direita; NOMERUA3 - se houver testada lateral esquerda; NOMERUA4 - se houver testada de fundos; PROFUND - profundidade do terreno; AREA - área do terreno; ZONA\_P1 - especificação do zoneamento primário; ZONA\_P2 - identificação do zoneamento primário, se houver; ZONA\_P3 - identificação do zoneamento primário, se houver; ZONA\_P4 - identificação do zoneamento primário, se houver; ZONA\_S1 - identificação do zoneamento secundário, se houver.

Com o objetivo de armazenar as informações que constam do anexo IV do projeto de lei, no que diz respeito aos limites de ocupação do solo, mais uma base de dados foi montada. Esta base é indexada pelo campo ZONA (zoneamento principal, onde situa-se o terreno). O sistema UsoSolo acessa o registro do zoneamento em questão e seus respectivos campos, isto é, todas as informações necessárias para a resolução do problema. Constam deste arquivo as seguintes informações: LOTEMIN - área mínima do terreno, para o caso de parcelamento do solo; TESTMIN - medida da testada mínima, para o caso de parcelamento do solo; NPAV - número máximo de pavimentos permitido( ou gabarito); IA - índice de aproveitamento para o terreno; TO - taxa de ocupação para o terreno;

– *Especialistas sobre o domínio do problema.* Considerando, os casos não comuns, que suscitam dúvidas ou, até mesmo, não previstos quando da aplicação da legislação e, também, o desconhecimento do usuário sobre o domínio do problema, torna-se imprescindível a extração de outros conhecimentos e/ou esclarecimentos advindos da experiência dos especialistas. Esta porção da base de conhecimentos foi adquirida junto aos especialistas Amilton Vergara de Souza e Otacílio da Rosa Filho, ambos, funcionários do

IPIUF. As entrevistas realizadas com os especialistas foram do tipo focadas ou inestruturadas, conforme descrito no item 2.4.2. do cap. 2, pois a preocupação do engenheiro de conhecimento foi de familiarizar-se com o modo de operacionalização e raciocínio dos especialistas na análise de consultas de viabilidade. Convém salientar, que o engenheiro de conhecimento, no caso o próprio autor deste trabalho, pela sua formação em engenharia civil, possui conhecimento genérico sobre o domínio do problema e, em especial, sobre a terminologia utilizada pelos especialistas;

– *Informações fornecidas pelo usuário.* O usuário, além de identificar-se e informar o tipo e subtipo do uso desejado, deverá informar, também, o número do cadastro imobiliário do terreno, necessário para que o sistema, através da base de dados, conheça os dados e informações relativas ao terreno.

#### 4.4.2 A Representação do Conhecimento

Em consonância com o software utilizado como ferramenta para o desenvolvimento do sistema UsoSolo, os conhecimentos são representados sob a forma de **frames** e *regras de produção*, e manipulados ou processados através de *métodos e funções*. Esta escolha deve-se, também, ao fato do plano diretor de Florianópolis estar embasado na definição do zoneamento do Município, onde cada tipo de zona e cada tipo de uso do solo, possui características prototípicas.

##### 4.4.2.1 “Frames”

As consultas de viabilidade podem ser classificadas de acordo com o tipo de uso do solo desejado pelo usuário, possuindo, portanto, características prototípicas. Desta forma, as consultas de viabilidade podem ser representadas através de “**frames**”. No sistema UsoSolo os componentes do domínio do problema em questão são representados por estruturas denominadas de objetos, que tanto podem ser classes ou instância de classe. Cada objeto é descrito ou caracterizado através de seus atributos ou **slots**, compondo, assim, uma estrutura ou quadro (**frame**). Estes objetos ou **frames** são modelados em uma estrutura hierárquica,

baseada em suas, respectivas, classificações dentro do domínio do problema. A estrutura hierárquica do sistema UsoSolo deriva-se a partir da superclasse Consulta, possuindo a seguinte classificação, resumida (fig.4.1):

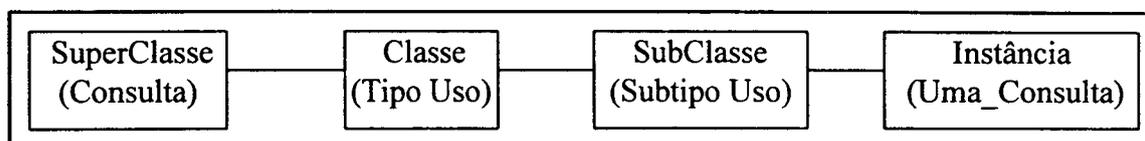


Fig. 4.1. Estrutura hierárquica, resumida, do sistema UsoSolo

A superclasse Consulta é dividida em 11 (onze) classes que correspondem aos tipos principais de uso permitidos para o solo. As classes, por sua vez, são subdivididas em subclasses que correspondem aos respectivos subtipos de usos permitidos. As instâncias de classes correspondem as consultas realizadas, que são classificadas pelo usuário quando da utilização do sistema. A fig.4.2 mostra a estrutura hierárquica completa do sistema UsoSolo, correspondente a classe Residenciais, exemplificando uma instância, identificada por cv000001/96, pertencente a subclasse residências unifamiliares isoladas. A estrutura hierárquica, correspondente as demais classes, não são apresentadas, pois, não estão sendo consideradas.

Todos os objetos são dotados de uma estrutura de dados (**slots**) que representam suas características ou situações. Por exemplo, a superclasse Consulta dispõe dos seguintes atributos (**slots**): *AcessoPúblico* (existência ou não de acesso público oficial ao terreno), *AfastMinFndos* (afastamento mínimo de fundos), *AfastMinFrtal* (afastamento mínimo frontal), *AfastMinLatDir* (afastamento mínimo lateral direito), *AfastMinLatEsq* (afastamento mínimo lateral esquerdo), *AltUso1* (alternativas de usos adequados), *AltUso2* (alternativas de usos toleráveis), *GrauPeric.* (grau de periculosidade para o uso desejado), *NPavCons* (número de pavimentos considerado na consulta), *ObrasArte* (existência ou não de obras de arte na edificação), *RecMinFndos* (recoo mínimo de fundos), *RecMinFrtal* (recoo mínimo frontal), *RecMinLtDir* (recoo mínimo lateral direito), *RecMinLatEsq* (recoo mínimo lateral esquerdo), *Requerente*, *Tolerância*, *Uso* (diagnóstico sobre o uso desejado), *ZonaAdj* (zona adjacente ou circunvizinha ao terreno), *ZonaCons* (zona considerada para o diagnóstico), *ZonasAdeq*

(zonas adequadas para o uso desejado), *ZonasProib* (zonas proibidas para o uso desejado) e *ZonasTol* (zonas toleráveis para o uso desejado). Estes atributos (slots) são herdados por todos os objetos/Uma\_Consulta (instâncias de classes), que forem criados pelo sistema. A fig. 4.3 mostra, parcialmente, o editor da superclasse Consulta.

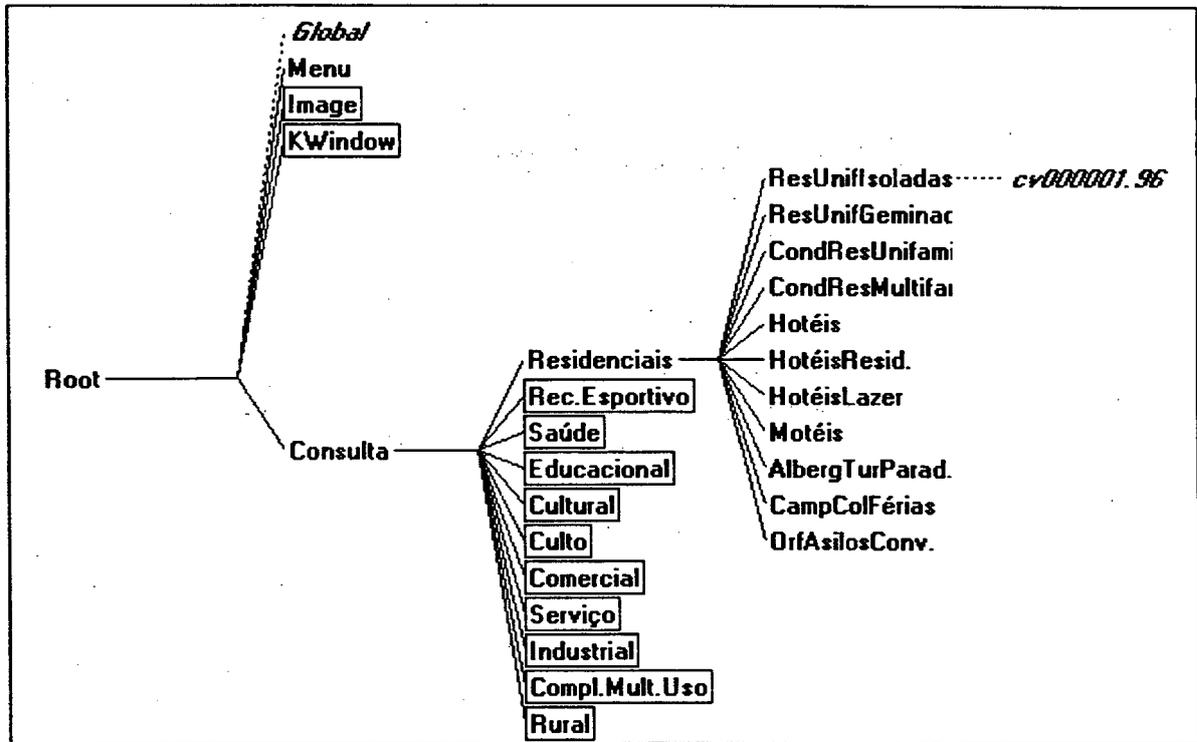


Fig. 4.2 Estrutura hierárquica, completa, do sistema UsoSolo

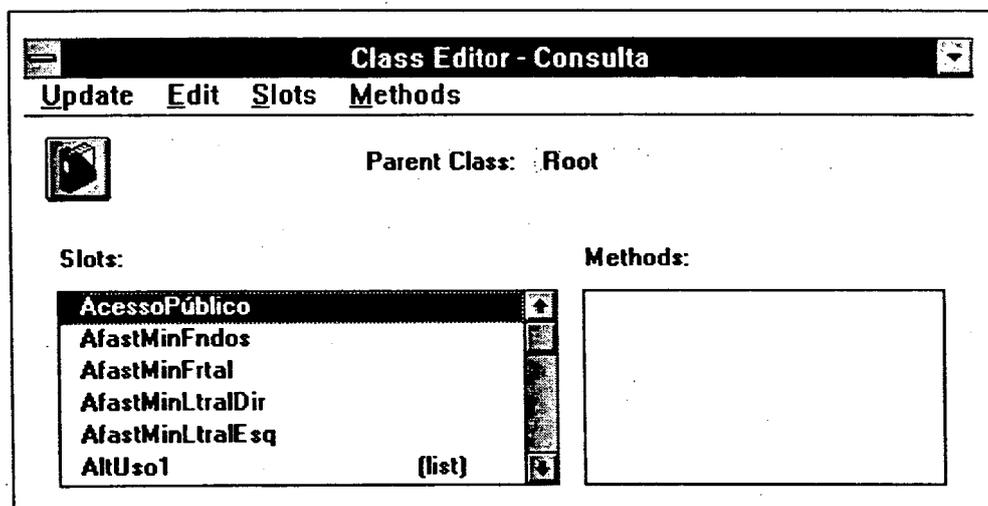


Fig. 4.3. Editor da superclasse Consulta

Os objetos, correspondentes as instâncias de classe, como por exemplo a consulta cv000001/96, além de herdarem todos os atributos da superclasse Consulta, possuem seus próprios atributos. Esses atributos são criados e definidos quando o sistema acessa os arquivos da base de dados. Os atributos (slots) herdados aparecem no editor da instância precedidos por um asterisco. A figs. 4.4 e 4.5 mostram, parcialmente, os editores da instância consulta cv000001/96 e da instância **Global**, respectivamente.

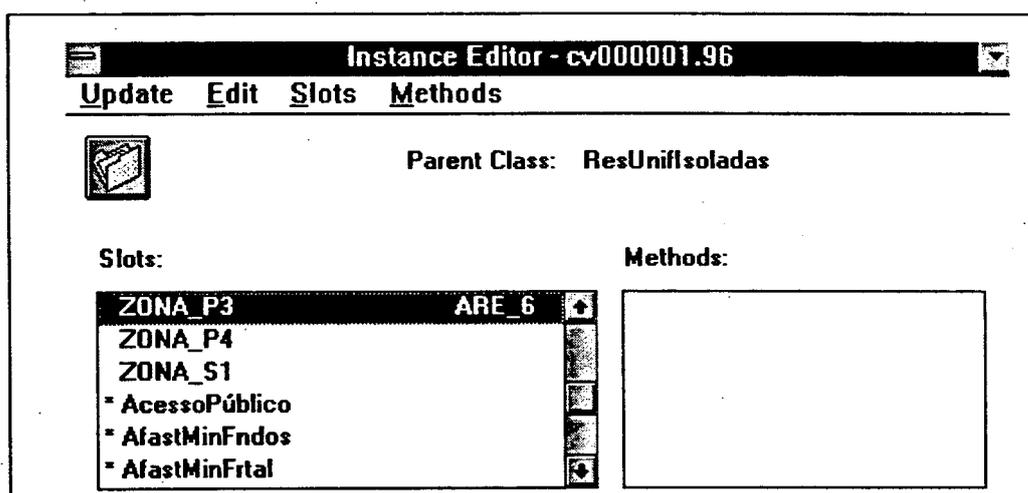


Fig. 4.4. Editor da instância cv000001.96

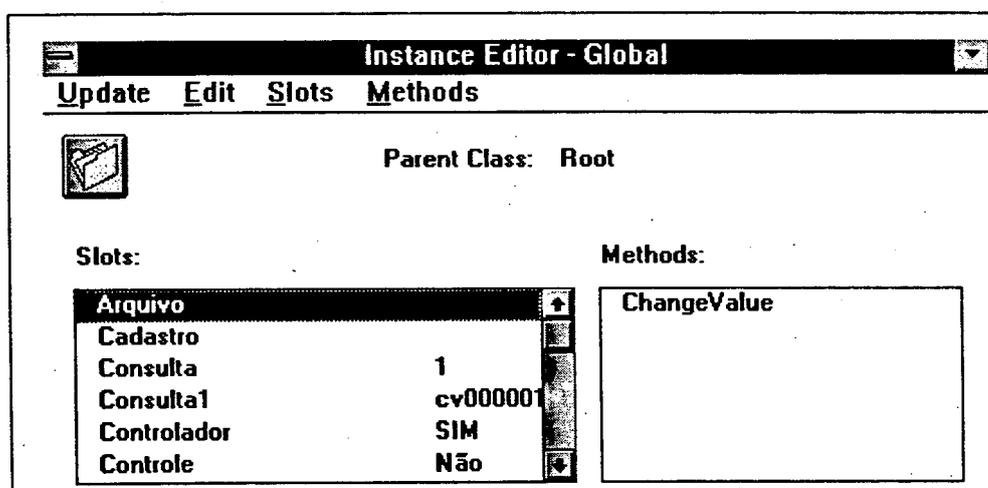


Fig. 4.5. Editor da instância Global.

O software **Kappa-PC**, versão 2.0, possui como default as classes **Root**, **Menu**, **Image**, **Kwindow**, além da instância **Global**. As classes **Root**, **Menu** e a instância **Global** são

utilizadas como ferramentas de apoio para o desenvolvimento do sistema. As classes **Image** e **Kwindow** servem para representar os tipos de imagens e janelas de **interface** do sistema.

#### 4.4.2.2 Regras de Produção

Através do uso de regras de produção pode-se fazer inferências sobre estes objetos. Cada regra constitui um conjunto de condições (premissas) e um conjunto de ações (conclusões) que são inferidas se as condições (premissas) forem satisfeitas. A representação do conhecimento através das regras de produção pode ser vista com uma simulação do raciocínio do especialista que, através dos conhecimentos e deduções já definidas, infere novos conhecimentos. No sistema *UsoSolo* as regras de produção atuam sobre os objetos/instâncias das subclasses (*Uma\_Consulta*), correspondente a consulta em questão, definindo valores ou conceitos para alguns de seus atributos.

Por exemplo:

*Se:* a consulta for para uso residencial (*classe*) do tipo residência unifamiliar isolada ou geminada (*subclasse*) e o tipo de zona (*ZonaCons*) for ATE (área turística exclusiva),

*Então:* O *Uso* desejado é tolerável e o grau de *Tolerância* é c.

O sistema *UsoSolo*, em seu estágio atual, possui um total de 151 (cento e cinquenta e uma) regras, além daquelas inseridas no corpo de algumas funções. Considera-se como estágio atual, a capacidade do sistema classificar o objeto *Uma\_Consulta*, considerando todas as subclasses de uso apresentadas, conforme mostra a fig. 4.2. As regras são agrupadas nos seguintes grupos:

– *Definição da Zona* - Este grupo de regras tem por finalidade inferir o valor do atributo (**slot**) *ZonaDef* (zona definida) da instância *Global*, de acordo com o valor do atributo (**slot**) *ZonaCons* (zona considerada) da consulta em questão (objeto *Uma\_Consulta*). A fig. 4.6, mostra o editor para a regra *DefZonaARE*.

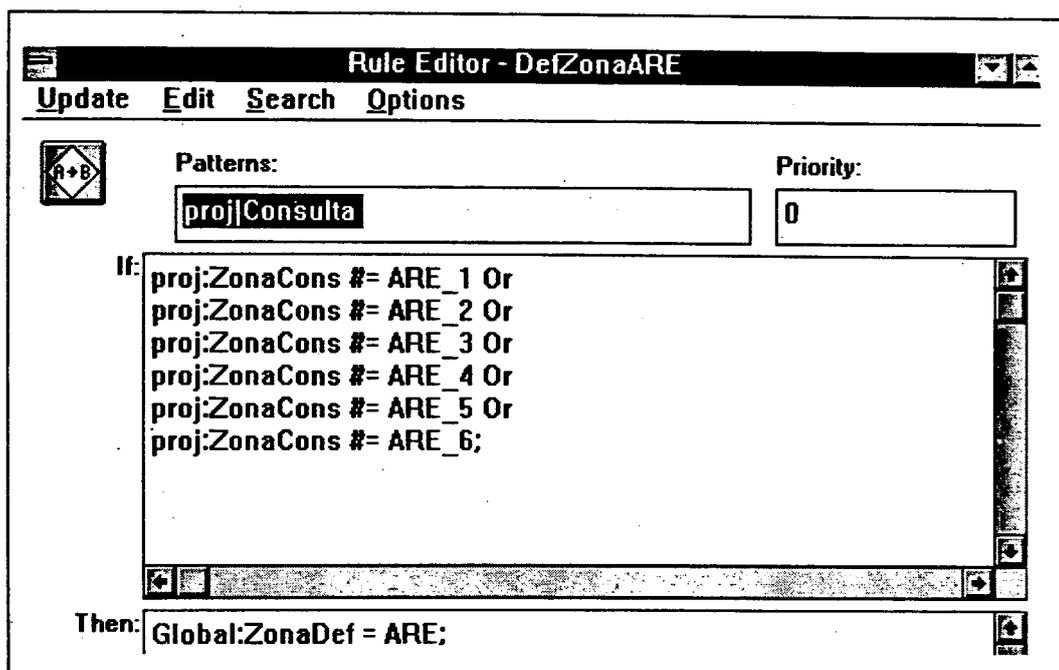


fig. 4.6. Editor para a regra DefZonaARE

– *Definição de Adequação de Uso* - este grupo de regras tem por finalidade inferir o valor do atributo (slot) *Diagnóstico* para o objeto *Uma\_Consulta*. O valor deste atributo pode ser adequado, tolerável ou proibido, dependendo do tipo de zona (*ZonaCons*) que está sendo considerada para o terreno. No caso do *Diagnóstico* ter o valor tolerável, é inferido, também, o valor do atributo (slot) *Tolerância*, isto é, o grau de tolerância para o uso desejado, a fig 4.7, mostra o editor para a regra *DefAdeq1033*;

– *Definição de Alternativas de Uso* - Este grupo tem a finalidade de inferir os valores dos atributos (slots) *AltUsol* e *AltUsol2* do objeto *Uma\_Consulta*, de acordo com o valor do atributo (slot) *ZonaDef* (zona definida) da instância *Global* e do uso do solo desejado na consulta, que é identificado pelo atributo (slot) *Uso*, também, da instância *Global*. A Fig. 4.8 mostra, parcialmente o editor para a regra *DefAltARP*;

– *Definição dos Afastamentos e Recuos* - este grupo tem por finalidade inferir os valores dos atributos (slots) relativos aos recuos e afastamentos permitidos, de acordo com os valores dos atributos (slots) *TIPORUA*, *POSQUADRA* (posição do lote no quadra), *NPAV* (número máximo de pavimentos ou gabarito) e *TESTFRONTAL* (testada frontal), relativos a consulta em questão (objeto *Uma\_Consulta*). A fig. 4.9 mostra o editor para a regra *DefAfastRecl*;

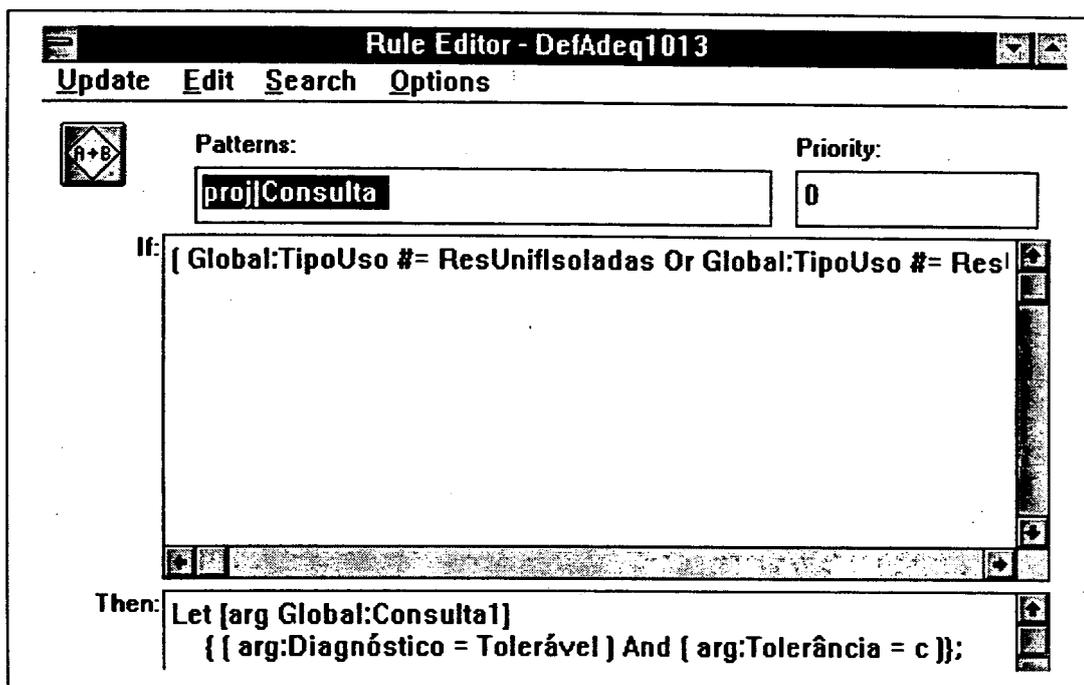


Fig. 4.7. Editor para a regra DefAdeq1013

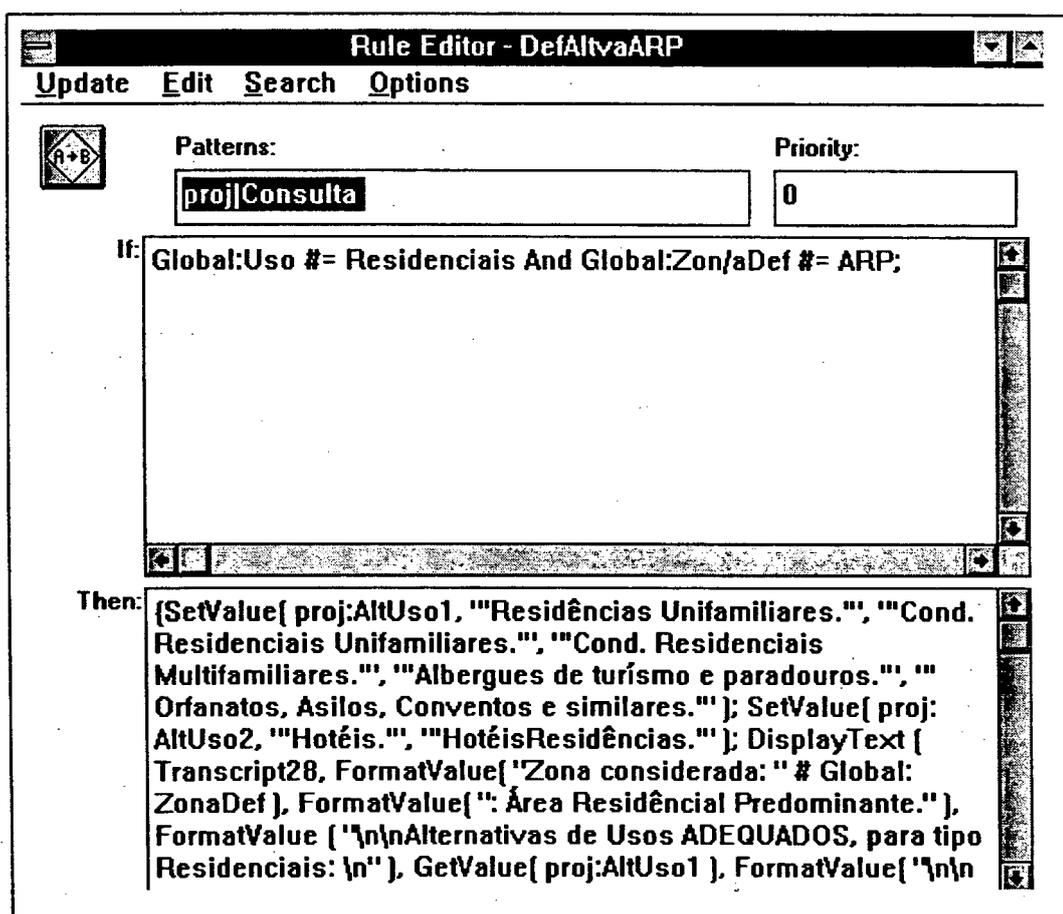


Fig. 4.8. Editor para a regra DefAltvaARP

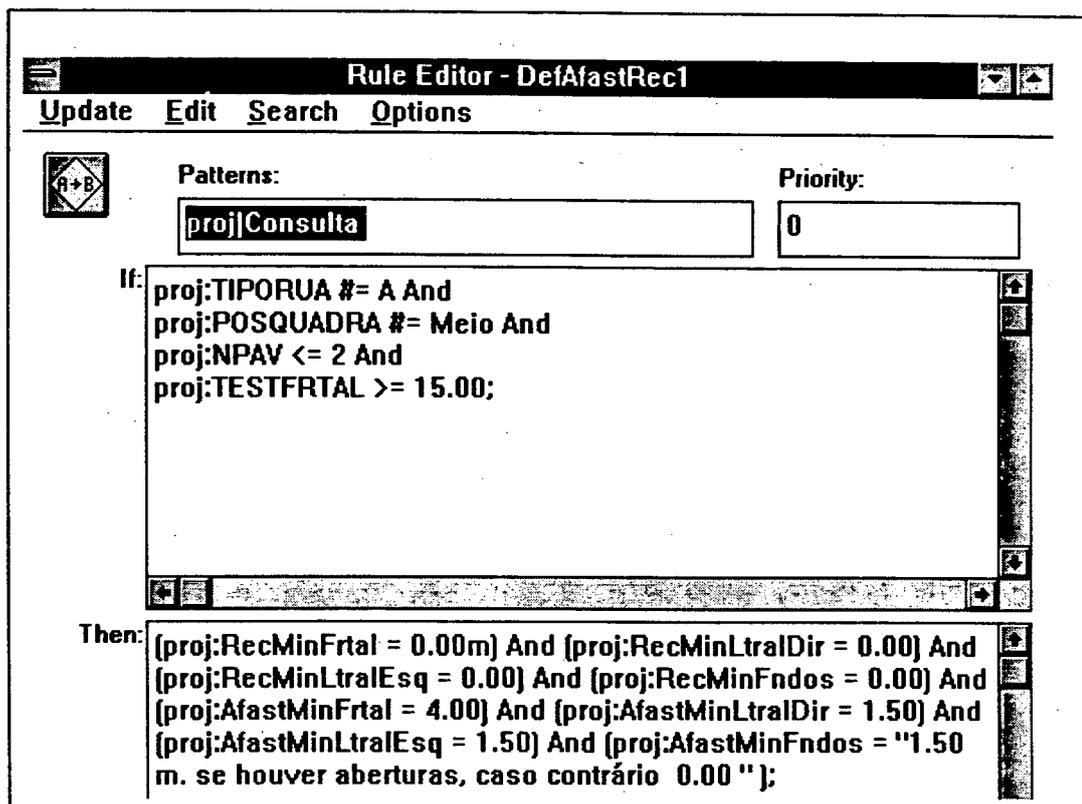


Fig. 4.9. Editor para a regra DefAfastRec1

– *Informação sobre Alternativas de Zonas* - Este grupo tem a finalidade de inferir os valores dos atributos (slots) *ZonasAdeq* (zonas adequadas), *ZonasProib* (zonas proibidas) e *ZonasTol* (zonas toleráveis) para o objeto *Uma\_Consulta*, de acordo com os valores dos atributos (slots) *Uso* e *TipoUso* da instância *Global*, que caracterizam o uso e subtipo de uso para a consulta. A fig. 4.10 mostra, parcialmente, o editor para a regra *InfoAltZona11*.

– *Informações sobre os Limites de Ocupação* - Este grupo tem a finalidade de informar ao consultor (usuário) os limites de ocupação para o terreno objeto da consulta, de acordo com o diagnóstico para o uso desejado, representado pelo atributo (slot) *Diagnóstico* da consulta (objeto *Uma\_Consulta*). São informados: *LOTEMIN* - área mínima exigida, no caso de parcelamento do solo; *TESTMIN* - comprimento mínimo exigido para a testada principal, no caso de parcelamento do solo; *NPAV* - número máximo de pavimentos (gabarito) permitido; *IA* - índice de aproveitamento máximo; *TO* - taxa de ocupação máxima; todos os

recuos e afastamentos mínimos exigidos. A fig. 4.11 mostra, parcialmente, o editor para a regra *InfoLimOcup2*;

Rule Editor - InfoAltZona11

Update Edit Search Options

Patterns: proj|Consulta Priority: 0

If: [ Global:Uso #= Residenciais ] And [ Global:TipoUso #= ResUnifi

Then: {SetValue[ proj:ZonasAdeq, "ARE.", "ARP.", "AMC.", "AMR.", "AM  
SetValue[ proj:ZonasProib, "ACI.", "AS.", "AVL.", "AVP e ", APT );  
SetValue[ proj:ZonasTol, ATE );  
DisplayText( Transcript31, FormatValue["Para uso: " # Global:U

Fig. 4.10. Editor para a regra InfoAltZona11

Rule Editor - InfoLimOcup2

Update Edit Search Options

Patterns: proj|Consulta Priority: 0

If: proj:Diagnóstico #= Adequado Or proj:Diagnóstico #= Tolerável;

Then: DisplayText( Transcript24, FormatValue["Zona primária: " #  
proj:ZonaCons ], FormatValue["\nZona secundária: " # proj:  
ZONA\_S1 ], FormatValue["\nZona adjacente: " # proj:ZonaAdj ],  
FormatValue["\nÁrea do terreno: " # proj:AREA ], FormatValue

Fig. 4.11. Editor para a regra InfoLimOcup2.

- *Informações sobre o Grau de Tolerância* - Este grupo tem a finalidade de fornecer ao usuário explicações quanto ao grau de tolerância pelo qual foi classificado o uso desejado na consulta, de acordo com o valor do atributo (slot) *Tolerância* do objeto *Uma\_Consulta*. A fig. 4.12 mostra o editor para a regra *InfoTol.c.*;

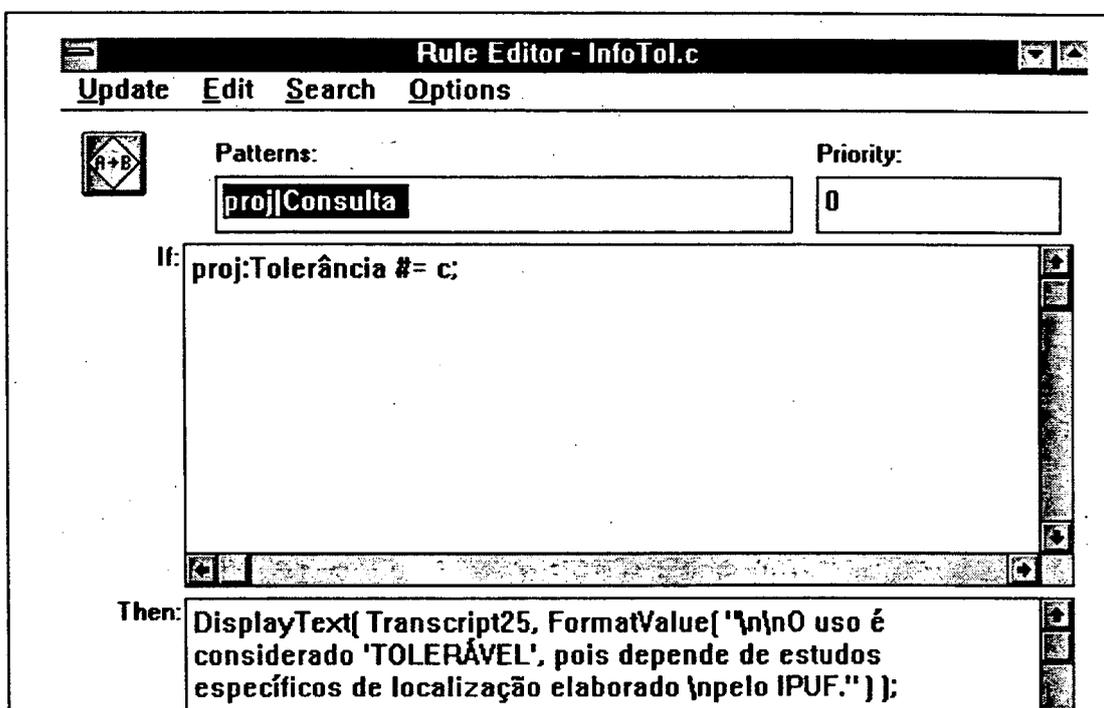


Fig. 4.12. Editor para a regra *InfoTol.c.*

- *Informações sobre o Zoneamento* - Este grupo tem a finalidade de fornecer explicações, ao usuário, com relação ao(s) zoneamento(s) que incidem sobre o terreno. Estas regras tem como premissa o valor do atributo (slot) *Zona\_P* (Zona Primária) ou *Zona\_S* (Zona Secundária) da instância Global. A fig. 4.13 mostra o editor para a regra *InfoZonaP1*.

#### 4.4.3 O Motor de Inferência

O motor de inferência é responsável pela determinação das regras que devem ser disparadas, bem como, pela ordem de disparo das mesmas. Conforme descrito no item anterior, o sistema *UsoSolo* possui vários grupos de regras que são utilizadas, basicamente, para identificar e fornecer explicações sobre o zoneamento e os limites de ocupação de um terreno, a partir de dados existentes sobre um determinado objeto (consulta). O sistema utiliza

a forma de encadeamento para frente, “**forward chain**”, isto é, partindo de dados conhecidos (premissas) infere novos dados (conclusões) ou realiza certas ações.

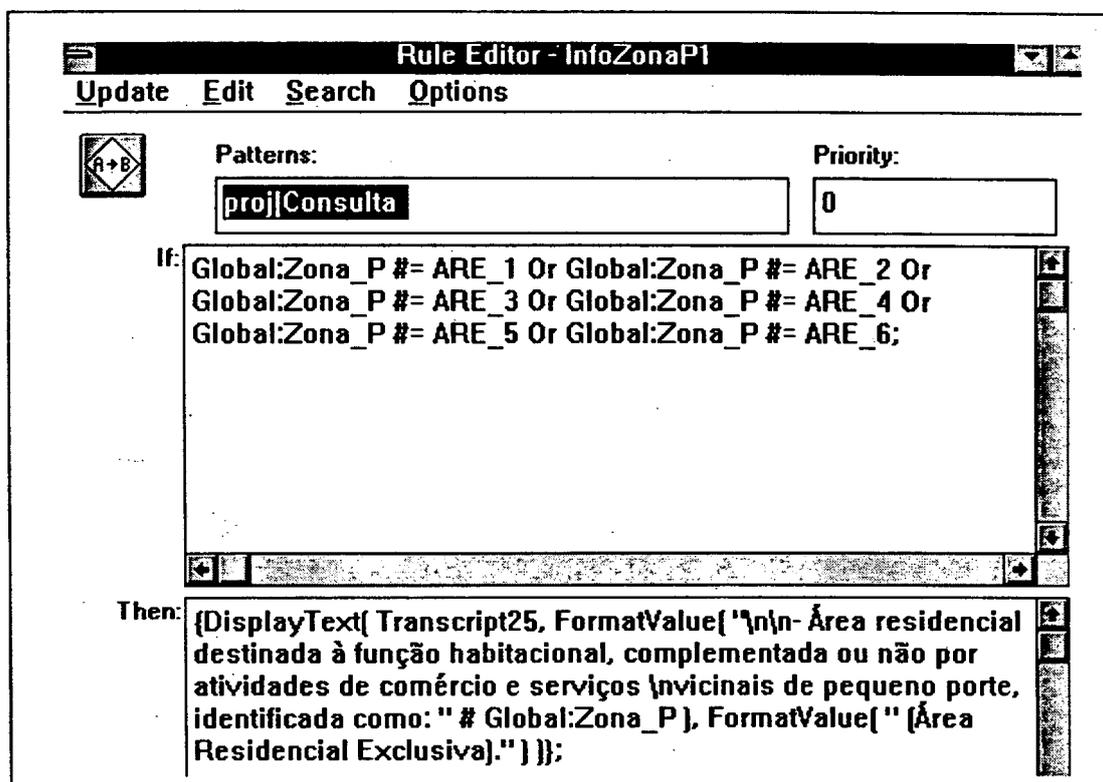


Fig. 4.13. Editor para a regraInfoZonaPI

A partir das solicitações e respostas fornecidas pelo usuário, o motor de inferência desencadeia o disparo das regras pertinentes. Por exemplo, se o usuário deseja conhecer, somente, as alternativas de zonas que são adequadas ou toleráveis para o uso desejado, sem considerar, especificamente, um terreno, a função *AltvaZona*, que está associada ao botão “alternativas de zonas”, desencadeia o disparo das regras do grupo “informações sobre alternativas de zonas”, que estão definidas no slot *InfoAltZona* da instância Global.

#### 4.4.4 A Interface com o Usuário

A interface do sistema *UsoSolo* com o usuário é bastante amigável, em virtude do ambiente de programação “*windows*” proporcionado pela ferramenta utilizada, o *Kappa-PC*. A principal interface do *Kappa-PC* são as janelas ou sessões (*windows*), e nelas são criadas

imagens que nos permitem a comunicação e manipulação da base de conhecimentos. Além dessas, o **Kappa-PC** permite a criação de subjanelas do tipo “*pop-up dialog windows*” que possibilitam melhor comunicação com o usuário. A interface do sistema **UsoSolo** possui um conjunto de vinte e uma janelas (sessões), algumas imagens e subjanelas. As janelas são acessadas através de funções, via botões(opções), e a sua ordem de apresentação depende do objetivo da consulta em questão.

## 4.5 Descrição Geral do Sistema

### 4.5.1 Apresentação

A operacionalização do sistema tem início a partir da tela de apresentação (fig. 4.14). Constam desta tela, as seguintes imagens:

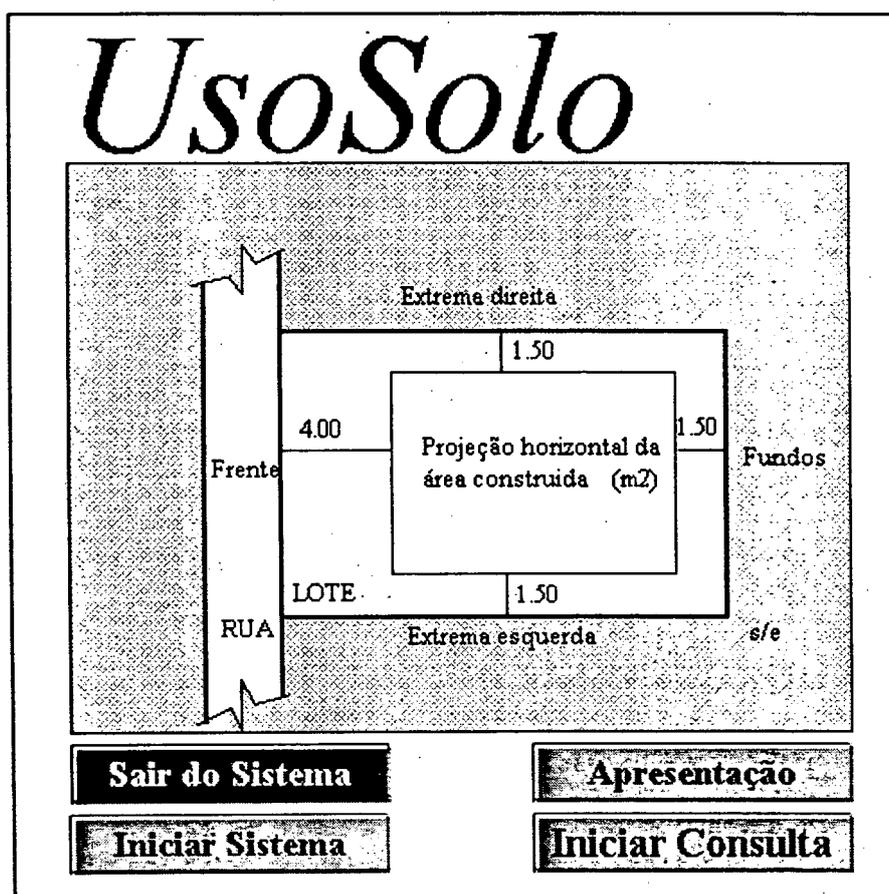


Fig. 4.14. Tela de Apresentação do sistema **UsoSolo**

- *Identificação da tela* (nome do sistema);
- *esboço* representativo de uma planta de situação e locação;
- *Apresentação*. Apresenta o sistema e fornece algumas informações sobre sua operacionalização;
- *Iniciar Sistema*. Zera ou **deleta** todas as consultas ou instâncias existentes e, também, zera o contador do número de consultas realizadas, representado pelo **slot Consulta** da instância Global. Esta função deve ser operada, apenas, pela pessoa controladora do sistema;
- *Sair do Sistema*. Permite que a pessoa controladora saia do sistema e retorne ao sistema operacional do computador. Permite, também, que sejam salvas as consultas, até então realizadas, em um arquivo com a extensão “.kal”;
- *Iniciar Consulta*. Aciona o contador de consultas, associado ao **slot Consulta** da instância Global.

#### 4.5.2 Escolha do tipo de Uso Desejado

Esta tela apresenta ao usuário as opções para a escolha do tipo de uso desejado, conforme a fig. 4.15. Todas as opções são apresentadas através de botões, que tem, cada qual, o objetivo de apresentar a tela correspondente, aos respectivos subtipos para o uso desejado.



Fig. 4.15. Tela / Escolha do tipo de uso desejado

Constam, também, desta tela, as opções:

– *Abandonar Consulta*. Permite que o usuário abandone a consulta e retorne para a tela inicial do sistema;

– *Informações*. Fornece algumas informações sobre esta tela.

### 4.5.3 Escolha do subtipo de Uso Desejado

Esta escolha é definida através de uma tela (fig.4.16), que apresenta ao usuário as opções para a escolha dos subtipos para o uso desejado, no caso, usos residenciais. Após feita a opção, o sistema apresenta a tela seguinte.

<i>Usos: Residenciais</i>		
<i>Escolha o subtipo de uso desejado</i>		
Residências Unifamiliares Isoladas	Hotéis	Albergues de Turismo e Paradouros
Residências Unifamiliares Geminadas	Hotéis-Residência	Câmpings e Colônias de Férias
Condomínios Residenciais Unifamiliares	Hotéis de Lazer	Orfanatos/Asilos
Condomínios Residenciais Multifamiliares	Motéis	
<b>Abandonar Consulta</b>	<b>Voltar Tela Anterior</b>	<b>Ajuda</b>

Fig. 4.16. Tela / Escolha do subtipo de uso desejado

Dependendo do subtipo de uso escolhido, o sistema poderá solicitar algumas informações ao usuário, com o objetivo de caracterizá-lo corretamente. Por exemplo, o subtipo 'Residências Unifamiliares Isoladas' só poderá ser caracterizado como tal, se, sobre o terreno, não existir mais de 3 (três) unidades residenciais. Caso contrário, o subtipo desejado é

caracterizado como 'Condomínios Residenciais Unifamiliares', as figs 4.17 e 4.18 mostram as janelas referentes a estes diálogos.

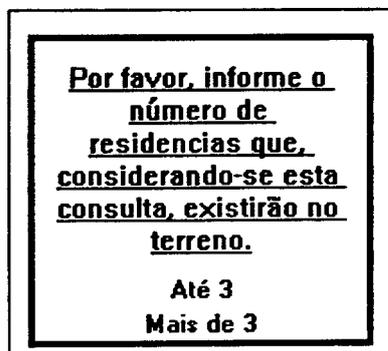


Fig. 4.17. Janela/Definição do número de residências

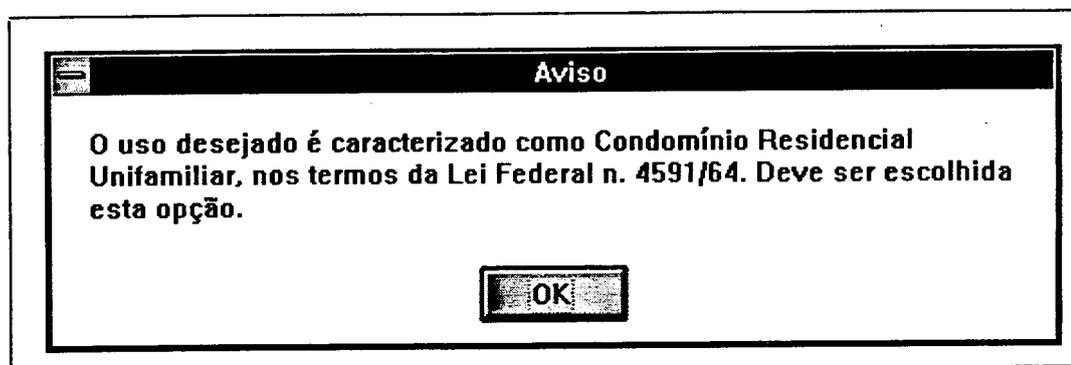


Fig. 4.18. Janela/Caracterização para o subtipo de uso desejado.

Constam, também, da tela (fig. 4.16), as opções:

- *Abandonar Consulta.* Permite que o usuário abandone a consulta e retorne para a tela inicial do sistema;
- *Voltar Tela Anterior.* Permite que o usuário volte para a tela anterior, correspondente à escolha do tipo de uso desejado;
- *Informações.* Fornece algumas informações sobre a tela.

#### 4.5.4 Identificação da Consulta

Constam desta tela as seguintes imagens:

- *Identificação da tela;*
- *Dados* sobre a consulta em andamento, no que se refere ao tipo de uso, subtipo e o número da consulta;
- *Requerente e Num. Cadastro.* Nelas, o usuário deve fornecer o seu nome e o número do cadastro imobiliário do terreno;
- *Cadastrros Disponíveis.* Esta opção tem por objetivo fornecer uma listagem de dezesseis cadastros imobiliários, através de uma subjanela , para testes do sistema;
- *Relação Uso/Zona.* Fornece ao usuário a relação entre o uso desejado e o todos os tipos de zonas existentes. Esta informação visa à atender ao usuário que deseja conhecer, somente, a adequabilidade do uso desejado com relação ao zoneamento;
- *Voltar Tela Anterior.* Permite que o usuário volte a tela anterior, corrigindo ou optando por outro subtipo para o uso desejado;
- *Próximo Passo.* Mostra a tela seguinte com informações sobre o terreno em questão;
- *Abandonar Consulta.* Permite que o usuário abandone a consulta, salvando, se desejar, todas as informações definidas, até então;
- *Informações.* Fornece informações sobre esta tela.

#### 4.5.5 Identificação da Propriedade

Constam desta tela as seguintes imagens:

- *Identificação da tela;*
- *Dados e informações* sobre o terreno, referentes ao número do cadastro imobiliário da propriedade;
- *Abandonar Consulta.* Permite que o usuário abandone a consulta, salve, se desejar, todas as informações, até então, definidas e retorne a tela inicial do sistema;
- *Voltar Tela Anterior.* Permite que o usuário volte para a tela anterior;

– *Alterar Dados*. Permite que o usuário altere dados ou informações incorretas. Através de subjanelas o usuário deverá identificar o que deseja corrigir e, também, efetuar a respectiva correção;

– *Próximo Passo*. Mostrar a tela seguinte. Quando o terreno situa-se sobre mais de um tipo de zona, o usuário deverá optar, através de subjanelas, sobre qual tipo a consulta deve ser realizada;

– *Informações*. Fornece informações sobre esta tela. Solicita que o usuário certifique-se de todas as informações contidas e providencie, se for o caso, alguma correção junto à Prefeitura. Alerta que as correções efetuadas são consideradas, somente, para efeitos da consulta.

#### 4.5.6 Diagnóstico e Restrições para o Uso Desejado

Constam desta tela as seguintes imagens:

– *Identificação da tela*;

– *Zoneamento*. Apresenta o valor do atributo (*slot*) *Uso* de uma instância (consulta), isto é, apresenta o diagnóstico para o uso desejado com relação ao tipo de zona que está sendo considerado. O diagnóstico é apresentado (destacado) na imagem *Diagnóstico*. Dependendo do tipo de zona que está sendo considerada, podem ser solicitadas outras informações;

– *Limites de Ocupação*. Apresenta as informações ou restrições sobre os limites de ocupação, que são apresentadas na imagem *Restrições*. Dependendo do tipo de zona que está sendo considerada, podem ser solicitadas outras informações;

– *Informações sobre o Zoneamento*. Mostra uma tela de explicações do sistema, referentes ao zoneamento. É alertado ao usuário que estas explicações só serão fornecidas, após, conhecido o diagnóstico sobre o uso desejado;

– *Informações sobre os limites de ocupação*. Mostra uma tela de explicações do sistema, referente aos limites de ocupação. É alertado ao usuário que estas explicações só serão fornecidas, após, conhecidas as restrições sobre os limites de ocupação. Esta tela de explicações possui quatro botões, através dos quais o usuário escolhe o tópico a ser

explanado. Dependendo do uso desejado e do zoneamento em consideração, novas informações podem ser solicitadas ao usuário.

– *Alternativas de Uso*. Apresenta uma tela mostrando todas as alternativas de uso adequados e toleráveis, com relação ao tipo de zona que está sendo considerada.

– *Voltar Tela Anterior*. Permite que o usuário volte a tela anterior;

– *Finalizar Consulta*. Permite que o usuário finalize sua consulta e retorne para a tela inicial do sistema. Caso o terreno situe-se sobre mais de um tipo de zona, o usuário é alertado para que continue sua consulta, até que todos os tipos de zona tenham sido consideradas;

– *Informações*. Apresenta algumas informações sobre a tela em questão.

Todas as telas referidas nos itens 4.5.4, 4.5.5 e 4.5.6 são apresentadas no capítulo seguinte, quando da aplicação do sistema.

#### **4.6 Conclusão**

O sistema UsoSolo, mesmo sendo um protótipo que considera, somente, o tipo de uso *Residencial*, atinge seu objetivo principal que é o de apresentar uma possibilidade de informatização para as consultas de viabilidade. O sistema fornece o diagnóstico de adequação para o uso desejado, e as restrições quanto aos seus limites de ocupação, com relação ao zoneamento considerado. A medida que novos conhecimentos forem acrescidos, o sistema poderá emitir mais informações, especialmente, sobre os limites de ocupação do terreno. Para sua implementação, parte-se do pressuposto que todos os terrenos ou lotes devam estar devidamente cadastrados junto a Secretaria de Urbanismo e Serviços Públicos da Prefeitura (SUSP), e que seus respectivos cadastros imobiliários (base de dados) contenham todos os dados e informações necessárias para sua operacionalização. No capítulo seguinte, referente a aplicação do sistema, mostra-se, através dos resultados obtidos, a viabilidade desta abordagem.

## CAPÍTULO 5

### APLICAÇÃO DO SISTEMA USOSOLO

#### 5.1 Introdução

Baseado no recomendado por Walterman [WAT86], conforme descrito na capítulo 2, item 2.6.1, procurou-se, desde o começo do desenvolvimento deste protótipo, analisá-lo globalmente, isto é, levando-se em consideração todas as suas etapas de desenvolvimento. Assim, a etapa de validação e testes foi, permanentemente, considerada, a medida que o mesmo ia sendo desenvolvido. Objetivou-se, desta forma, proceder um constante refinamento. Entretanto, isto não significa dizer que, após concluído os testes, o mesmo seja considerado “completo”, pois, novos conhecimentos podem e devem ser incorporados, visando satisfazer suas necessidades de aperfeiçoamento, revisão e expansão.

Os objetivos definidos para a avaliação deste protótipo foi, através de testes, analisarmos o seu desempenho, como um instrumento de operacionalização das consultas de viabilidade, na emissão de diagnósticos e pareceres sobre os limites de ocupação de um terreno. Considerando a existência de um banco de dados, utilizado pela Secretaria de Finanças do Município de Florianópolis (SEFIN) para fins tributários, poderemos, se acrescentarmos campos relativos ao zoneamento da propriedade, utilizá-lo como uma importante fonte de aquisição de conhecimento. Para tal, foi criada uma base de dados, conforme descrito no item 4.4.1, contendo o registro de dezessete propriedades, nas quais o sistema foi testado. Lembramos que, conforme já citado anteriormente, o sistema UsoSolo opera, somente, para o tipo de uso ‘residenciais’.

Para que o sistema opere, satisfatoriamente, ele requer os seguintes recursos computacionais:

– Microcomputador, no mínimo, PC-AT 386 Dx, 40 MHz, com, preferencialmente, monitor SVGA. O sistema foi desenvolvido em um PC-AT 486 Dx4, 100 MHz e monitor SVGA com resolução de 800x600 pixels;

– *Softwares*: MS-DOS 6.0, MS-Windows 3.1, Kappa-PC - 2.0 e um *software* para a criação de arquivos de bancos de dados com a extensão *.dbf*.

## 5.2 Casos Estudados

Considerando que a implementação do sistema UsoSolo é a nível de um protótipo de demonstração, para testar e mostrar a aplicação do sistema, foi montada uma base de dados, composta de dezessete cadastros imobiliários (disponíveis na opção '*Cadastros Disponíveis*'), a partir do banco de dados da SEFIN (ver Anexo A). Esta base de dados contempla: 14 zonas primárias (ACI\_1, AMC\_1, AMC\_3, AMS, APL, APP, ARE\_6, ARP\_5, AST, ATE\_2, ATR\_3, ATR\_4, AVL e AVP) e 2 zonas secundárias (AIH e APC\_1), que podem ser aplicadas para todos os subtipos de uso residenciais. É desconsiderada a informação referente ao nome do proprietário do terreno. A seguir são apresentados dois exemplos de aplicação.

### 5.2.1 O cadastro 51.56.066.1119

Para esta propriedade, será considerado que, dentro do uso residenciais, o subtipo de uso desejado é *residência unifamiliar isolada*, opções que foram definidas através das telas 'Escolha do tipo de uso desejado' e 'Escolha do subtipo de uso desejado'. A fig. 5.1 mostra a tela de *Identificação da Consulta*. Caso o usuário deseje conhecer o diagnóstico do uso desejado com relação à todos os tipos de zonas, sem considerar uma propriedade específica, ele deverá escolher a opção '*Relação Uso/Zona*', cuja tela é mostrada pela fig. 5.2.

Através da opção '*Próximo Passo*' é mostrada a tela '*Dados e informações do terreno*' (fig. 5.3). Nesta tela, se existir algum dado ou informação incorreta, o usuário poderá, através da opção '*Alterar Dados*', corrigi-los, como exemplificado pelas janelas (figs. 5.4, 5.5 e 5.6).

**Identificação da Consulta**  
*Certifique-se dos dados relativos a sua consulta.*

<b>Uso</b> Residenciais	<b>Tipo de Uso</b> Residências Unifamiliares Isol	<b>Consulta número:</b> cv000001.96
----------------------------	--	--

*Forneça o nome do requerente e o número do cadastro imobiliário do terreno.*

**Requerente:** David Lemos

**Num. Cadastro:** 51.56.066.1119

**Cadastros Disponíveis**

**Relação Uso/Zona**      **Ajuda**

**Abandonar Consulta**      **Voltar Tela Anterior**      **Próximo Passo**

Fig. 5.1. Tela / Identificação da consulta

**Sistema UsoSolo - Relação Uso/Zona**

Para uso: Residenciais  
 Tipo de uso: ResUnifIsoladas

As zonas ADEQUADAS são:  
 LIST: ARE, ARP, AMC, AMR, AMS, ATR, APL e AER

As zonas TOLERÁVEIS são:  
 LIST: ATE

As zonas PROIBIDAS são:  
 LIST: ACI, AS, AVL, AVP e APT

Notas:

- As zonas APP e AEH são consideradas como 'non aedificandi'.
- As zonas ASE e AST são restritas aos serviços de 'saneamento e energia' e do 'sistema viário de transportes', respectivamente.
- A zona AVV é destinada, unicamente, à 'áreas verdes do sistema viário'.
- Para maiores informações sobre todas as zonas que compõem o micro-zoneamento, veja o art. 5. do projeto de lei ....

**Voltar Tela Anterior**

Fig. 5.2. Tela / Relação Uso/Zona

## Dados e Informações do Terreno

<b>Cadastro</b> 51.56.066.1119	<b>Requerente</b> David Lemos	<b>Proprietário</b> DESCONSIDER	<b>Nome da Rua</b> Cel. Ivan Dentice L	<b>Cód. da Rua</b> 104170
-----------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	---	------------------------------

<b>N/Lote</b> 441	<b>Area(m2)</b> 12896.00	<b>Loteamento/Nome</b>	<b>N/Quadra</b>	<b>Pos/Quadra</b> Esquina	<b>Bairro</b> Praia da Sa	<b>CEP</b> 88080.600
----------------------	-----------------------------	------------------------	-----------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------

Testadas (m) / Tipo da Rua      Zoneamento Principal      Zoneamento Secundário

<b>Testada(Ftal)</b> 44.00	<b>Tipo/Rua</b> A	<b>Zona_P1</b> APL	<b>Zona_P2</b> APP	<b>Zona_S1</b> NULL
<b>Testada(LD)</b> 19.00	<b>TipoRua1(LD)</b> A	<b>Zona_P3</b> ARE_6	<b>Zona_P4</b> NULL	
<b>Testada(LE)</b> 0.00	<b>TipoRua2(LE)</b> NULL			
<b>Testada(Fdos)</b> 0.00	<b>TipoRua3(Fdos)</b> NULL			

Alterar Dados

Ajuda

Abandonar Consulta

Voltar Tela Anterior

Próximo Passo

Fig. 5.3. Tela / Dados e informações do terreno

**Aviso**

Lembramos-lhe, Sr(a) david lemos, que as alterações aqui efetuadas, só valem para efeito desta consulta. O Sr(a) deve providenciar, junto a Prefeitura, a alteração em seu cadastro imobiliário.

Fig. 5.4. Janela / Aviso sobre alterações

**Qual a informação que o Sr(a). deseja alterar?**

PROP

NOMERUA

Nenhuma

Fig. 5.5. Janela / Pergunta sobre alterações

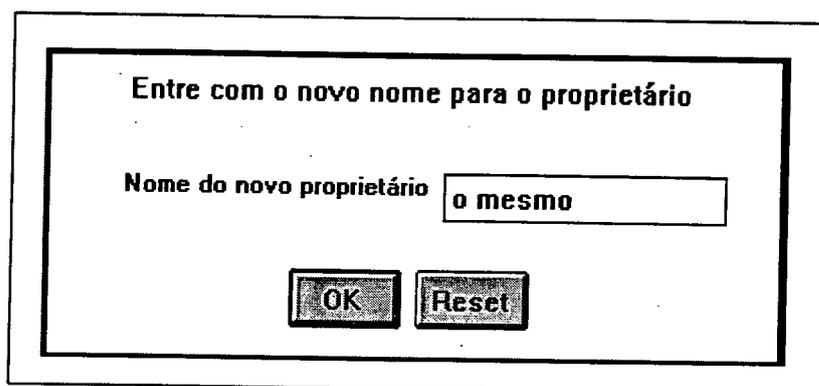


Fig. 5.6. Janela / Efetivação da alteração

A opção 'Próximo Passo', da tela 'Dados e Informações do Terreno', encaminha o usuário para a tela 'Diagnóstico e Restrições para o Uso do Solo'. Entretanto, como este terreno está situado sobre mais de um tipo de zona, será perguntado, através de uma janela (fig. 5.7), sobre qual tipo de zona a consulta deve ser realizada.

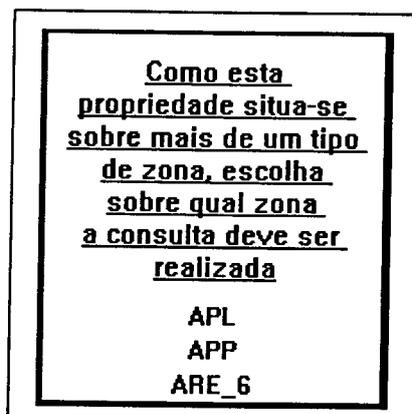


Fig. 5.7. Janela /Definição do tipo de zona à consultar

Definido o tipo de zona, sobre a qual será efetuada a consulta, é mostrada a tela 'Diagnóstico e Restrições para o Uso do Solo'. A opção 'Zoneamento' informa ao usuário, através da imagem 'Diagnóstico', o fator de adequação, isto é, se o uso desejado é *adequado*, *tolerável* ou *proibido*. Antes, porém, dependendo do tipo de zona, por exemplo: APL, serão solicitadas algumas informações, conforme mostrado nas figura 5.8.

**Como a zona considerada é uma APL (Área de Preservação Limitada), responda:**

**1. Esta zona situa-se abaixo ou acima da cota de 100 metros?**

Abaixo  
Acima

**2. O terreno (como um todo) possui acesso público oficial?**

Sim  
Não

Fig. 5.8. Janelas /Perguntas sobre a zona APL

A opção ‘Limites de Ocupação’ mostrará ao usuário todas as restrições sobre os limites de ocupação para a zona em consideração. Antes, porém, será solicitado que o usuário informe se a edificação pretendida possuirá alguma obra de arte, conforme mostra a fig. 5.9, pois, neste caso, poderá beneficiar-se de um acréscimo de 2% na taxa de ocupação.

**Se a sua edificação possuir alguma obra de arte poderá beneficiar-se de um acréscimo de 2% (dois por cento) na Taxa de Ocupação (TO). [ver art. 43 do proj. lei]. Sua edificação possui obras de arte?**

Não  
Sim

Fig. 5.9. Janela / Informação sobre obra de arte

Com base nos dados e informações fornecidas e necessárias, o sistema apresentará o diagnóstico sobre o uso desejado e as restrições sobre os limites de ocupação. A fig. 5.10, mostra a tela ‘Diagnóstico e Restrições para o Uso do Solo’, com as, respectivas, informações.

Se o usuário tentar encerrar a consulta, através da opção 'Finalizar Consulta', sem conhecer o diagnóstico e/ou as restrições sobre os limites de ocupação, o sistema o alertará que a mesma não deve ser encerrada, pois está incompleta. A fig. 5.11 mostra a janela com este diálogo.

<i>Diagnóstico e Restrições para o Uso do Solo</i>	
<b>Zoneamento</b>	<b>Limites de Ocupação</b>
<b>Diagnóstico</b> <input type="radio"/> Adequado <input type="radio"/> Tolerável <input type="radio"/> Proibido	<b>Restrições</b> Zona primária: APL Zona secundária: Inexistente Zona adjacente: desconsiderada Área Mínima exigida para o Lote: 0.00 m <sup>2</sup> (para parcelamento do solo) Testada Mínima exigida para o Lote: 0.00 m (para parcelamento do solo) Obras de Arte: Não Gabarito Máximo (NPAV): 2 pavimentos Índice de Aproveitamento Máximo: 0.10 Taxa de Ocupação Máxima: 10 Recuo Mínimo Frontal: 0.00 m Recuo Mínimo Lat. Direito: 0.00 m Recuo Mínimo Lat. Esquerdo: 0.00 m Recuo Mínimo Fundos: 0.00 m Afastamento Mínimo Frontal: 4.00 m
	<b>Informações sobre o zoneamento</b> Após encerrada sua consulta, por favor, pressione o botão "Finalizar Consulta".

Fig. 5.10. Tela / Diagnóstico e Restrições para o Uso do Solo

<p><b><u>Sua consulta não está completa.</u></b>  <b><u>Certifique-se do 'diagnóstico' e/ou dos 'limites de ocupação'.</u></b>  <b><u>Você tem certeza que deseja encerrá-la?</u></b></p> <p>Não Sim</p>
--

Fig. 5.11. Janela / Aviso sobre a consulta

A opção 'Informações sobre o zoneamento' mostra uma tela de explicações sobre o zoneamento, onde são descritos os tipos de zonas (APL, APP e ARE\_6) incidentes sobre a propriedade e outras citações do projeto de lei (plano diretor). Nesta e, também, em todas as telas de explicações é lembrado ao usuário o diagnóstico definido sobre o uso desejado, no caso, *adequado*. A fig. 5.12 mostra, parcialmente, esta tela.

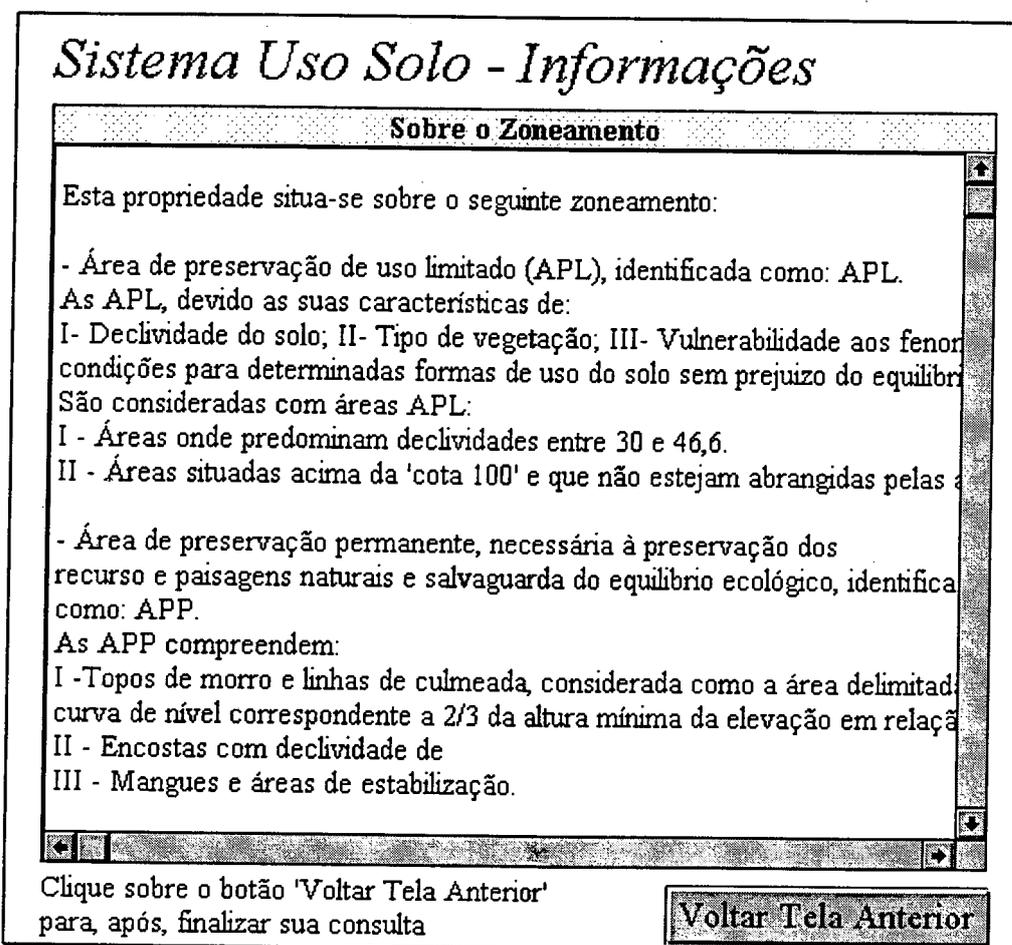


Fig. 5.12. Tela / Informações sobre o zoneamento

A opção 'Informações sobre os limites de ocupação' mostra a tela de informações do sistema que apresenta, por sua vez, cinco outras opções: 'Uso Desejado', 'Ind. Aprov. (IA) e Taxa Ocup. (TO)', 'Altura das Edificações', 'Afastamentos e Vedações' e 'Garagens'.

A opção 'Uso Desejado' apresenta informações sobre os requisitos necessários para a sua correta caracterização. Neste caso é fornecido ao usuário algumas informações sobre o uso *residências unifamiliares isoladas*. A fig. 5.13 mostra esta tela.

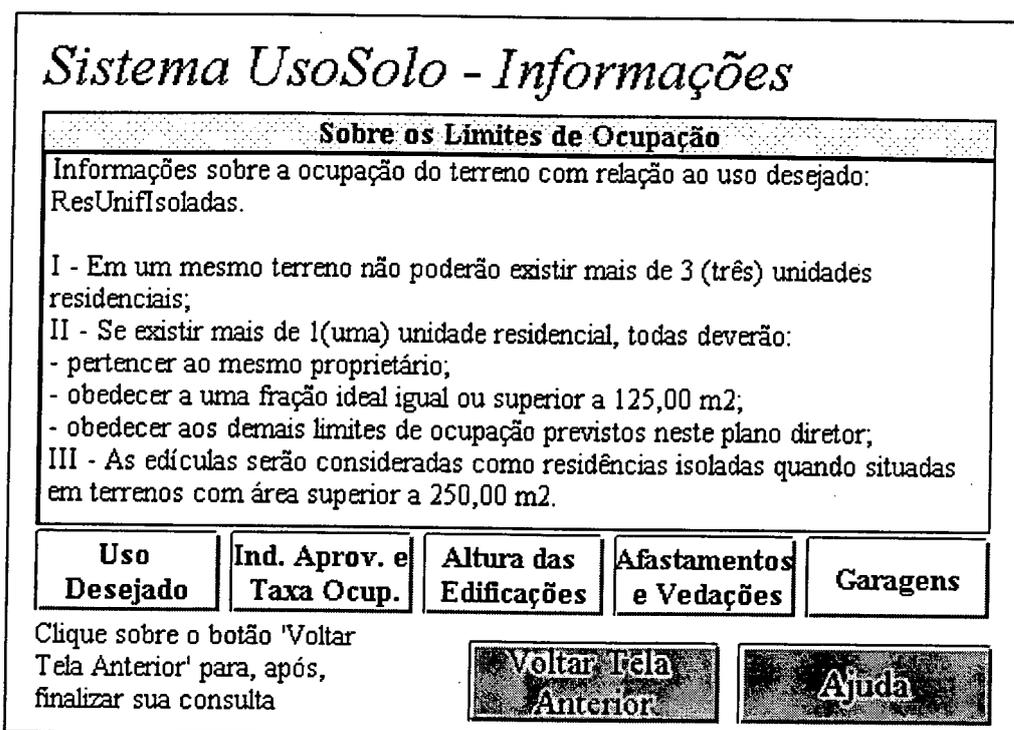


Fig. 5.13. Tela/Informações sobre o uso desejado com relação ao terreno

A opção 'Ind. Aprov. e Taxa de Ocup.' apresenta as informações sobre o índice de aproveitamento (IA) do terreno e a sua taxa de ocupação (TO). Neste caso não foi fornecido os valores, máximos, permitidos para a área construída (AC) e sua respectiva projeção horizontal (PAC), em face do terreno situar-se sobre mais de um tipo de zona. A fig. 5.14 mostra, parcialmente, esta tela.

A opção 'Altura das Edificações' mostra a tela correspondente às estas informações. A fig. 5.15 mostra, parcialmente, esta tela.

A opção 'Afastamento e Vedações' mostra uma tela com informações sobre os recuos, afastamentos da edificação e vedações do terreno. Dependendo do tipo de zona em consideração, no caso zona APL, são fornecidas as informações específicas. A fig. 5.16 mostra, parcialmente, esta tela.

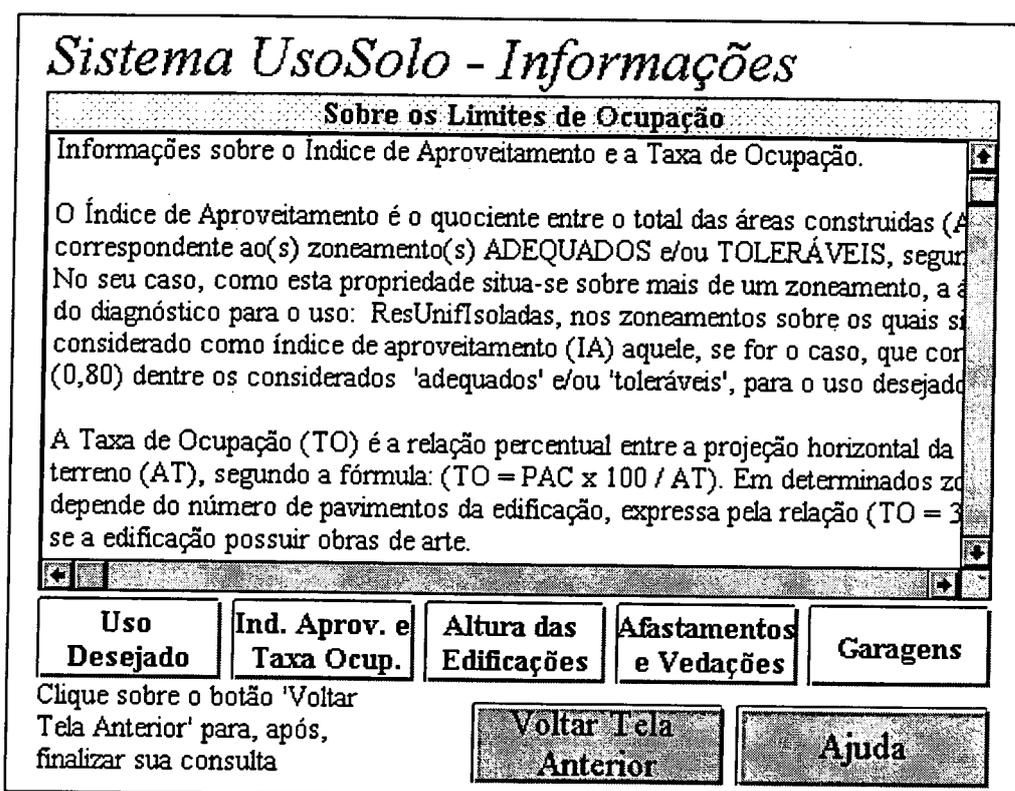


Fig. 5.14. Tela/Informações sobre o índice de aproveitamento e a taxa de ocupação

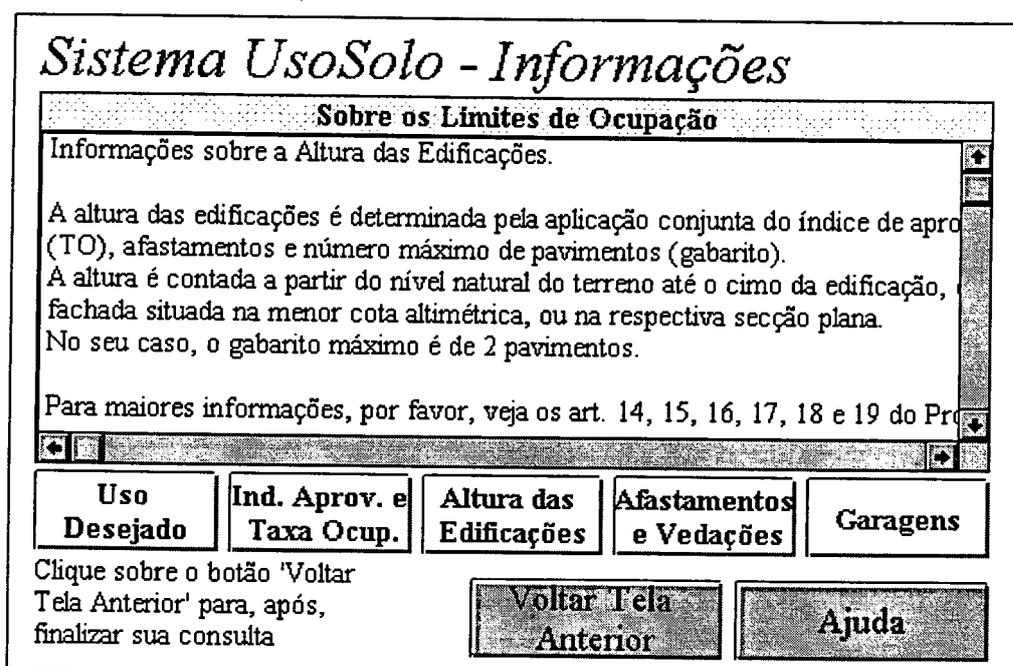


Fig. 5.15. Tela/Informações sobre a altura das edificações

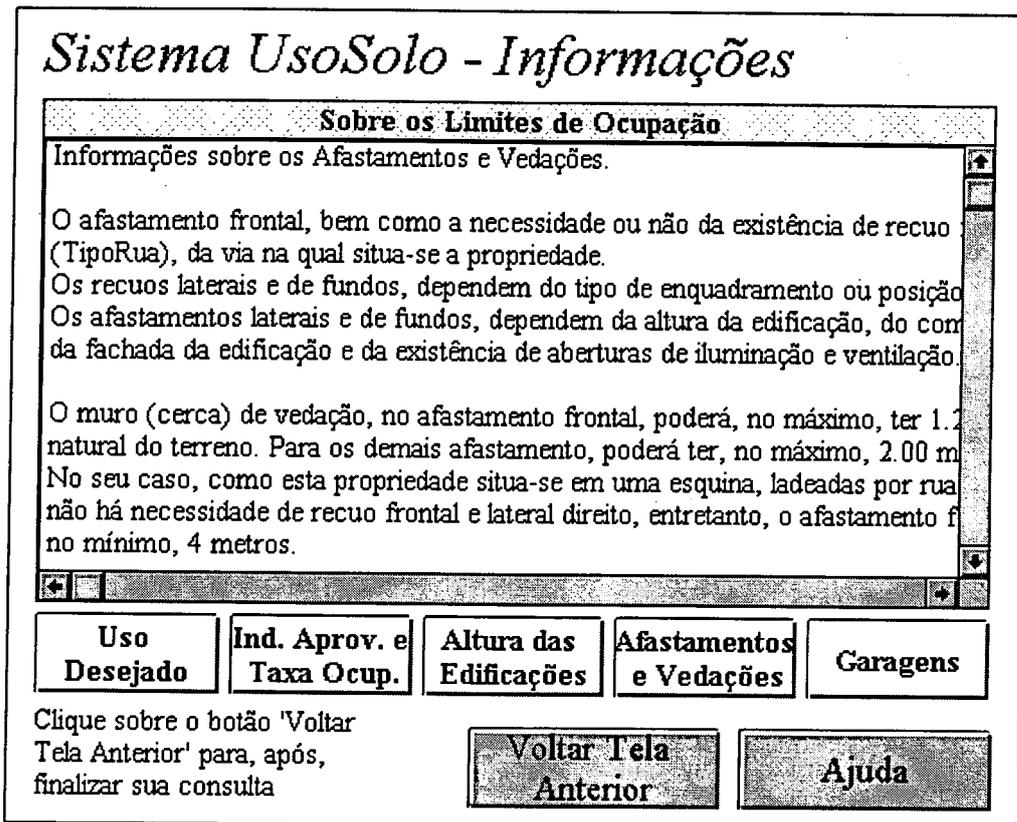


Fig. 5.16. Tela/Informações sobre os afastamentos e vedações

A opção 'Garagens' mostra a tela correspondente à estas informações. A fig. 5.17 mostra, parcialmente, esta tela.

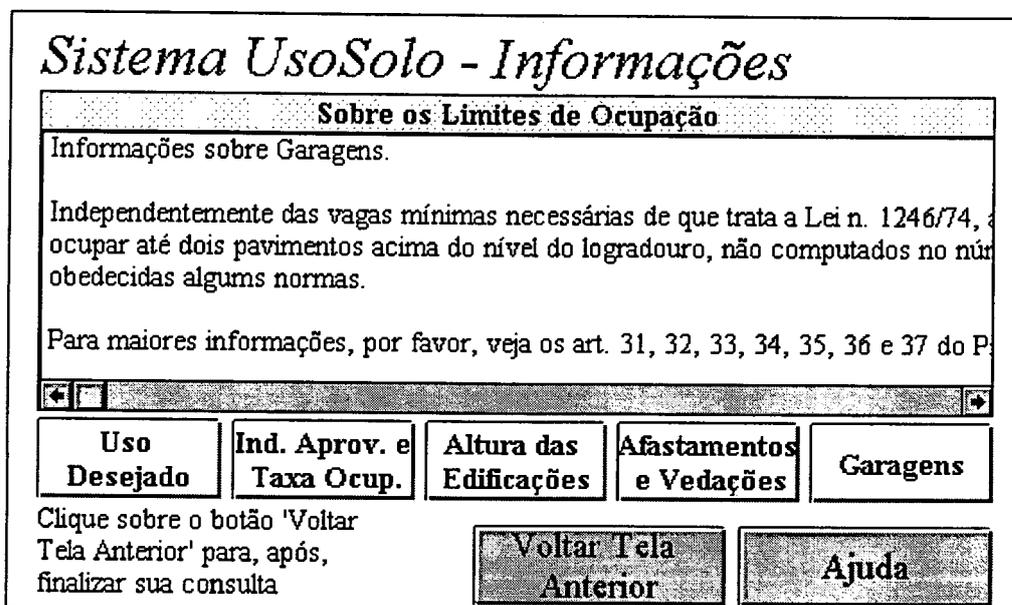


Fig. 5.17. Tela/Informações sobre vagas de garagens

Após conhecidas as informações sobre o zoneamento e os limites de ocupação, o usuário deve, através da opção 'Voltar Tela Anterior', retornar para a tela 'Diagnóstico e Restrições para o Uso do Solo', onde:

– a opção 'Alternativas de Uso' mostra a tela com as informações sobre os subtipos de usos residenciais que são considerados *adequados* ou *toleráveis* para o tipo de zona considerado. A fig. 5.18 mostra, parcialmente, esta tela;

– a opção 'Finalizar Consulta' irá, neste caso, informar ao usuário que a consulta não deve ser encerrada, pois outros tipos de zonas devem ser considerados. As fig. 5.19 e 5.20 mostram as janelas correspondentes a estes diálogos. Optando em encerrar a consulta, o sistema mostrará uma mensagem de cumprimento (fig. 5.21) e retornará à tela inicial de apresentação.

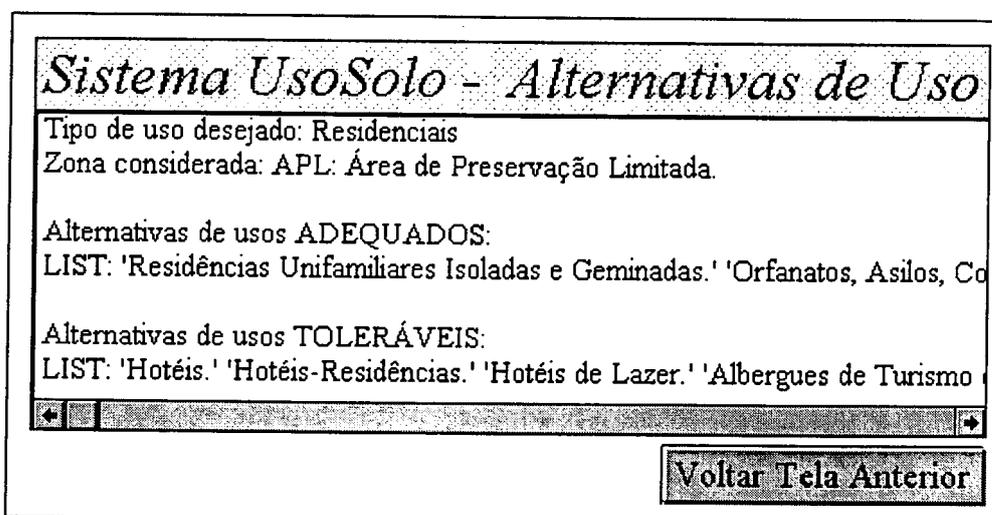


Fig. 5.18. Tela / Alternativas de usos

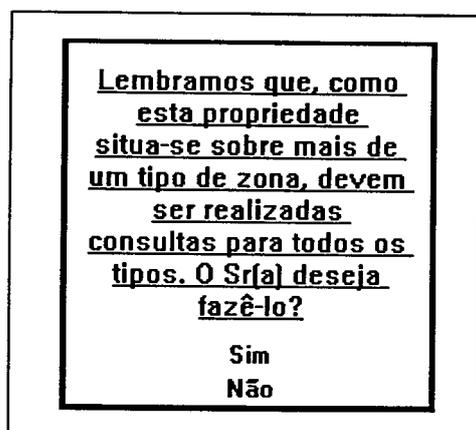


Fig. 5.19. Janela / Pergunta sobre outras consultas

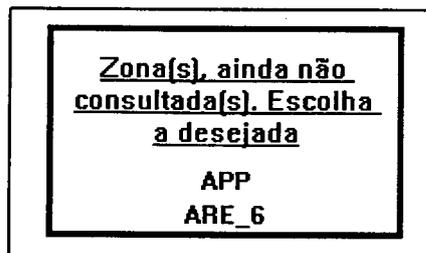


Fig. 5.20. Janela / Escolha do tipo de zona não consultada

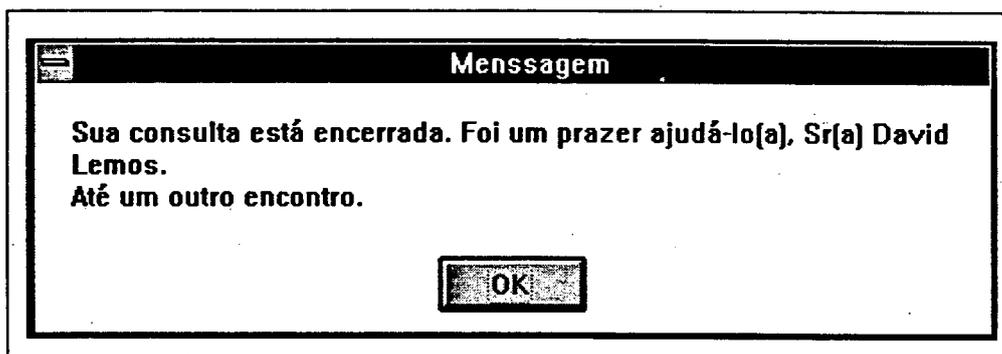


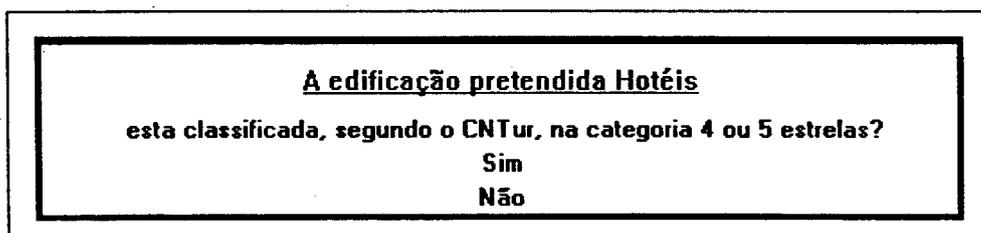
Fig. 5.21. Janela / Mensagem sobre o encerramento da consulta

### 5.2.2 O cadastro 23.33.052.0221

Este terreno situa-se sobre 2 tipos de zonas: ATR\_3 (zona primária) e AIH (zona secundária). Considerando-se que o subtipo de uso desejado é *Hotéis*, o sistema irá solicitar as seguintes informações:

– Quanto ao opção ‘Limites de Ocupação’. Será perguntado ao usuário se a edificação pretendida está classificada, segundo as normas do CNTur (Conselho Nacional de Turismo/Embratur), nas categorias 4 ou 5 estrelas (ver fig. 5.22), pois, se estiver, poderá beneficiar-se de incentivos especiais, tais como, maior índice de aproveitamento, maior taxa de ocupação, maior gabarito (número de pavimentos), dentre outros;

– Quanto a opção ‘Informações sobre os limites de ocupação/Ind. Aprov. e Taxa de Ocup.’. Será perguntado ao usuário qual o número de pavimentos desejado para a edificação (fig. 5.23). Neste caso, poderão ser fornecidos os valores máximos da área construída (AC) e a sua respectiva projeção horizontal (PAC), pois o terreno situa-se sobre uma zona primária, conforme mostrado na fig. 5.24.



5.22. Janela / Pergunta sobre a classificação para o uso desejado (hotéis)

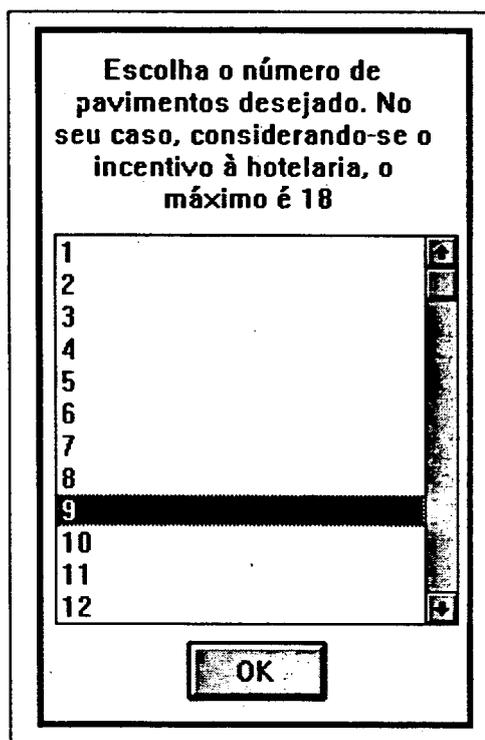


Fig. 5.23. Janela / Escolha do número de pavimentos desejado

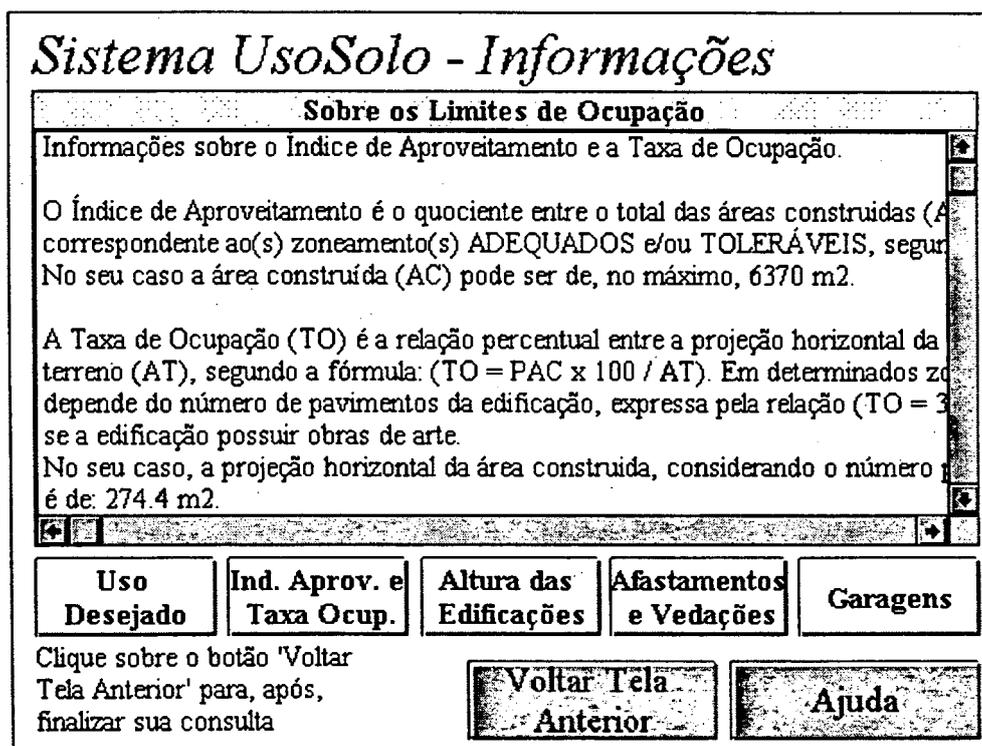


Fig. 5.24. Tela/Informações sobre Índice de Aproveitamento e Taxa de Ocupação, para uso: hotéis

Para cada terreno, o sistema poderá solicitar e fornecer informações específicas, bem como, manter diferentes tipos de diálogos com o usuário.

### 5.3 Considerações sobre a Aplicação

Da aplicação do sistema, para os dezessete cadastros escolhidos, foram feitas as seguintes considerações:

- comparada com a metodologia, atualmente, empregada para as consultas de viabilidade, o sistema, além de fornecer as mesmas respostas básicas, fornece informações sobre as definições do zoneamento e dos limites de ocupação para o terreno. Destacam-se, também, as informações relativas as alternativas de usos possíveis, que, se for desejo do usuário, poderão ser objetos de uma nova consulta. Desta forma, ao contrário da metodologia empregada atualmente, o sistema possibilita que o usuário tenha acesso a todos os conhecimentos, contidos em sua base de conhecimentos, que possam lhe interessar;

- foi considerada satisfatória a condução apresentada pelo sistema na busca dos resultados finais, pois baseia-se no raciocínio utilizado pelos especialistas;

- o sistema possibilita um significativo aumento na velocidade de operacionalização e está sujeito a uma menor probabilidade de erros;

- embora a **interface** utilizada possa ser considerada bastante amigável, a mesma não pode ser considerada definitiva. Se o sistema vier à ser expandido, à nível de um modelo de aplicação geral, sua interface deve ser revisada;

- foi salientado que, assim como nas consultas de viabilidade ora executadas, o sistema deve alertar ao usuário, que uma simples consulta de viabilidade não é o fator determinante para a ocupação de um terreno, pois, sua ocupação depende, além das restrições impostas pela legislação, da legalidade de sua posse (existência legal).

### 5.4 Conclusão

O sistema UsoSolo, embora seja um protótipo de demonstração, comportou-se, para os dezessete cadastros considerados, de forma satisfatória, podendo, em alguns casos,

apresentar um melhor desempenho, no que diz respeito ao fornecimento de informações relevantes, do que os próprios especialistas.

Após sua aplicação, fica evidenciada a possibilidade de seu desenvolvimento, não só como um instrumento de operacionalização das consultas de viabilidade, como também, como uma ferramenta de aprendizagem para a formação de novos técnicos e/ou especialistas, na área do planejamento urbano.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS

#### 6.1 Conclusões

Propôs-se nesta dissertação, abordar o uso de técnicas de IA, especificamente a tecnologia dos SEs, no controle do uso do solo. Isto, de acordo com o que determina o processo do planejamento urbano, através do projeto de lei do novo Plano Diretor, atualmente em tramitação na câmara de vereadores, abrangendo a região do distrito sede do Município de Florianópolis. Para tal, baseado na fundamentação teórica sobre SEs e o planejamento urbano, foi desenvolvido um SE, a nível de protótipo de demonstração, denominado UsoSolo.

Sobre a abordagem, conclui-se que a mesma é perfeitamente viável, pois os conhecimentos sobre a área de domínio do problema, considerando-se os requisitos desta tecnologia, são passíveis de ser adquiridos, representados e manipulados, possuindo, também, características prototípicas. Devido a isto, o uso da tecnologia dos SEs, que utiliza a representação do conhecimento através de **frames** e regras de produção, é apropriada. Entretanto, conclui-se, também, que a utilização de técnicas de sistemas de gerenciamento de bancos de dados é aconselhável no auxílio da formação da base de conhecimentos, principalmente, para agrupar os dados e informações que, raramente, sofrem modificações.

Outros fatores a destacar, são algumas vantagens do uso da tecnologia dos SEs com relação as técnicas convencionais de programação, considerando-se o problema em questão, tais como:

- melhor capacidade de controle, organização e implementação do sistema (separação da base de conhecimento do motor de inferência);
- maior rapidez na sua implementação e execução;
- maior capacidade de justificar as soluções apresentadas;
- menor esforço nas tarefas de manutenção, revisão e expansão.

Sobre o sistema UsoSolo, antes de destacar suas vantagens e visando uma melhor compreensão por parte do leitor, descrevo, a seguir, algumas de suas limitações:

- o sistema aplica-se, somente, para os tipos de usos *residenciais*, e não considera todos os possíveis tipos de zonas primárias e secundárias incidentes na área abrangente do distrito sede do Município de Florianópolis;

- o sistema leva em consideração, somente, um tipo de rua, identificada como rua tipo A, com caixa (largura) de 20,00 metros. A caixa da rua, onde situam-se os terrenos, é um fator importante na determinação dos recuos, que devem ser obedecidos pelas edificações;

- o sistema leva em consideração, somente, dois tipos de enquadramentos (locação) do terreno com relação à quadra: *interior*, e possuindo uma *esquina*. Isto, também, é um fator importante para a determinação dos recuos.

Entretanto, muitas das limitações existentes, podem ser eliminadas através da expansão do protótipo, acrescentando-lhe os conhecimentos pertinentes. Apesar de suas limitações, o sistema apresenta algumas vantagens, além daquelas decorrentes do uso da tecnologia dos SEs, tais como:

- para os casos em que pode ser aplicado, o sistema apresenta as mesmas respostas que os especialistas, porém, em alguns casos, pode apresentar uma melhor qualidade nas informações e/ou avisos pertinentes a consulta;

- possui a capacidade de definir um novo tipo para o uso desejado. Isto pode acontecer, se o uso, inicialmente desejado, não atender as condições que lhe são impostas com relação a ocupação do terreno. Neste particular, o sistema poderá ser de grande valia em auxiliar o usuário na definição para os subtipos do uso industrial, evidentemente, desde que esta opção seja implementada.

Pelo exposto, conclui-se que o desenvolvimento e implementação de um SE, dentro dos objetivos aqui propostos, é viável, facilitando o trabalho desenvolvido pelos especialistas da área.

## 6.2 Recomendações para futuros trabalhos

Dentro dos objetivos do presente trabalho e na mesma linha de pesquisa utilizada, recomenda-se, como sugestões, o que segue:

- a ampliação ou o completo desenvolvimento do sistema UsoSolo, até que o mesmo atinja o nível de um *modelo* (WAT86], isto é, um sistema de médio porte (1000 a 2000 regras), exaustivamente testado e desenvolvido em uma linguagem de programação que possibilite rapidez de execução e reduzida memória computacional. Este modelo contemplaria todos os tipos de usos e todo o zoneamento abrangente, dentro dos limites do Município de Florianópolis. Para tal, além do plano diretor do distrito sede, deve ser considerado o plano diretor dos balneários e as demais leis pertinentes;

- o uso da tecnologia dos SEs que, em conjunto com um SIG, gerasse um sistema que, além do controle do uso do solo, auxiliasse os especialistas em suas tomadas de decisões na definição dos usos adequados e ou toleráveis.. Estas, levariam em consideração, todas as informações espaciais contidas em um SIG, podendo assim, antecipadamente, simular a adequabilidade dos usos do solo, principalmente para as áreas de expansão urbanas;

- o uso da tecnologia dos SEs que, em conjunto com outras técnicas de IA e conjugado com um sistema CAD, gerasse um sistema que, além do controle do uso do solo e seus limites de ocupação, auxiliasse na definição e/ou controle dos limites exigidos para os projetos arquitetônicos, de acordo com o que estabelece o código de obras do Município.

## **ANEXO A**

Este anexo contém uma relação de 17 (dezesete) cadastros imobiliários de terrenos, que formam uma base de dados, através dos quais o sistema UsoSolo pode ser testado. Esta base de dados foi montada a partir de informações contidas nos mapas de localização (plantas de quadra) e nos mapas de zoneamento, utilizados pelo IPUF e pela SUSP. Sua elaboração contou com a participação do geógrafo Otacílio da Rosa Filho (IPUF).

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 23.33.052.0221

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Avenida das Nações

Número: 682

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: Canasvieiras

CEP: 89.000-000

---

---

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m2): 980.00

Profundidade(m): 35.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 28.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 312806

Testada 2: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 3: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 4: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

---

---

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : ATR\_3

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS): AIH

---

---

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 38.21.052.0054

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Cônego Serpa

Número:

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: a saber

CEP: 89.000-000

---

---

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m2): 800.00

Profundidade(m): 32.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 25.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104499

Testada 2: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 3: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 4: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

---

---

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AMC\_1

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS): APC\_1

---

---

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.43.075.0151

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Campolino Alves

Número: 723

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: a saber

CEP: 89.000-000

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m<sup>2</sup>): 486.00

Profundidade(m): 51.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 9.40

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 103328

Testada 2: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 3: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 4: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AMS

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.56.066.1119

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Cel. Ivan Dentice Linhares

Número: 441

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: Praia da Saudade

CEP: 88.080-600

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**

Área(m2): 12896.00

Profundidade(m): 272.00

Pos. Quadra: Esquina

Testada Frontal(m): 44.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104170

Testada 2: 19.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 203870

Rua: Rua da Fonte

Testada 3: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 4: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Topografia: Irregular

Pedologia: Firme

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1: APL

ZP 2: APP

ZP 3: ARE\_6

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.57.078.0201

Proprietário: Desconsiderado

Rua: São Cristóvão

Número: 43

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro:

CEP: 89.000-000

---

---

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m2): 318.00

Profundidade(m): 26.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 11.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 103760

Testada 2: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 3: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 4: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

---

---

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AMC\_3

ZP 2: ARE\_6

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

---

---

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.57.078.0290

Proprietário: Desconsiderado

Rua: São Cristóvão

Número: 15

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: a saber

CEP: 89.000-000

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m2): 1057.00	Profundidade(m): 67.00	Pos. Quadra: Esquina
Testada Frontal(m): 15.60	Tipo da Rua: A	Código da Rua: 103760
Testada 2: 56.00 Rua: Eng. M x. de Sousa	Tipo da Rua: A	Código da Rua: 104898
Testada 3: 0.00 Rua:	Tipo da Rua:	Código da Rua:
Testada 4: 0.00 Rua:	Tipo da Rua:	Código da Rua:
Topografia: Plano	Pedologia: Firme	

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AMC\_3      ZP 2:      ZP 3:      ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.57.078.0623

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Eng. Max de Souza

Número: 000

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: Estreito

CEP: 89.000-000

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**

Área(m2): 5117.00

Profundidade(m): 81.00

Pos. Quadra: Esquina

Testada Frontal(m): 64.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104898

Testada 2: 122.00  
Rua: Pascoal Simome

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104235

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Irregular

Pedologia: Firme

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1 : ACI\_1

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.58.081.0286

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Vilson Luz

Número: 128

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: Coqueiros

CEP: 89.000-000

---

---

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**

Área(m2): 4565.00

Profundidade(m): 73.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m):

17.00 Tipo da Rua: A

Código da Rua: 203853

Testada 2: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 3: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Testada 4: 0.00

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Rua:

Topografia: Aclive

Pedologia: Firme

---

---

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1 : AVP

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

---

---

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.58.081.0291

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Vilson Luz

Número: 0

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: Coqueiros

CEP: 98.000-000

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**Área(m<sup>2</sup>): 25732.37

Profundidade(m): 170.80

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 20.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 203853

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1 : ATE\_2

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.67.030.1438

Proprietário: Desconsiderado

Rua: João Meirelles

Número: 700

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: a saber

CEP: 89.000-000

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m<sup>2</sup>): 486.00

Profundidade(m): 38.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 11.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104685

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Irregular

Pedologia: Firme

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AST\_1

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.67.030.1451

Proprietário: Desconsiderado

Rua: João Meirelles

Número: 716

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: a saber

CEP: 89.000-000

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**

Área(m2): 124.62

Profundidade(m): 13.40

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 9.30

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104685

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Irregular

Pedologia: Firme

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1 : ARP\_5

ZP 2: AST\_1

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.67.030.1715

Proprietário: Desconsiderado

Rua: João Meirelles

Número: 834

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: a saber

CEP: 89.000-000

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m<sup>2</sup>): 16650.00

Profundidade(m): 173.43

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 96.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 1046856

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Irregular

Pedologia: Firme

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AVL

ZP 2: AST\_1

ZP 3: ARP\_5

ZP 4: ARE\_6

Zona Secundária(ZS):

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.67.030.1861

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Manoel Félix Cardoso

Loteamento: 106

Bairro: a saber

Número:

Num. Lote:

CEP: 89.000-000

Quadra:

---

---

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m2): 435.65

Profundidade(m): 31.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 14.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 314485

Testada 2: 0.00

Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00

Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00

Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

---

---

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AST\_1

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

---

---

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.67.030.1877

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Manoel Félix Cardoso

Loteamento: 1065

Bairro: a saber

Número:

Num. Lote:

C.E.P.: 89.000-000

Quadra:

---

---

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m<sup>2</sup>): 434.36

Profundidade(m):30.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 15.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 314485

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

---

---

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : AST\_1

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

---

---

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.79.031.0142

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Prof. Euclides da Cunha

Loteamento:

Bairro: a saber

Número: 133

Num. Lote:

C.E.P.: 89.000-000

Quadra:

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**

Área(m2): 270.00

Profundidade(m): 23.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 12.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 103875

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1 : ARP\_5

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

**CADASTRO IMOBILIÁRIO****1. IDENTIFICAÇÃO**

Cadastro: 51.79.031.0274

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Des. Pedro Silva

Número: 42

Loteamento:

Num. Lote:

Quadra:

Bairro: Coqueiros

C.E.P.: 89.000-000

**2. DESCRIÇÃO DO TERRENO**

Área(m2): 452.00

Profundidade(m): 43.00

Pos. Quadra: Meio

Testada Frontal(m): 11.00

Tipo da Rua: A

Código da Rua: 104286

Testada 2: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 3: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Testada 4: 0.00  
Rua:

Tipo da Rua:

Código da Rua:

Topografia: Plano

Pedologia: Firme

**3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO**

Zona Primária(ZP) 1 : ATR\_4

ZP 2:

ZP 3:

ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

## CADASTRO IMOBILIÁRIO

### 1. IDENTIFICAÇÃO

Cadastro: 51.79.031.0372

Proprietário: Desconsiderado

Rua: Rosato Evangelista

Loteamento:

Bairro: a saber

Número: 78

Num. Lote:

C.E.P.: 89.000-000

Quadra:

---

---

### 2. DESCRIÇÃO DO TERRENO

Área(m <sup>2</sup> ): 541.00	Profundidade(m): 24.00	Pos. Quadra: Meio
Testada Frontal(m): 16.00	Tipo da Rua: A	Código da Rua: 103867
Testada 2: 0.00	Tipo da Rua:	Código da Rua:
Rua:		
Testada 3: 0.00	Tipo da Rua:	Código da Rua:
Rua:		
Testada 4: 0.00	Tipo da Rua:	Código da Rua:
Rua:		
Topografia: Plano	Pedologia: Firme	

---

---

### 3. DESCRIÇÃO DO ZONEAMENTO

Zona Primária(ZP) 1 : ARE\_6      ZP 2:      ZP 3:      ZP 4:

Zona Secundária(ZS):

---

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ACK74] ACKOFF, R. L. "Planning in the Systems Age". In Systems and Management Anual, New York, 179 - 203, 1974, referência em [SOU88].
- [ARA88] ARARIBÓIA, G. Inteligência Artificial - Um Curso Prático, Livros Técnicos e Científicos Ltda., Rio de Janeiro, Brasil, 1988.
- [BEN85] BENNET, J. S. "ROGET: A Knowledge-Basead System for Acquiring the Conceptual Structure of a Diagnostic Expert System". In Journal of Automated Reasoning 1, 49-74, 1985, referência em [SOU88].
- [BLA86] BLACK, W. J. Intelligent Knowledge Based System, Wokingham: Van Nostrand Reinhold, 1986, referência em [SOU88].
- [BRA85] BRACHAMM, Ronald J. "I Lied About the Trees", AI Magazine, Vol. 6, (3), pp. 80-93, Fall, 1985. referência em [GIA93].
- [CHA71] CHADWICK, G. F. A Systems View Planning, Oxford: Pergamon Press, 1971, referência em [SOU88].
- [COR89] CORREDOR, Martha V. M. Sistemas Tutoriais Inteligentes. Boletim de Informática Educativa, Bogotá, Empresa Editorial Universidad Nacional de Colômbia, v.2, n.1, p.41-49, 1989, referência em [SIL94].
- [DAV82] DAVIS J. R., LENAT, D. Knowledge-Basead Systems in Artificial Intelligence, McGrawl-Hill, New York, 1982, referência em [SOU88].

- [DAV87a] DAVIS, J. R., COMPAGNONI, P. T., MANNINGA, P. M.. "Roles for Knowledge-Based Systems in Environmental Planning". In Environment and Planning B: Planning and Design 14, p. 239-254, 1987, referência em [SOU88].
- [DAV87b] DAVIS, J. R., GRANT, I. W.. "ADAPT: A Knowledge-Based Decision Support System for Multiobjective Land-Use Planning". In Environment and Planning B: Planning and Design 15, 205-214, 1987, referência em [SOU88].
- [DIA89] DIAPER, D. Knowledge Elicitation - Principles, Techniques and Applications. Chichester: John Wiley & Sons, p.96-97, 1989, referência em [WEB93]
- [DIA87] DIAMOND, J. T., WRITH, J. R., "Logic and Semantic Network", in Communications of the ACM, 22 (3), 184 - 192, 1987, referência em [SOU88].
- [FEI82] FEIGENBAUM, E. A. Feigenbaum, Knowledge Engineering in the 1980's, Dept. of Computer Science, Stanford University, Stanford CA, 1982.
- [FIR88] FIREBAUGH, M. Artificial Intelligence - A Knowledge Approach, Pws-Kent Publishing Company, USA, 1988.
- [FRI79] FRIEDLAND, P. E., Knowledge Based Experiment Design In Molecular Genetics, PhD Dissertation, Stanford, CA: Stanford University, 1979, referência em [SOU88].
- [FVG65] FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS-FGV. "Técnicas de Planejamento Urbano". 1965. Título Original: Local Planning Administration, The International City Managers' Association, 3. Ed. 1959.
- [GIA93] GIARRATANO, Joseph, RILEY, Gary. Expert System - Principles and Programming, PWS Publishing Company, Boston, USA, 1993.

- [GRE88] GREENWELL, M. Knowledge for Expert System. Ellis Horwood Limited, England, 1988, referência em [TEI95].
- [HAR85] HARMON, P., KING, D. Expert System, Wiley, New York, USA, 1985. referência em [SOU88] e [GIA93].
- [HAY83] HAYES-ROOT, F., WATERMAN, Donald A., LENAT, D.B. Buinding Expert Systems, Addison-Wesley, USA, 1983.
- [HOS87] HOSKING, J. G, MUGRIDGE, W. B., BUIS, M., "FireCode: A Case Study in the Application of Systems Techniques to a Design Code". In Environment and Planning B: Planning and Design 14, 267-280, 1987, referência em [SOU88].
- [IBAM94] Instituto Brasileiro de Administração Municipal. "Desenvolvimento Urbano e Gestão Municipal", em Plano Diretor em Municípios de pequeno porte: documento básico. Programa Nacional de Capacitação. Convênio IBAM-MIR/SDU/Secretaria de Relações com Estados e Municípios. Rio de Janeiro, 1994, 128p.
- [IGN91] IGNIZIO, James P. Introduction to Expert Systems - The Development and Implementation of Rule-Based Expert Systems, McGraw-Hill, Inc., USA, 1991.
- [JAC86a] JACKSON, Peter. Introduction to Expert Systems, Addison-Wesley, Inc,USA,1986. referência em [SOU88].
- [JAC86b] JACKSON, Peter. Introduction to Expert Systems, Addison-Wesley, Inc,USA,1986. referência em [GIA93].
- [JUN84] JUNGERT, E. Inference Rules in a Geographical Information System, IEEE Workshop in Languages for Automation, Silver Spring MD: IEEE Computer Society Press, pp. 32-37. 1984.

- [LEA87] LEARY, M., "The Role of Expert System in Development Control". In Town Planning Review 58 (3), 331-342, 1987, referência em [SOU88].
- [LEU89] LEUNG, K. S., LAM, W.. A Fuzzy Expert System Shell Using Both Exact and Inexact Reasoning. In Journal of Automated Reasoning, v.5, p. 207-233, 1989, referência em [WEB93].
- [LUG89] LUGER, G. F., STUBBLEFIELD, W. A.. Artificial Intelligence and the Design of Expert Systems. Ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. California. USA. 1989.
- [MAS86] MASON, R., Law and Procedure Unit 2 Development Control: a Manual, Oxford: Oxford Plytechinc, 1986, referência em [SOU88].
- [MAT95] MATTHEWS, K. B. and SIBBALD, A. R. Analysing Land Use Policy Decisions in Scotland: Context, Motivations and the Role of G2. Paper submitted to: Gensym Word Wide Users Meeting, Cambridge, Massachusetts, USA, 24-26th May 1995.
- [McHA69] McHARG, I. L., Design with Nature, New York: The Natural History Press, 1969, referência em [SOU88].
- [McLO69] McLOUGHLIN, J. B.. Urban and Regional Planning: a Systems Approach, London: Faber & Faber, 1969, referência em [SOU88].
- [MIN75] MINSKY, Marvin. "A Framework for Representing Knowledge", in The Psychology of Computer Vision, McGraw-Hill, New York, 1975, referência em [GIA93] e [SOU88]

- [MOR87]. MORSE, B. W., "Expert System Interface to a Geographic Information System". In Proceedings of AutoCarto8, Maryland, VGN: American Society of Photogrametry and Remote Sensing, 535-541, 1987, referência em [SOU88].
- [NOL91] NOLT, J., ROHATYN, D. Lógica, Editora McGraw-Hill, São Paulo, Brasil, 1991.
- [OZB69] OZBECKAN, H. Towards a General Theory of Planning. In Perspective of Planning, Jantsch E (ed), Paris (OECD), 47-155, referência em [SOU88].
- [PMF85] PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. "Plano Diretor - Lei n. 2193/85", Florianópolis, 1985.
- [PMF94] PRFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. "Projeto de Lei do Plano Diretor do Distrito Sede de Florianópolis", em Programa Florianópolis Urgente: Plano Diretor do Distrito Sede- Discussão com a Comunidade. Florianópolis, 1994
- [QUI83] QUINLAN, J. R. Learning Efficient Classification Procedures and Their Application to Chess End Games, in R. S. Michalski et al. (eds), *Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach*, Tioga, Palo Alto, Calif.,USA, 1983. Referência em [IGN91].
- [RAB95] RABUSKE, Renato A. Inteligência Artificial, Florianópolis: Ed. da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 1995.
- [ROB87] ROBISON, V. B., FRANK, A. U., "Expert System Applied to Problems in Geographic Systems: Introduction, Review and Prospects". In Proceedings of AutoCarto8, Maryland, VGN: American Society of Photogrametry and Remote Sensing, 510-529, 1987, referência em [SOU88].

- [SIL94] SILVA, Júlio C. Sistema especialista conjugado a um sistema CAD para avaliar e diagnosticar os conhecimentos de um estudante sobre cotagem no desenho técnico. Florianópolis: UFSC, 1994. 90p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- [SOU88] SOUZA, A. V. Luctrol-An Expert System for Landuse Control in Florianópolis, Brazil. Cardiff, UK: 1988. 303p. A Thesis submitted to the University of Wales, Department of Town Planning, University of Wales College of Cardiff, Cardiff, UK, 1988.
- [TEI95] TEIVE, Raimundo C. G. Planejamento da Expansão da Transmissão de Sistemas de Energia Elétrica utilizando Sistemas Especialistas. Florianópolis: UFSC, 1995. 140p. Proposta de Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- [WAT86] WATERMAN, Donald A. A Guide to Expert System, Addison-Wesley Publishing Company, USA, 1986.
- [WEB93] WEBER, Rosina de O., Sistema Especialista Difuso para Análise de Crédito. Florianópolis: UFSC, 1993. 66p. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- [WEI88] WEISS, S. M., KULIKOWSKI, C. A. Guia Prático para Projetar Sistemas Especialistas. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora SA., 1988.

[WIG87] WIGAN, M. R., "Legal and Ethical issues in expert systems used in planning". In Environment and Planning B: Planning e Design 14, 305-321, 1987, referência em [SOU88].

[WIL78] WILHEIN, J. Planejando para o Desenvolvimento. Editado pela Secretaria da Economia e Planejamento do Estado de São Paulo, 1978.