

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO

**REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO LEGAL EM SISTEMAS  
ESPECIALISTAS: o uso da técnica de enquadramentos**

Aires José Rover

TESE APRESENTADA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO  
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
COMO REQUISITO À OBTENÇÃO DO TÍTULO  
DE DOUTOR EM DIREITO

Orientador: Prof. Dr. Leonel Severo Rocha

FLORIANÓPOLIS

1999

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DIREITO

A tese **REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO LEGAL EM SISTEMAS ESPECIALISTAS**: o uso da técnica de enquadramentos

Elaborada por AIRES JOSÉ ROVER

e aprovada por todos os membros da banca examinadora;  
foi julgada adequada para a obtenção do grau de DOUTOR EM DIREITO.

Florianópolis, novembro de 1999

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonel Severo Rocha – Presidente

Prof. Dr. Luiz Fernando Coelho – Membro

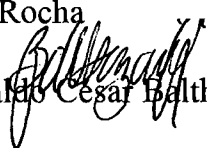
Prof. Dr. Décio Krause – Membro

Prof. Dr. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier – Membro

Prof. Dr. Rogério Silva Portanova – Membro

Orientador: Prof. Dr. Leonel Severo Rocha

Coordenador do Curso: Prof. Dr. Ubaldo César Balthazar



## AGRADECIMENTOS

Agradeço todo apoio dado pelo Curso de Pós-Graduação em Direito da UFSC, bem como ao CNPQ e à CAPES, que financiaram parte deste estudo. Agradeço também ao Centro de Ciências Jurídicas, do qual faço parte, pelo incentivo e esforço empreendido para que esta pesquisa tivesse sucesso. Aos pesquisadores e amigos da Universidade de Lisboa, muito obrigado pelo apoio, fundamental para o êxito do estágio realizado naquele país.

Sou grato ao Prof. Dr. Leonel Severo Rocha pela sempre segura e competente orientação; ao prof. José de Oliveira Ascensão pela colaboração na Universidade de Lisboa; à profa. Rosina Weber pelo incentivo e orientação.

Agradecimento especial ao professor Luis Adolfo Olsen da Veiga, amigo e mestre, que muito me incentivou nesses anos de estudo sobre o tema. Aos amigos do Laboratório de Informática Jurídica do Centro de Ciências Jurídicas, entre eles Marco Antônio, meu muito obrigado pelo apoio.

Homenagem ao amigo e colega Adehardt Graff (in memoriam). Aos colegas de doutorado e amigos Orides Mezzaroba e Jeanine N. Philipe, muito sucesso.

Com carinho, lembro o apoio e a paciência de todos os familiares e amigos, que me acompanharam nessa experiência, ao mesmo tempo, difícil e gratificante.

ROVER, Aires José. Representação do conhecimento legal em sistemas especialistas: o uso da técnica de enquadramentos. Florianópolis, Tese (Doutorado em Direito) - Curso de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 305 p.

Palavras-chave: direito, inteligência artificial, sistemas especialista legais.

## RESUMO

Esta tese visa provar a importância, a viabilidade e a necessidade de se utilizar Sistemas Especialistas Legais, uma das tecnologias de Inteligência Artificial disponíveis entre as mais diversas tecnologias da informação de última geração. Para tanto construiu-se um protótipo, capaz de fazer inferências sobre as regras dos capítulos *dos crimes contra a vida e dos crimes contra os costumes*.

Dessa forma, objetivou-se refletir sobre os principais problemas que envolvem o desenvolvimento de formalismos ou estruturas de representação do conhecimento jurídico. O objetivo é oferecer uma metodologia para representar o enquadramento de fatos determinantes em uma decisão legal. Para tanto optou-se pela representação do conhecimento em uma estrutura de objetos combinada com sistemas de regras de produção.

Esse modelo acima permite adotar esquemas metodológicos muito interessantes, mas pouco discutidos: a representação isomórfica, o meta conhecimento e a modularidade, todos eles intrinsecamente ligados aos modelos orientados a objetos e sistemas de regras. Sua vantagem está em permitir uma revisão do próprio texto legal muitas vezes mal formulado, incoerente, inconsistente e incompleto, além de permitir fácil manutenção e modificação.

Assim, o forte caráter interdisciplinar deste trabalho faz com que o seu objetivo não seja construir uma teoria completa de seu objeto, mas discutir os limites teórico-práticos de uma forma de representação do conhecimento legal não baseada em regras, mas em objetos, atributos e valores.

ROVER, Aires José. Representação do conhecimento legal em sistemas especialistas: o uso da técnica de enquadramentos. Florianópolis, Tese (Doutorado em Direito) - Curso de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 305 p.

### ABSTRACT

This thesis seeks to prove the importance, the viability and the need of using Legal Expert Systems, one of the available technologies of Artificial Intelligence among the most several information technologies of last generation. A prototype was built and it is capable to do inferences on the rules of the criminal law of Brazil.

In that way, it looks at the main problems that involves the development of representation formalisms of the juridical knowledge. The objective is to offer a methodology to represent the description of decisive facts in a legal decision. Thus, it opted for the representation of the norms in a combined structure of objects with production rules systems.

That model above allows to adopt very interesting methodological outlines: the isomorphic representation and the modularity, which have been so little discussed. Both are linked to the models guided to objects and systems of rules. The direct consequences of that representation type are the possibility of revision of the own legal text and the easy maintenance and modification.

Finally, this work possesses a strong interdisciplinary character, since it involves the study of several knowledge areas, as the philosophy of law, the dogmatic juridical, the linguistics, the computer science, and the cognitive science. Exactly for this reason, the objective is not to build a complete theory of the object in study, but to discuss the theoretical-practical limits of legal knowledge representation in a way of objects, attributes and values.

ROVER, Aires José. Representação do conhecimento legal em sistemas especialistas: o uso da técnica de enquadramentos. Florianópolis, Tese (Doutorado em Direito) - Curso de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 305 p.

## RESUMEN

Esta tesis tiene como meta probar la importancia, la viabilidad y la necesidad de la utilización de una de las tecnologías de inteligencia artificial, disponibles entre las más diversas tecnologías de la información de última generación. Para lograrlo, se construyó un prototipo capaz de hacer inferencias sobre las reglas del Código Penal Brasileiro.

De esta manera, se intentó reflexionar sobre los principales problemas que envuelven el desarrollo de formalismos o estructuras de representación del conocimiento jurídico. El objetivo es ofrecer una metodología para representar el encasillamiento de hechos determinantes en una decisión legal. En consecuencia, se optó por la representación del conocimiento en una estructura de objetos combinada con sistemas de reglas de producción.

El modelo antes mencionado permite adoptar esquemas metodológicos muy interesantes, sin embargo poco discutidos: la representación isomórfica, el metaconocimiento y la modularidad, todos ellos intrínsecamente relacionados a los modelos orientados a objetos y sistemas de reglas. Su ventaja está en permitir una revisión del propio texto legal, muchas veces mal formulado, incoherente, inconsistente e incompleto, además de permitir fácil mantenimiento y modificación.

Así, el fuerte carácter interdisciplinario de este trabajo, hace con que su objetivo no sea construir una teoría completa de su objeto, sino discutir los límites teórico-prácticos de una forma de representación del conocimiento legal, no basada en reglas, y sí en objetos, atributos y valores.

## SUMÁRIO

Introdução .....	1
1. Representação da realidade e do conhecimento .....	11
1.1 Representação da realidade .....	12
1.1.1 Linguagem .....	12
1.1.2 Modelos científicos .....	17
1.1.3 Sistemas complexos .....	18
1.1.4 Coerência e consistência .....	25
1.1.5 Incompletude .....	26
1.2 Representação do conhecimento .....	27
1.2.1 Hipótese cognitivista .....	30
1.2.2 Características do conhecimento .....	32
1.2.3 Conhecimento impreciso .....	33
1.2.4 Formas de conhecimento .....	36
1.2.5 Formas diversas de representação do conhecimento .....	37
1.2.6 Ontologias .....	39
1.2.7 Uma representação fragmentária do raciocínio inteligente .....	46
2. Artificialidades da inteligência .....	53
2.1 Inteligência artificial .....	53
2.1.1 Breve histórico .....	53
2.1.2 Aprendizagem, raciocínio e representação do conhecimento .....	57
2.1.3 Metodologia e tarefas da IA .....	67
2.2 Modelos lógicos .....	71
2.2.1 Lógica clássica .....	71
2.2.2 Lógicas não-clássicas .....	80
2.2.3 Lógica modal .....	81
2.2.4 Lógica temporal .....	82
2.2.5 Lógica deôntica .....	87
2.2.6 Lógica paraconsistente .....	92
2.2.7 Lógica vaga .....	92
2.2.8 Vantagens da representação lógica .....	93
2.2.9 Raciocínio não monótono .....	94
2.3 Modelos matemáticos .....	99
2.3.1 Teoria da probabilidade .....	99
2.3.2 Teoria dos fatores de certeza .....	105
2.3.3 Teoria da evidência de Demster Shafer .....	105
2.4 Tecnologias de IA .....	107
2.4.1 Algoritmos analíticos de aprendizagem .....	109
2.4.2 Algoritmos indutivos de aprendizagem .....	110
2.4.3 Algoritmos Genéticos .....	111
2.4.4 Redes neuronais .....	112
2.4.5 Raciocínio Baseado em Casos .....	114

2.4.6	Sistemas Especialistas (SE).....	119
2.4.7	Sistemas computacionais híbridos.....	120
3.	Sistemas Especialistas.....	123
3.1	Definições, vantagens e distinções.....	123
3.1.1	Características e vantagens.....	124
3.1.2	Uso apropriado.....	124
3.1.3	Diferenças com os programas convencionais.....	125
3.1.4	Diferenças com os especialistas humanos.....	126
3.2	Componentes e construção de um Sistema Especialista.....	128
3.2.1	Base de conhecimento.....	128
3.2.2	Motor ou mecanismo de inferências.....	132
3.2.3	Interface homem máquina.....	136
3.2.4	Construção e fases de desenvolvimento de um Sistema Especialista.....	138
3.3	Aquisição do conhecimento.....	143
3.3.1	Sujeitos do processo de Aquisição do Conhecimento.....	144
3.3.2	Etapas da Aquisição do Conhecimento.....	148
3.3.3	Métodos de Aquisição do Conhecimento.....	148
3.3.4	Problemas e erros na Aquisição do Conhecimento.....	157
4.	Representação simbólica e estrutural do conhecimento.....	159
4.1	Sistemas Baseados em Regras.....	160
4.1.1	Construção de sistemas de produção.....	162
4.1.2	Gerenciamento da base de regras e de conflitos.....	163
4.1.3	Vantagens e desvantagens.....	165
4.2	Sistemas orientados a Objetos.....	167
4.2.1	Modelo de objetos vs. modelo lógico.....	169
4.2.2	Triplas objeto-atributo-valor.....	173
4.2.3	Formas de organizar e hierarquizar objetos.....	174
4.2.4	Características básicas da orientação a objetos.....	175
4.2.5	Redes semânticas.....	177
4.2.6	Quadros ( <i>frames</i> ).....	180
4.2.7	Vantagens e desvantagens.....	185
4.3	Sistemas híbridos de representação.....	187
5.	Sistema Jurídico e Sistemas Especialistas Legais.....	190
5.1	A lógica do Sistema Jurídico.....	190
5.1.1	Busca de racionalidade.....	192
5.1.2	Direito e ciência do Direito, normas e proposições jurídicas.....	196
5.1.3	Indeterminação semântica ou textura aberta do Direito.....	201
5.1.4	Complexidade, unidade e validade no ordenamento jurídico.....	202
5.1.5	Coerência e consistência, conflitos e redundância.....	210
5.1.6	Completeness do Sistema Jurídico.....	214
5.1.7	Raciocínio jurídico: o papel da interpretação no Direito.....	218
5.1.8	Direito Jurisprudencial vs. Direito estatutário.....	222
5.1.9	Tarefas realizadas pelos operadores do Direito.....	224



5.2	A lógica dos Sistemas Especialistas Legais .....	226
5.2.1	Formalização, modelagem e algoritmização do Direito .....	226
5.2.2	O uso da Lógica Deôntica em sistemas computacionais .....	229
5.2.3	Sistemas Especialistas Legais .....	233
5.2.4	Representação do conhecimento legal .....	236
5.2.5	Resolvendo problemas de construção e manutenção dos SEL .....	240
5.2.6	Presente e futuro dos Sistemas Especialistas Legais .....	247
5.2.7	Uma nova epistemologia para o Direito .....	254
6.	Sistema Especialista proposto .....	257
6.1	Sistema e linguagem utilizados .....	257
6.2	Domínio do conhecimento: Direito Penal .....	257
6.3	Tarefa: enquadramento legal .....	258
6.4	Base de conhecimento .....	260
6.4.1	Representação do conhecimento em objetos .....	260
6.4.2	Atributos dos objetos .....	266
6.4.3	Métodos .....	269
6.4.4	Regras de produção .....	272
6.5	Interface homem máquina .....	275
6.6	Mecanismo de inferência .....	278
	Conclusão .....	281
	Bibliografia .....	292
	Anexos .....	304
	Figuras .....	304
	Tabelas .....	304

## INTRODUÇÃO

*Ao atrever-me a escutar a investigação jurídica, complexo atravessado por obstáculos inconscientes e ideológicos que, praticamente, impossibilitam o recorte deste campo temático, faço-o frente à necessidade de engendrarmos novos espaços jurídicos aptos a participarem ativamente no processo de redemocratização do País.<sup>1</sup>*

A utilização de técnicas de Inteligência Artificial para a solução de problemas de engenharia tem se tornado extremamente comum nos últimos anos, o que não é verdadeiro para o domínio do Direito. Mesmo nos Estados Unidos poucos sistemas são utilizados no dia a dia do operador do Direito. Mais raros são aqueles que auxiliam a população em geral. No Brasil, nem de trabalhos teóricos se tem notícias.<sup>2</sup>

Pensar em como utilizar a tecnologia no âmbito do Direito visa criar uma mentalidade que objetive a construção de um Sistema Jurídico racional e mais democrático. Esses objetivos, teórico e prático, passaram a estar presentes na escola jurídica, de modo particular, com o surgimento da disciplina Informática Jurídica<sup>3</sup>. Uma de suas principais funções é criar esse estado de espírito que privilegie um olhar racional e não mecânico da norma e do sistema normativo<sup>4</sup>, de uma maneira interdisciplinar.

---

<sup>1</sup> ROCHA, Leonel Severo. Escritos sobre a Investigação Jurídica. p 41.

<sup>2</sup> Uma rara e feliz exceção foi a defesa de tese na Engenharia de Produção da UFSC sobre o uso da técnica Raciocínio Baseado em Casos na recuperação de jurisprudência catarinense na área penal.

<sup>3</sup> Para ler as primeiras reflexões sobre o assunto ver LOSANO, Mario. Lições de informática jurídica. 1944 e COELHO, Luiz Fernando. Teorias da ciência do direito. 1974.

<sup>4</sup> Os termos sistema legal, sistema jurídico, sistema normativo e ordenamento jurídico serão utilizados com o mesmo sentido, um conjunto de agentes em interação cujo comportamento é regulado por normas, salvo se outra definição explicitamente adotada.

Dessa forma, muito da discussão neste trabalho passa por questões relativas à ciência da Informática, que visa o tratamento racional da informação, bem como de sua transmissão, armazenamento, recuperação e reutilização por meio de máquinas ou sistemas automáticos. O conceito de informação aqui é importante. É a base para o funcionamento dos sistemas organizados, isto é, sistemas cujo comportamento é controlado de modo a atingir alguns objetivos preestabelecidos. Esse controle é conseguido por processos que compreendem a codificação, o armazenamento e a transmissão de informação<sup>5</sup>.

O fenômeno informático se apresenta ao Direito de duas formas: como objeto e como meio. Como objeto, pode ser definido *Direito da Informática*, ou seja, realiza uma regulamentação e uma reflexão quanto ao uso dos computadores e de suas conseqüências. Abrange o estudo das normas jurídicas que regulam (ou deveriam regular) os sistemas eletrônicos na sociedade e suas conseqüências, atingindo o chamado direito à privacidade, informação e liberdade, a tutela dos usuários e a proteção do *software*. Na qualidade de meio, é reconhecido pelo termo *Informática Jurídica*, dizendo respeito ao emprego da metodologia e das técnicas de processamento de informações via computador na arte e na Ciência do Direito.

A *Informática Jurídica* em seus primeiros anos foi substancialmente informática documentária (a partir de 1960), isto é, criação, gestão e recuperação de dados, em bancos que continham informações especificamente jurídicas (leis, doutrina, jurisprudência) ou de interesse jurídico. Pouco a pouco, passou-se a compreender que desses bancos de dados podiam-se obter não somente informações, mas também, mediante programas estudados previamente, verdadeiros atos jurídicos, como certidões, atribuições de juiz competente, sentenças pré-modeladas. Tratava-se da informática jurídica de gestão (a partir de 1970), voltada para o auxílio no gerenciamento de determinados atos jurídicos. Ocorre que, se as

---

<sup>5</sup> BERTALANFFY. Teoria geral dos sistemas. 1977.

informações eram exatas e os procedimentos igualmente confiáveis, podia-se chegar a algumas conclusões, ou melhor, a determinadas decisões. Esta forma de organizar as informações deu origem à Informática Jurídica Decisional (a partir de 1980). A partir deste ponto de vista é possível se pensar na construção de um Sistema Especialista voltado para o Direito, de um Sistema Especialista Legal - SEL. Por outro lado, no que se refere à implantação, os Sistemas Especialistas Legais são apenas mais um tipo de tecnologia da informação.

E neste ponto, Martino afirma a especificidade dos Sistemas Especialistas: *están en condiciones de ayudar en la toma de decisiones, pueden proporcionar una consulta y, eventualmente, consienten trabajar inclusive de manera interactiva sobre las informaciones*<sup>6</sup>, mesmo que outros mecanismos computacionais possam fazer a mesma tarefa. Em todos os casos há uma dificuldade de delimitar as fronteiras entre um Sistema Especialista propriamente dito e um sistema de ajuda á tomada de decisões. Certo é que os dois utilizam técnicas da Inteligência Artificial e que os Sistemas Especialistas passem a ser parte de um sistema mais geral de apoio à decisão. Em relação aos Sistemas Especialistas Legais, contudo, será demonstrado que todo Sistema Especialista Legal se comporta como um sistema de apoio à decisão, devido às características especiais do domínio do Direito.

O caminho aqui proposto procura ir além das teorias e visa *pensar na prática, fazendo, assim, não só uma verificação dos enunciados teóricos, mas dando-lhes também uma utilidade social*<sup>7</sup>. Por isto, o objetivo básico deste trabalho é aprofundar a discussão sobre o Direito e a aplicação sobre ele de uma das tecnologias de Inteligência Artificial, os Sistemas Especialistas.

Boa parte da *praxis* jurídica consiste na simples aplicação das normas. Ora, o caráter fortemente racional do Direito não só facilita sua aplicação esquemática no dia a dia como permite construir sistemas informatizados que

---

<sup>6</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales, p 137.

<sup>7</sup> LOSANO, Mário G. Informática jurídica. 1976, p 82.

avançam naquela direção. Naturalmente, é preciso distinguir as situações em que a aplicação da informática no Direito é possível daquelas em que se exige o uso dos métodos tradicionais de interpretação e resolução de conflitos legais.

De maneira geral, estão em uso os velhos sistemas de bases de dados e de recuperação booleana de informações, sistemas estes muito restritos em termos de apoio. Já a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial no Direito continua muito no campo das idéias e pouca coisa tem se tornado prática. É neste sentido que diversos campos de discussão têm surgido, como por exemplo, a verificação e avaliação das leis<sup>8</sup>, o estudo da argumentação jurídica<sup>9</sup>, a modelização de contratos<sup>10</sup>, o diagnóstico de violações<sup>11</sup>, etc. Vale citar o trabalho pioneiro de McCARTY, cujas origens remontam ao projeto TAXMAN<sup>12</sup>, que utilizou a lógica deôntica para suportar o raciocínio sobre conceitos legais. Note-se que a maioria desses estudos utilizam sistemas de lógica para sua implementação, em especial a lógica deôntica. Desses, poucos passam da modelagem teórica, caso dos dois últimos.

São muitas as técnicas para implementação de sistemas inteligentes e geralmente são apresentadas inovações às velhas técnicas ou são construídos sistemas híbridos que utilizam mais de uma. Dentre as mais discutidas situam-se os Sistemas Baseados em Regras, os Sistemas Baseados em Casos e as Redes Neurais. Naturalmente, cada uma dessas técnicas tem seu *status* particular, mas vez por outra diz-se que uma está por substituir outra ou surge como uma alternativa. Este tipo de opinião, na maioria das vezes, aproxima e confunde técnicas que, não têm muito em comum em termos de características.

---

<sup>8</sup> HAGE, Jaap C. An information network for legislative engineering. 1993.

<sup>9</sup> ASHLEY, Kevin D. Toward modelling legal argument. 1986.

<sup>10</sup> SANTOS, Filipe A A. A deontic logic representation of contractual obligations. s/d.

<sup>11</sup> SMITH, Tina. Violation of norms. 1993.

<sup>12</sup> McCARTY, L Thorne. The TAXMAN project: towards a cognitive theory of legal argument. 1980.

Veja-se os exemplos dos Sistemas Especialistas, muito identificados com os Sistemas Baseados em Regras e os Sistemas Baseados em Casos. Aquele representa um domínio definindo as suas características relevantes, o que exige a análise completa de todos os seus componentes na hora da representação e obriga a introdução de todos os elementos importantes na hora da busca de uma conclusão. Já estes são construídos com um certo número de casos concretos, investigando a maneira como foram resolvidos e analisando quais os elementos que foram levados em conta. Neste caso não é necessário responder todas as perguntas; somente aquelas sobre as quais existam informações suficientes.

É fácil afirmar que as técnicas acima são diferentes e complementares. Cada uma tem sua especificidade. Da mesma forma o estudo do argumento legal não está contraposto ao desenvolvimento de uma teoria das decisões legais, a técnica de Raciocínio Baseado em Casos não é contraposta à de Sistema Especialista. O mesmo sistema de computador que produz uma conclusão pode apresentar os argumentos nos quais o usuário pode fundamentar suas próprias conclusões.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é provar a importância, a viabilidade e a necessidade de se utilizar Sistemas Especialistas Legais. O uso apropriado de técnicas de Inteligência Artificial dependerá do tipo de problema em interesse. No caso dos Sistemas Especialistas Legais estão presentes características importantes que justificam o seu uso, tais como:

1. necessidade de processamento simbólico e não apenas numérico;
2. existência de soluções baseadas em heurísticas, isto é, conhecimento adquirido de procedimentos tomados em função da experiência;
3. um certo grau de dificuldade para ser resolvido com programação convencional;
4. tamanho realizável que limite a complexidade do domínio mas que inviabiliza modelos maiores ou exija um esforço grande de integração de módulos;
5. existência de informações a respeito do problema.

O domínio do conhecimento jurídico a ser representado serão normas penais promulgadas pelo Estado brasileiro. O protótipo, idealizado dentro de uma finalidade prática, representa parte das regras do código penal brasileiro, sendo capaz de fazer inferências completas sobre as regras dos capítulos *dos crimes contra a vida e dos crimes contra os costumes*. Em consequência desta opção, objetiva-se refletir sobre os principais problemas que envolvem o desenvolvimento de formalismos ou estruturas de representação do conhecimento jurídico, em especial, na área da legislação penal.

Construir um Sistema Especialista Legal envolve a interpretação de textos legais, que, dependendo de uma série de questões, pode ser uma tarefa difícil. Isto porque o ideal seria construir um sistema que permita a produção de interpretações diferentes, algumas possivelmente contraditórias, cada uma das quais completa e coerente, bem como de fácil manutenção e atualização. Para tanto é necessário pensar o Direito como também os formalismos de representação mais adequados. Nesse sentido, a partir de um leque relativamente extenso de possibilidades, foram adotadas algumas escolhas metodológicas, expostas a seguir.

O caráter interdisciplinar deste trabalho envolve o estudo de várias áreas de conhecimento, como a filosofia do Direito, a dogmática jurídica, a lingüística, a informática, e a ciência cognitiva. Exatamente por isto, o objetivo não é construir uma teoria completa do objeto em estudo, mas discutir os limites teórico-práticos de uma metodologia para representar apenas o enquadramento de fatos determinantes em uma decisão legal. Para tanto optou-se pela representação das normas e suas tensões e contradições existentes no seu interior em uma estrutura de objetos combinada com sistemas de regras de produção. Portanto, em termos de formalismo de representação, o objetivo é demonstrar a eficácia da representação de textos legais em sistemas orientados a objetos em comparação aos sistemas de regras de produção. O problema aqui exposto não é o relativo aos mecanismos de raciocínio, nem a representação do conhecimento organizado nos processos de argumentação jurídicos, nem a discussão de formalismos que visem

principalmente a eficiência no processo de respostas aos problemas propostos. A preocupação é com o conhecimento jurídico e sua representação formal em uma estrutura de classes, auxiliada por regras.

Devido a esta escolha, a concepção de Direito adotada é simples e pragmática: um sistema de regras de conduta e de competência que podem ser traduzidos numa estrutura de classes e subclasses formadas por atributos necessários e suficientes e que por sua vez são preenchidos por determinados valores, conforme a situação dada.

Esse modelo acima permite adotar esquemas metodológicos muito interessantes, mas pouco discutidos: a representação isomórfica, o meta conhecimento e a modularidade, todos eles intrinsecamente ligados aos modelos orientados a objetos e sistemas de regras. Uma das conseqüências diretas desse tipo de representação e que significam um valor agregado ao próprio Sistema Jurídico é a possibilidade de revisão do próprio texto legal muitas vezes mal formulado, incoerente, inconsistente e incompleto. Além disso o sistema que desse modelo se constrói permite fácil manutenção e modificação.

O isomorfismo procura manter na reconstrução do saber jurídico a sua forma original normativa, com exceção de casos evidentemente pouco coerentes e racionais ou de difícil representação isomórfica. O meta conhecimento busca separar conhecimentos díspares, de controle dos de domínio. A modularidade visa construir módulos utilizando uma metodologia que vise a posterior unificação de todos os componentes. Cada parte é testada separadamente, mas projetada para funcionar com as outras. Além disso, é possível construir Sistemas Especialistas Legais que podem ser integrados a sistemas de informação jurídica mais tradicionais. Tudo isto permite uma construção paulatina e metodologicamente voltada para um sistema mais geral à frente, graças às características próprias das técnicas de Inteligência Artificial utilizadas.

Dessa forma este trabalho possui uma índole positivista que se manifesta na utilização de um conceito descritivo do Direito, o qual permite a



compreensão da existência e do conteúdo do Sistema Jurídico sem vinculações de índole moral ou compromissos valorativos. Por outro lado, admite-se que a prática do dia a dia permite afirmar que o Direito não é apenas um comportamento baseado em regras, mas também um fenômeno institucional que pode ser apreendido a partir das práticas sociais vigentes entre os membros do grupo ou, em outras palavras, das regras em seu contexto de utilização.

Da mesma forma é positivista a admissão de que não existem problemas de aquisição do conhecimento jurídico porque quase tudo está escrito na legislação. É possível construir-se uma interpretação legalista de boa qualidade que permita construir um apoio razoável na solução de problemas legais. É claro que essa posição não permite resolver questões práticas de alta complexidade, que efetivamente podem ser postergadas até um momento futuro com o desenvolvimento de sistemas que integrem a legislação com exemplos de casos concretos, haja visto que, um problema jurídico não se resolve apenas com o que está escrito na lei e exige determinada busca de sentido que vai além dela. É por isto que o especialista sempre será uma parte importante no processo, na medida em que auxilia na acurácia do sistema.

A tarefa a ser realizada pelo sistema proposto é o enquadramento legal, ou seja, uma forma de classificação dos fatos apresentados para se verificar se eles consubstancializam uma ofensa e a partir daí ver se há uma sanção correspondente. Dentre várias tarefas legais que os operadores do Direito realizam, a mais fundamental e primeira de todas é esta. Então, parece razoável concluir que qualquer sistema que realize esta terá dado um passo fundamental para futuros melhoramentos, bem como para justificar que a algoritmização do Direito é possível.

O usuário ou destinatário direto de um sistema como este são os estudantes de Direito e a sociedade em geral. É por isso que tal sistema teria sua função realizada plenamente se for implantado de tal forma que permita que o

usuário o utilize através de uma rede aberta e acessível globalmente, como é a *Internet*.

Este trabalho é dividido em seis capítulos:

O primeiro tem como objetivo discutir o problema da representação da realidade e do conhecimento. Nesta tarefa a linguagem tem função especial e suas virtudes e vícios são questões permanentes do dia a dia da ciência e das modernas disciplinas.

O segundo apresenta a discussão em torno da Inteligência Artificial, histórico, principais técnicas e modelos.

O terceiro capítulo tem como objeto a técnica Sistemas Especialistas, que é apresentada pormenorizadamente, desde as principais definições até os seus componentes e fases de construção.

O quarto entra no tema dos formalismos de representação do conhecimento desenvolvidos pela Inteligência Artificial. Aprofunda-se especialmente o paradigma estrutural, principalmente os construídos com regras de produção e os sistemas orientados a objetos. Dentre estes a escolha recai sobre o uso de quadros.

O quinto capítulo estuda questões que envolvem o Sistema Jurídico e a construção de Sistemas Especialistas Legais. São apresentados as principais definições e problemas do Sistema Jurídico tais como sua incompletude e inconsistência e as formas de como solucioná-los, bem como as vantagens em algoritmizar o Direito e as conseqüentes dificuldades em representá-lo.

O sexto apresenta um protótipo de sistema especialista que utiliza as técnicas de representação do conhecimento baseado em quadros e regras de produção. O mecanismo de inferências do sistema especialista executa preponderantemente o encadeamento para frente. É um sistema que permite adquirir um porte cada vez maior e uma maior complexidade, na medida em que a estrutura de objetos e o sistema de regras permitem a fácil manutenção do

conhecimento já implementado, bem como a fácil representação das partes parcial ou totalmente não implementadas.

Enfim, este trabalho está situado dentre aqueles que visam dar uma resposta adequada às questões postas pelo impacto da informática e da tecnologia no Direito. Nesse caminho segue-se uma preocupação interdisciplinar com o futuro do Direito.

De ora em diante serão utilizadas as seguintes abreviações: IA para Inteligência Artificial, SE para Sistema(s) Especialista(s), SEL para Sistema(s) Especialista(s) Legal(is).

Segue em anexo os índices de figuras e tabelas apresentadas durante o trabalho.

## 1. REPRESENTAÇÃO DA REALIDADE E DO CONHECIMENTO

*En definitiva, se puede decir que ninguna teoría puede comprender todas las partes de la realidad, pero ninguna parte de la realidad está 'a priori' excluída de una teoría científica<sup>13</sup>.*

Será o computador digital um passo intermediário na construção última de uma máquina inteligente? Qual a diferença entre a tradicional programação e a programação da IA? Qual é a essência do comportamento inteligente visto como um processo computacional? Será que a técnica dos sistemas especialistas atingiu um estágio em que as máquinas substituirão em breve os seres humanos em tarefas de tomada de decisão, reservadas para especialistas? É possível uma representação da realidade independente do domínio a ser representado? Eis algumas questões que este capítulo procura responder.

O conceito de representação do conhecimento, de como é descrito e codificado, permite dar uma compreensão do que são as inteligências do homem e da máquina. Observar, representar e compreender a realidade que nos rodeia é uma tarefa comum para o ser humano na medida em que este possui uma capacidade de abstração da realidade que pode ser chamada inteligência. Contudo, essa tarefa exige sempre a construção de um modelo mínimo da realidade, ou seja, de um conjunto de signos e de regras para sua utilização, que são construídos e compartilhados por todos da comunidade, seja tribal, seja global, através de uma linguagem. Os modelos substituem os sistemas reais, simplificando-os. É esta representação do conhecimento que torna o ser humano capaz de uma racionalidade ou inteligência particular no mundo da natureza.

Contudo, isso não é garantia de consciência dos mais diversos problemas que perfazem a realidade. Mesmo os aspectos ou situações mais simples da vida aparecem confusos para o observador. A realidade na sua mais

---

<sup>13</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. 1987, p 145.

diversificada amplitude se apresenta como um caos de sensações e dados, tendo em vista que quem observa sempre tem acesso parcial aos fenômenos. Esta é a questão básica: há uma necessidade vital de compreender, interpretar e representar a realidade, e o homem assim faz construindo teorias, modelos, sistemas, classificações, mitos, dogmas, paradigmas metafísicos. Estes últimos guiam a humanidade sempre que esta dispunha de poucas informações e são substituídos por modelos mais explicativos e empíricos, na medida em que a ciência (como se conhece hoje) foi se desenvolvendo.

Dessa forma, a compreensão dos fenômenos requer uma representação ou modelagem, de maior ou menor grau de controle e sistematização (nível de detalhe) do mundo. O produto dessa atividade são os modelos ou sistemas. Todos esses modelos possuem a função de explicar a realidade e são construídos através de uma linguagem específica.

## **1.1 Representação da realidade**

### **1.1.1 Linguagem**

A linguagem é um sistema de símbolos através do qual torna-se possível a comunicação entre as pessoas. É o ponto de partida de todo processo de desenvolvimento do conhecimento. Além de permitir o intercâmbio de informações, é através dela que se dá o controle do conhecimento nela veiculado. Dessa forma, a maneira como a linguagem é produzida e exerce sua função de comunicar está diretamente ligada à sua função de controlar o que é transmitido e conhecido.

A linguagem, como parte de um sistema de comunicação, desempenha múltiplas funções entre as quais: **informativa**, busca transmitir informações e é usada para descrever o mundo e raciocinar sobre ele; **expressiva**, pretende somente comunicar ou dar expansão a sentimentos e atitudes; e **prescritiva**, tem como propósito causar (ou impedir) uma ação manifesta.

Existem três tipos de linguagem<sup>14</sup>:

1. A linguagem natural é utilizada no processo de comunicação humana, ordinária. Usa signos imprecisos e vagos bem como ambíguos e regras de formação variadas. O contexto comunicacional é importante, portanto, para definir o sentido do discurso que produz. Essas linguagens são pouco adequadas em processos que exigem precisão, economia, rigor.
6. A linguagem técnica ou de estrutura especializada e que requer maior precisão e economia de expressão, busca superar as imperfeições da linguagem natural, minimizando a carga emotiva ou ideológica do discurso.
7. A linguagem formal serve para representar simbolicamente relações abstratas entre os signos. Mostra com maior precisão as relações entre certas classes de elementos, abstraindo o conteúdo ou a base referencial dos enunciados assim relacionados.

Estas duas últimas são ditas artificiais, e possuem a característica comum da abstração do conteúdo que designa. Esta característica é fundamental na construção das ciências modernas e dos sistemas formais. Quando se fala num **sistema formal** subentende-se que a descrição da estrutura do mesmo vai obedecer a regras formais rigorosas e possuir propriedades matemáticas. Construir um sistema formal coerente é uma das etapas necessárias para uma sistematização de qualquer fenômeno. De uma maneira geral, um sistema formal é constituído por:

1. um conjunto não vazio de primitivos;
2. um conjunto de asserções sobre os primitivos (os axiomas);
3. um mecanismo para derivar outras asserções a partir dos axiomas.

Para o **positivismo lógico**<sup>15</sup>, a linguagem científica vincula todas as suas proposições a um mesmo campo temático, que constitui a região objetiva do real. Os seus enunciados relacionam-se entre si a partir de leis lógicas e com referência a esse campo temático, que também opera como uma lei de organização

---

<sup>14</sup> WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984.

<sup>15</sup> WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984.

significativa. Isto permite mais rigor e precisão, capaz de possibilitar a transmissão de um conhecimento pressupostamente universal. Um dos elementos que diferenciam um conjunto de opiniões ou comentários de um discurso científico está na capacidade deste em universalizar-se, em ser apresentado como verdadeiro, como objetivo e por conseguinte, com mais credibilidade.

Por isso a preocupação permanente dos positivistas lógicos, em abandonar as linguagens naturais, em virtude de suas imperfeições, substituindo-as por sistemas lingüísticos artificiais e mais precisos, por modelos em que suas proposições - entidades suscetíveis de serem verdadeiras ou falsas - sejam intersubjetivamente verificáveis, capazes portanto de produzir conhecimento científico. Portanto, para a elaboração de um sistema minimamente coerente e viável é fundamental determinar os limites da linguagem que o constitui, da representação do conhecimento nele posto, no melhor estilo kantiano.

No Direito este movimento também esteve presente, como bem explica ROCHA:

*A filosofia analítica (teoria geral do direito) possui um vasto leque de aplicações. O projeto de construção de uma linguagem rigorosa para a ciência desenvolvido pelo chamado Círculo de Viena foi adaptado para o direito, principalmente, por Hans KELSEN (Teoria Pura do Direito, 1960) e por Norberto BOBBIO (Ciência do Direito e Análise da Linguagem, 1950). Estes autores podem ser considerados neo-positivistas, pois postulam uma ciência do direito alicerçada em proposições normativas que descrevem sistematicamente o objeto direito. Trata-se de uma meta-teoria do direito, que, ao contrário do positivismo legalista dominante na tradição jurídica (que confunde lei e direito), propõe uma ciência do direito como uma meta-linguagem distinta de seu objeto.<sup>16</sup>*

---

<sup>16</sup> ROCHA, Leonel Severo. Direito, Complexidade e Risco. p 3.

Nessa busca metodológica nas mais diversas áreas, algumas propostas surgiram e criaram escolas<sup>17</sup>. Veja-se as mais importantes.

O **formalismo lógico** é uma proposta kantiana<sup>18</sup> que não reduz a matemática à lógica, mas erige a lógica como método a-histórico (aristotélico) de obter todas as conclusões legítimas em qualquer argumentação e sobre qualquer conteúdo. Proposta que se desenvolve para uma axiomática, que passa pela construção de um sistema completo e decidível, ou seja, seus elementos serão verdadeiros ou falsos, a partir dos seus axiomas. O problema está nesta completude, já que GÖDEL (ver página 26) afirma que uma prova absoluta de consistência para sistemas abrangentes é altamente improvável e dentro do próprio sistema impossível e ainda, é sempre possível constituir enunciados, a partir das regras de uma teoria formal que não são deduzidas do conjunto de axiomas de tal teoria.

Já a **proposta logicista**, defendida por RUSSELL<sup>19</sup>, afirma que é possível expressar em termos lógicos todas as proposições matemáticas e que todas as proposições matemáticas verdadeiras são verdades lógicas. O problema surgia ao tratar de regras de quantificação para fórmulas em que os atributos são tratados como indivíduos. Existe ainda a **proposta intuicionista** cujo expoente é BROUWER<sup>20</sup>. Defende que a matemática consiste numa construção de entidades abstratas, através da intuição dos matemáticos, e prescinde da lógica que, todavia, permeia a sua linguagem. Os entes matemáticos são construídos intuitivamente, não têm preexistência ideal.

---

<sup>17</sup> TENÓRIO, Robinson M. Computador de papel: máquina abstrata para um ensino concreto. 1991.

<sup>18</sup> KANT, Immanuel. Critica da razão prática. 1959.

<sup>19</sup> RUSSELL, Bertrand. On the notion of cause. 1912-13.

<sup>20</sup> TENÓRIO, Robinson M. Computador de papel: máquina abstrata para um ensino concreto. 1991.



### 1.1.1.1 Sintática, semântica e pragmática

A linguagem<sup>21</sup> é constituída de signos (unidade mínima), os quais, articulados possibilitam a comunicação. O estudo da linguagem na sua função de comunicar classicamente distingue-se em três vias: sintática, semântica e pragmática.

Segundo a primeira forma de análise, um enunciado é sintaticamente perfeito quando ele respeita as regras de formação e derivação da linguagem. O importante é a forma do argumento. Sua validade é apenas gramatical à medida que restringe-se à forma sem levar em conta o seu conteúdo.

A semântica, diversamente, preocupa-se com a interpretação do argumento, definida a partir dos valores verdade e falsidade. Os conteúdos têm significados. Surge o conceito de verdade semântica habitualmente utilizado pelos lógicos que só pode ser afirmada em outra linguagem que seja a metalinguagem da primeira, a linguagem objeto:

*um enunciado que afirma que as coisas são de uma maneira determinada é verdadeiro quando as coisas são dessa maneira determinada.*<sup>22</sup>

Os níveis da linguagem foram assim formulados por CARNAP e TARSKI:

*Carnap define linguagem-objeto como a linguagem em que se fala e meta-linguagem como a linguagem em que se fala da linguagem-objeto. O sentido desta distinção é dado pela incapacidade das linguagens produzirem processos de autocontrole sobre sua organização lógica. Necessita-se então, da construção de um outro nível de linguagem, a partir do qual se possa fazer uma investigação problematizadora dos componentes e estruturas da linguagem que se pretende analisar.*<sup>23</sup>

<sup>21</sup> SAUSSURE, Ferdinand de. Curso de lingüística geral. s/d.

<sup>22</sup> Alfred TARSKI citado por CAPELLA, Juan-Ramon. El derecho como lenguaje: un análisis lógico. 1968, p 86.

<sup>23</sup> WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984, p 38.

As proposições são aquelas entidades suscetíveis de serem verdadeiras ou falsas. O discurso científico é formado por proposições pois assume que suas expressões têm sentido, mas podem ser verdadeiras ou falsas. Segundo esta posição, o que é preciso é garantir o sentido das mesmas, isto é, a boa construção sintática e morfológica das mesmas.

### **1.1.2 Modelos científicos**

As ciências são constituídas por proposições que descrevem uma dada realidade e podem (as naturais) ser empiricamente verificáveis, ou mais precisamente, estão sujeitas ao critério da falseabilidade, isto é, devem permitir que suas hipóteses se tornem falsas diante de novas provas<sup>24</sup>. A capacidade de explicar e regular o desenvolvimento de um objeto de estudos é próprio do modo descritivo das ciências, que prima pela precisão e pelo refinamento de método.

As ciências fazem parte desse processo e defini-la é um problema. O problema da demarcação da ciência, ou seja, dos seus critérios definidores é um problema epistemológico, não metodológico (técnicas de estudo, observação e apresentação dos resultados), nem lógico (estrutura das teorias, procedimentos de inferência). Nesse trabalho de demarcação as classificações são importantes. Há a diferença entre as ciências puras (busca a verdade pela verdade, independentemente de sua utilidade) e as ciências aplicadas (seu objeto são problemas precisos e práticos). As ciências puras, por sua vez, subdividem-se em formais (lógica e matemática) e reais ou empíricas (naturais - física, química, biologia e humanas - psicologia, sociologia e direito). Fica claro que aqui não há lugar para qualquer tipo de metafísica. O positivismo lógico chega a afirmar que todo conhecimento científico ou pertence às ciências formais ou às empíricas.

A ausência de uma ciência não empírica limita o objeto da pesquisa à constituição de enunciados e conceitos científicos, tornando claros os conceitos

---

<sup>24</sup> KUHN, Thomas S. A estrutura das revoluções científicas. 1975.

fundamentais e os procedimentos da investigação. A filosofia fica reduzida à lógica, à epistemologia, à teoria da ciência<sup>25</sup>. Nesta, a linguagem é fundamental.

O empirismo lógico privilegia a linguagem, como seu objeto de análise, e a lógica, como seu instrumento de análise. Tem na construção da ciência sua preocupação máxima:

*fazer ciência é traduzir numa linguagem rigorosa os dados do mundo; é elaborar uma linguagem mais rigorosa que a linguagem natural.*<sup>26</sup>

Por outro lado, tem-se um conceito menos preocupado com o rigor da linguagem, mas da mesma forma, ligado a uma certa objetividade dos termos que a compõem, dentro de um aspecto bem sintático:

*Ciencia podía ser caracterizada como un cierto conjunto de enunciados que mantienen entre sí ciertos tipos de relaciones temáticas y lógicas. Podemos decir ahora que ciencia de una cierta región objetiva es un conjunto de proposiciones verdaderas relacionadas lógicamente.*<sup>27</sup>

A construção de um modelo científico obrigará a tomar os elementos que se encontram em todos os raciocínios e a deixar de lado aqueles que só se encontram presentes em um número pouco significativo de processos racionais. Por outro lado, quanto mais minuciosa ou detalhada é a representação, e em especial a classificação, tanto maior será o número de tipos que a compõem.

### **1.1.3 Sistemas complexos**

Ao se classificar a realidade dá-se a cada classe de indivíduo uma palavra, ou seja, uma forma com significado. A linguagem é uma formalização da realidade. Com isso perde-se a sua riqueza, isto é, as diferenças que existem entre os indivíduos da mesma espécie. Porém, ganha-se algo, a possibilidade de compreender o mundo.

<sup>25</sup> STEGMÜLLER, Wolfgang. O moderno empirismo: Rudolf Carnap e o Círculo de Viena. In: Filosofia contemporânea. 1977.

<sup>26</sup> WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984, p 28.

<sup>27</sup> VERNENGO, Roberto Jose. Curso de teoria general del derecho. 1976, p 26.

Um dos conceitos mais importantes elaborados na busca de compreender o mundo é o conceito de sistema. Para BERTALANFFY, sistema é um conjunto de elementos em interação:

*Um sistema é um objeto complexo, formado de componentes distintos, ligados entre si, por um certo número de relações... O sistema possui propriedades irreduzíveis às de seus componentes. Esta irreduzibilidade deve ser atribuída à presença de relações que unem os componentes.*<sup>28</sup>

Qualquer sistema minimamente complexo é uma estrutura de elementos em interação, organizada hierarquicamente em sucessivos conjuntos de subsistemas em uma totalidade ordenada, coerente, objetiva e se possível universal e completa. Fatores que definem a complexidade dos sistemas são exatamente o número de elementos que o compõem, a quantidade de relações dinâmicas entre eles e as diferentes maneiras com que o sistema interage com o ambiente. Muitas vezes se considera os sistemas não por sua complexidade intrínseca, dada pelos elementos acima, mas por sua forma de operação aparente com o meio ambiente, criada a partir do conhecimento insuficiente sobre eles e que o torna mais complexo que na realidade.

Dessa forma, esta estrutura é uma construção gnoseológica, uma representação, uma ordenação transcendental dos dados da experiência<sup>29</sup>. Aquela unicidade é um ato de conhecimento, um ato de depuração, pois no real o sistema é aberto e sem limites concretos, em que a soma de suas partes é diferente do todo ou no qual informação é trocada com o ambiente, ao contrário de sistemas fechados que são isolados dos seus ambientes.

A maior ou menor simplicidade do sistema, o maior ou menor número de variáveis, objetos ou propriedades envolvidas, é determinante nas formas de sua representação. A medida em que a complexidade do sistema cresce aumentando o seu poder significativo, diminui a habilidade de se fazer afirmações

---

<sup>28</sup> Conceito de Gilles LADRIÈRE, citado em WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984, p 19.

precisas sobre o seu comportamento, até o limite além do qual precisão e significância tornam-se características mutuamente exclusivas.

Em princípio, toda realidade possui uma determinada complexidade e geralmente é expressa numa organização hierarquizada de seus elementos, informações (relações de dependência). O desafio é descrevê-la, ou melhor, encontrar a melhor representação, na medida em que toda descrição ou representação é uma tentativa de simplificar para compreender, o que nem sempre é possível nos limiares da complexidade. Para economizar na descrição criam-se esquemas que tirem proveito das redundâncias dos sistemas (teoria da informação seletiva), decompondo-os em partes menores.

Dessa forma, a capacidade de prever os acontecimentos e de tomar decisões depende da percepção dos fatos<sup>30</sup> e do conhecimento das inter-relações no sistema. Qualquer indicador, ainda que completo e confiável, não constitui um guia suficiente para a ação se não estiver integrado a uma teoria que o explique e o relacione. Em qualquer sistema minimamente complexo as variáveis se realimentam constantemente e a modificação de um setor da realidade incide necessariamente em outros.

---

<sup>29</sup> KANT, Immanuel. Critica da razão pratica. 1959.

<sup>30</sup> Não é escopo deste trabalho analisar a questão do realismo das percepções sobre o sistema, ou melhor sobre a realidade. Por sua vez, o *realismo científico* discute os critérios de existência adotados pelas ciências atuais. A realidade tem graus, sendo proporcional ao maior ou menor número de elementos invariantes que o esquema conceptual consiga definir. Isso não quer dizer que as ciências sempre trabalhem efetivamente com a realidade e que suas verdades sejam incontestáveis em seu realismo, pois o realismo científico mais moderado admite certa seletividade dos sistemas teóricos construídos. Por outro lado, o projeto anti-realista diz que as ciências apenas criam modelos que dão conta das aparências, dentro de um contexto bem delimitado. Essas distinções não são relevantes neste trabalho, contudo, admite-se uma posição moderada e seletiva de realismo sobre a percepção do mundo.

### 1.1.3.1 Nova visão da complexidade do mundo

TURING<sup>31</sup> afirmava que só com dois elementos em interação é possível gerar complexidade. Contudo, a maioria dos modelos tendem a ver o problema de forma inversa, simplificando realidades complexas, como por exemplo, quando se aproximam os modelos sociais ao modelo da física *descartiano* e *newtoniano*, marcados pela linearidade (causa efeito e sistemas fechados) e simplicidade. Em muitas situações são utilizadas as metáforas do cavalo de balanço e da superfície de um lago, que tenderiam necessariamente ao equilíbrio ou à estabilidade e as possíveis perturbações são sempre externas.

O problema central dessa visão está em que se dá mais valor às tendências gerais (determinísticas) em detrimento das perturbações, turbulências, dos fatores exógenos, não determinísticos que geralmente são valores extremos e que fogem do padrão. É nesse sentido que é possível diferenciar dois momentos de compreensão do mundo nitidamente opostos e que pelos quais hoje a humanidade transita: A modernidade, caracterizada pelo antropocentrismo, equilíbrio, linearidade na ordem natural e disciplinaridade (divisão em setores) e a posmodernidade, com seu cosmocentrismo, isto é, indivíduo e comunidade em um meio ambiente em que há mais caos e menos determinismo e equilíbrio. Outra contraposição ainda mais conhecida é a entre o positivismo e o que pode ser chamado evolucionismo. No primeiro há uma representação funcional instrumental e não representação orgânica ou uma visão de complexidade da totalidade; há a separabilidade das causas e o determinismo causa efeito e não interação causa efeito. No positivismo se busca uma racionalidade perfeita, certeza, equilíbrio, enquanto em uma visão mais aberta a racionalidade é limitada e o mundo é marcado pelas incertezas e desequilíbrios.

Veja-se a teoria do limite central: a complexidade gera simplicidade e a simplicidade evolui para a complexidade. Isto significa que sempre houve

---

<sup>31</sup> TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. s/d.

complexidade, mesmo lá no início. POINCARÉ<sup>32</sup> já dizia que a simplicidade esconde a complexidade. Existem graus de complexidade e quanto maior ela for, maior a necessidade de organização e de *feedback* para a busca do múltiplo equilíbrio, através de rápidas e múltiplas mudanças. Só através dessa nova metodologia é possível superar e admitir a limitada racionalidade dos agentes, caracterizada pela insuficiência de informação e de capacidade técnica individual e coletiva. É preciso tirar proveito das diferentes racionalidades individuais.

Há vários exemplos de situações e de mundos complexos. A idéia do efeito borboleta é um bom exemplo das grandes mudanças nos modelos físicos e científicos que ocorreram faz pouco tempo. Este efeito demonstra a dependência sensível das condições iniciais, em que uma borboleta em Pequim provoca uma tempestade em Nova York, no mês seguinte<sup>33</sup>. Grandes efeitos a partir de pequenas e aleatórias ações e multiplicidade de fatores interdependentes. Este foi o marco inicial da teoria do caos<sup>34</sup> segundo a qual até um dado momento é possível verificar uma ordem, um padrão, apesar das múltiplas oscilações, até que o caos se torna absoluto. Transposto isto para o mundo cibernético pode-se dizer que aumenta o grau de desorganização da informação em um sistema fechado (aumenta da entropia). Ensina ainda que sistemas complexos podem ser definidos a partir de modelos simples e que portanto fica difícil escapar do crescente aumento do risco nos sistemas. A regra geral seria o caos e não a ordem.

Outro tratamento de sistemas complexos é a geometria fractal<sup>35</sup> que faz uso da computação gráfica para produzir imagens auto-similares em que qualquer parte de um fractal ampliado mostra variações do tema global, seguindo o princípio epistemológico de que a parte contém o todo e este é similar, semelhante à parte. A partir desta idéia é possível transpor limites teóricos, levantando-se a

---

<sup>32</sup> POINCARÉ, Henri. A ciência e a hipótese. 1988.

<sup>33</sup> Idéia inicial proposta pelo meteorologista americano Edward LORENS. Ver GLEICK, James. Caos: a criação de uma nova ciência. 1990.

<sup>34</sup> GLEICK, James. Caos: a criação de uma nova ciência. 1990.

<sup>35</sup> MANDELBROT, Benoit B. Objectos fractais: forma, acaso e dimensão. 1991.

hipótese básica de que quanto mais simétrico o modelo, na rede, na árvore, na busca, mais fácil a formalização, a representação, a compreensão. Dessa forma, o objetivo seria tornar a modelagem o mais simétrica possível.

As teorias sociais também trabalham com o conceito de complexidade. MARX foi um dos primeiros a formular uma ciência baseada nos princípios da criação e destruição, uma história que se constrói dialeticamente.

Hoje vislumbra-se a possibilidade histórica de mudança do processo civilizatório, com a concreta substituição da maioria do trabalho mecânico por trabalho automático executado por máquinas: a *máquina universal*. (não no sentido epistemológico de tornar todo pensamento mensurável). O conhecimento contemporâneo vai além do formalismo, é altamente matematizado e relacional.

Os paradoxos e as contradições surgem como nova categoria nas ciências exatas, na lógica, paradigmas para o estudo da sociedade. Parte-se para uma visão ecológica ou quântica na qual há a possibilidade de *ser E não ser*, ao contrário do paradigma lógico, no qual há *ser OU não ser*. A memória humana funciona nessa direção, hierarquizando as informações ao ponto de desconsiderar aquelas menos importantes. Desta forma ela é capaz de agir, decidir a partir de conhecimento incompleto. Resultados matemáticos conquistados com o uso do computador reabrem a possibilidade de novos caminhos: redefinição de métodos e de objeto. As ciências contemporâneas utilizam mais amplamente do conhecimento matemático, do simbolismo, a ponto de serem indissociáveis.

Basicamente qualquer modelo representativo compartilha duas necessidades: a de descrever a realidade em seus aspectos relevantes e a de identificar os critérios de decisão aplicáveis ao estado de coisas que se apresenta. É o caso do legislativo e do judiciário: estas duas atividades devem dar conta das inter-relações internas (interação entre condições, conflitos, derivação e interpretação, escalas e hierarquias entre critérios) e externas (eficácia jurídica e política). Em princípio, parece que o juiz tem resolvido melhor essas necessidades que o legislador, haja visto que as condições relevantes e os critérios de decisão



estão fixos na lei e a presença ou ausência daquelas condições pode ser verificada através das provas. Note-se, porém, que as condições relevantes não são unívocas podendo estar implícitas em textos insuspeitos da lei e sujeitas a criação, exagero, degradação e eliminação por parte do intérprete.

Para KELSEN<sup>36</sup>, o **raciocínio jurídico** se distingue em duas partes: o estabelecimento dos fatos relevantes (*quaestio facti*) e a aplicação da norma correspondente (*quaestio iuris*). Esta segunda etapa compreende a qualificação jurídica dos fatos, que pressupõe a interpretação da lei, na tentativa de retirar as conseqüências previstas pela mesma para aqueles fatos. Isto implica, naturalmente, o manejo de um mecanismo lógico de decisão contido na norma. Como nem sempre as expressões usadas na lei são unívocas nem carentes de vagueza, nem os mecanismos lógicos imaginados pelo legislador são completos, resulta indispensável em cada caso concreto uma atividade individual de ajuste das variáveis, de aplicação de critérios pessoais para adotar pequenas decisões que satisfaçam um determinado critério de justiça.

Podê-se então perguntar: quem estaria melhor preparado para interpretar matérias tão cheias de meandros? Com alto grau de certeza, aquele bem informado acerca dos dados disponíveis da realidade, entre os quais se encontram as aspirações, os temores, os preconceitos, bem como dos meios disponíveis para a ação e do momento oportuno para usá-los.

É preciso, antes de tudo, construir um modelo descritivo apropriado para identificar as condições relevantes e manter uma permanente informação atualizada das mesmas. Em um modelo ideal cada circunstância relevante deveria contar com um indicador quantificável e com um controle capaz de fixar e de atualizar o valor da variável em cada momento dado.

---

<sup>36</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do direito. 1984.

#### 1.1.4 Coerência e consistência

O princípio da contradição da lógica clássica<sup>37</sup> reza que nenhum enunciado pode ser verdadeiro e falso em uma dada situação. De outro modo, diz que de duas proposições contraditórias, uma é falsa e a outra verdadeira. A coerência e consistência estão diretamente relacionadas à existência de contradições em um sistema qualquer, mas são noções que se distinguem quanto ao ponto de vista da observação, ou seja, a consistência é relativa ao sistema como um todo, e a coerência é relativa às partes, aos elementos do mesmo. Nesse sentido, pode haver incoerência entre os elementos do sistema e mesmo assim este pode se manter consistente, ou seja, da incoerência não decorrerá necessariamente a inconsistência. Esta ocorre numa extrema situação em que contradições em partes do sistema torna-o contraditório em sua totalidade.

Nos termos da lógica clássica, qualquer sistema deve ser coerente, (não pode permitir contradições entre seus elementos) e por conseguinte, consistente. Não há que se falar em coerência de todo o sistema, mas apenas de partes que o compõe. Isto porque *somente nas partes é que se pode admitir o poder de dedução do sistema e, neste âmbito, não se admitem elementos incompatíveis sob pena de destruir a coerência do mesmo*<sup>38</sup>.

Dizer que os elementos de um sistema devem ser compatíveis não implica na existência de um sistema dedutivo completo, isto é, esses elementos não decorrem logicamente uns dos outros, podendo coexistir objetos totalmente diferentes.

Segundo a lógica clássica, a inconsistência torna o sistema trivial ou supercompleto. Neste todas as proposições formuláveis são teoremas ou, tudo o que puder ser expresso, pode ser provado. Inconsistência e trivialidade não significam a mesma coisa, mas na lógica clássica são considerados equivalentes porque de uma contradição, qualquer coisa pode ser concluída ( $A \ \& \ \sim A \rightarrow B$ ,

---

<sup>37</sup> VILANOVA, Lourival. As estruturas lógicas e o sistema do direito positivo. 1977.

<sup>38</sup> BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. 1989. p 80.

conforme o princípio *ex falso sequitur quod libet* (de uma falsidade tudo segue). Para a lógica clássica, portanto, um sistema inconsistente e trivial é inútil e não tem valor informativo, pois a verdade é logicamente impossível nesse sistema. Desta realidade nenhum sistema ou modelo consegue escapar imune, sem abrir exceções em sua lógica ou sem construir outra lógica.

### 1.1.5 Incompletude

A questão formalista de se almejar a completude dos sistemas foi posta em dúvida em vários momentos, com as dúvidas e questionamentos de KLEENE, CHURCH<sup>39</sup>, POST e TURING<sup>40</sup> e principalmente, com o *teorema de Gödel*. Em 1931 GÖDEL<sup>41</sup> mostrou que qualquer sistema lógico formal, não poderia, com base em seus próprios axiomas e mecanismos dedutivos, provar teoremas sobre sua própria integridade ou consistência. Em outros termos, uma descrição epistemológica de uma linguagem A não pode ser feita por meio da mesma linguagem A, visto que o conceito de verdade das sentenças em A não pode ser definido em A. Em 1951...

A falta de distinção dos níveis lingüísticos, a falta de uma metalinguagem pode produzir situações paradoxais, como bem exemplifica a antinomia do mentiroso:

*Ela pode ser formulada da seguinte forma: se um cretense dissesse 'os cretenses sempre mentem', estaríamos frente à paradoxal situação de que se aceitássemos a proposição como verdadeira o cretense que a formulou também mentiu e, assim, nem sempre os cretenses mentem. O que conduz a admitir que a proposição 'os cretenses sempre mentem' é falsa. Para superar a contradição, temos de admitir que a proposição 'os cretenses sempre mentem' não forma parte do conjunto de proposições que se pretende qualificar como mentiras...<sup>42</sup>*

Resumindo a questão posta por GÖDEL em dois pontos:

---

<sup>39</sup> CHURCH, A. Introduction to mathematical logic. 1956.

<sup>40</sup> TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. s/d.

<sup>41</sup> GODEL, Kurt. O teorema de Godel e a hipótese do contínuo. 1979.

1. uma prova absoluta de consistência para sistemas abrangentes é altamente improvável e dentro do próprio sistema impossível;
2. é sempre possível construir enunciados, a partir das regras de uma teoria formal, que não são dedutíveis do conjunto de axiomas de tal teoria, bem como construir uma nova proposição indecidível.

## 1.2 Representação do conhecimento

Um fenômeno após ser observado é depois interpretado de acordo com uma determinada metodologia, que está armazenada (construção mental, modelo, metáfora, representação) e que é utilizada para enfrentar o meio ambiente. As diferentes áreas da atividade humana, emocionais e intelectuais, conformam-se às várias representações do mundo, cada qual com seus próprios atributos. Se a inteligência é a capacidade para criar e manipular descrições é necessário verificar a natureza destas descrições: as suas características e a sua relação às coisas que elas descrevem.

Uma representação de uma situação é a tradução desta situação em um sistema, que compreende não só um vocabulário que dá nomes às coisas e às relações, mas também as operações que podem ser realizadas sobre elas, e os fatos e restrições acerca dessas coisas. Um esquema de representação permite descrever.

A **descrição** pode ser:

1. **em compreensão** (para situar o objeto em uma rede de conceitos - qualidades),
2. **em extensão** (para incluir as suas próprias qualidades que o diferenciam dos outros objetos ou que os situam em relação a eles), e
3. **em intenção** (para estruturar o universo do discurso, exprimindo as leis válidas para os conjuntos de objetos).

Assim, os principais elementos de uma representação são a informação que está explicitada e a forma em que está fisicamente codificada. Resta a questão: em que nível de detalhe o mundo deve ser representado? Quais serão os

---

<sup>42</sup> WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984, p 38.

primitivos; serão um pequeno número de baixo nível ou um número maior abrangendo uma faixa de níveis?<sup>43</sup> Por exemplo, se o objetivo da representação consiste em simplificar o problema, isto é, reduzir a classe ilimitada de perguntas acerca de uma situação dada, o raciocínio sobre o conhecimento a ser utilizado deve ser dirigido por metas.

Pelo menos dois **requisitos** são necessários para a representação em computador que permita o raciocínio mecânico:

1. fornecer um aparelho simbólico eficiente para responder a perguntas sobre uma situação - preocupação com a eficiência do raciocínio;
2. traduzir a solução acima em operações e em estruturas de armazenamento de máquina - preocupação com a representação do conhecimento.

Cada sistema trata desses dois requisitos de forma diferente na medida em que se dá mais ênfase à sua eficiência ou à representação do conhecimento envolvido. De qualquer forma, sem os dois, sistema algum consegue produzir respostas minimamente desejáveis. Neste trabalho a ênfase será dada na representação. Tendo em vista esta representação, os seus formalismos e o conhecimento por eles tratados devem obedecer alguns critérios básicos:

1. **expressividade** - será que os especialistas podem comunicar o seu conhecimento de modo efetivo?
2. **compreensibilidade** - será que os especialistas compreendem o que as bases conhecem?
3. **acessibilidade** - podem os sistemas periciais usar a informação que lhe foi comunicada?
4. **generalidade** - deve existir uma número suficiente de domínios de problemas aos quais o formalismo possa ser aplicado.

---

<sup>43</sup> RICH, Elaine; KNIGHT, K. Artificial intelligence. 1991.

Outra forma mais exigente de descrever o processo de representação apregoa sete questões que devem ser obedecidas tendo em vista a construção de um projeto sistemático<sup>44</sup>:

1. **Domínio e alcance.** O que é representado? Como é que os objetos e as relações no mundo correspondem às unidades e relações no modelo?
2. **Correspondência operacional.** De que modo as operações na representação correspondem às ações no mundo?
3. **Processo de aplicação.** Como pode o conhecimento no sistema ser usado no processo de aplicação?
4. **Inferência.** Como podem ser adicionados mais fatos ao estado do conhecimento, e a partir dos fatos já conhecidos?
5. **Acesso.** Como estão ligadas as unidades e as estruturas, de forma a providenciar o acesso aos fatos apropriados?
6. **Aplicação.** Como são comparadas duas estruturas, do ponto de vista da igualdade e da similitude?
7. **Sabedoria própria.** Que conhecimento tem o sistema acerca da sua estrutura e das suas operações?

A grande variedade de aplicações permitiu demonstrar que certos sistemas de representação são mais adequados para umas situações, e menos adequados para outras. Em consequência, alguns autores defendem a integração dos sistemas de representação, de forma a garantir a sua robustez.

É o caso dos Sistemas Especialistas que deveriam ter capacidade de dar explicações, de se justificarem, de adquirirem novos conhecimentos, de fragmentar as regras complexas em outras mais simples, de calcularem o que é relevante para os seus objetivos, e de degradarem-se com lentidão. Para atingirem uma tal robustez, precisam utilizar múltiplas representações do conhecimento. Tais representações podem arrumar-se em um espaço de várias dimensões como

---

<sup>44</sup> BRACHMAN, Ronald J. I lied about the trees, or, defaults and definitions in knowledge representation. 1985.

qualitativo vs. quantitativo, aproximado, impreciso vs. exato, preciso, descritivo vs. prescritivo e profundidade vs. superfície.

Neste último caso, nas representações de superfície estão os modelos funcionais, as associações empíricas formuladas através da experiência, as quais resultam de uma compilação sobre a compreensão da estrutura e da função. Nas representações profundas estão os modelos causais, as categorias, as abstrações, as analogias, e as estratégias de resolução de problemas, e em geral representa-se a compreensão da estrutura e da função. A associação entre as premissas e as conclusões das regras baseia-se nas observações empíricas das associações passadas, aparecendo a causalidade definida implicitamente. As representações profundas suportam o poder de explicação, enquanto que as representações superficiais apenas permitem que o sistema conheça se uma associação existe. Quando o objetivo principal do sistema é uma capacidade de resolução de problemas, as representações superficiais apresentam vantagens, além de serem mais baratas de construir do que os modelos causais. Contudo, a tendência é combinar os modelos funcionais com os modelos causais, e ter ainda presente uma capacidade de aprendizagem.

### 1.2.1 Hipótese cognitivista

No cerne da pesquisa em IA situa-se o que NEWELL e SIMON denominam de hipótese do **sistema de símbolos físicos**:

*O sistema de símbolos físicos consiste em um conjunto de entidades, denominadas símbolos, que são padrões físicos e que podem ocorrer como componentes de outro tipo de entidade denominada expressão (ou estrutura de símbolos). Desta forma, a estrutura de símbolos é composta de diversos casos (ou fichas) de símbolos relacionados de alguma forma física (como uma ficha estar junto a outra). A qualquer instante, o sistema conterá uma coleção dessas estruturas de símbolos. Além dessas estruturas o sistema também contém uma coleção de processos que operam sobre as expressões para produzir outras expressões: processos de criação, modificação, reprodução e destruição. O sistema de símbolos físicos é uma máquina que produz através do*

*tempo uma coleção evolutiva de estruturas de símbolos. Tal sistema existe em um mundo de objetos mais amplos do que as próprias expressões simbólicas.* <sup>45</sup>

Em outros termos, uma representação é considerada adequada em termos epistemológicos quando há a existência de uma correspondência um para um, entre os símbolos do mundo da representação e os conjuntos do mundo a serem representados e quando para cada relação simples no mundo a ser representada há uma no mundo da representação, o que envolve a capacidade de pensar e de compreender.

Tal hipótese é base para determinar qual a natureza da inteligência humana no campo da psicologia e é importante na estruturação de uma crença na capacidade de construir programas capazes de realizar tarefas inteligentes. Esta teoria faz parte da **hipótese cognitivista** proposta por diversos autores proeminentes como SIMON<sup>46</sup>, CHOMSKY<sup>47</sup>, MCCARTHY<sup>48</sup> e MINSKY<sup>49</sup> e que afirma ser a mente uma forma lógica assimilável ao tratamento por computador, já que é possível reduzir qualquer conhecimento a uma descrição simbólica. Face esta hipótese, o sistema de símbolos físicos possuiria os meios necessários e suficientes para ação inteligente geral. Como não parece haver meios de provar tal hipótese ou contestá-la apenas por argumentos lógicos, ela deve ser submetida à validação empírica: a experimentação é a única maneira de determinar sua validade. Os computadores fornecem o meio perfeito para esta experimentação, já que podem ser programados para simular qualquer sistema de símbolos físicos. É possível que a hipótese acabe sendo apenas parcialmente verdadeira. Talvez alguns aspectos da inteligência humana comprovem ser passíveis de modelagem por sistemas de símbolos físicos, enquanto outros não o serão.

---

<sup>45</sup> NEWELL, A. Computer science as empirical inquiry: symbols and search. 1976, p 116.

<sup>46</sup> NEWELL, A. Computer science as empirical inquiry: symbols and search. 1976.

<sup>47</sup> CHOMSKY, N. Aspects of the theory of syntax. 1965.

<sup>48</sup> MCCARTHY, John. Programs with common sense. 1968.

<sup>49</sup> MINSKY, Marvin L. Conscious machines. s/d.



Relativamente aos termos e estruturas de representação do conhecimento são colocadas duas outras exigências:

1. que as estruturas sejam representadas em proposições, sem nenhuma exigência sintática;
2. que essas estruturas exerçam um papel causal ou de influência no comportamento do sistema.

Tendo em vista o domínio do conhecimento a ser representado em sistemas simbólicos e inteligentes há outras duas hipóteses. Estas são de tal maneira basilares que definiriam a metodologia de construção de qualquer sistema simbólico:

1. um sistema simbólico deve utilizar uma grande quantidade de conhecimento específico do domínio, da tarefa e dos casos, para atingir uma competência de resolução de problemas de alto nível;
2. uma classe particular de comportamento de resolução de problemas exige um corpo de conhecimento com alguma complexidade para alcançar uma norma de desempenho.

### **1.2.2 Características do conhecimento**

Trabalhar, fazer inferências com símbolos e as suas relações é, dessa forma, manipular conhecimento. Vinte anos de pesquisa em IA demonstraram um fato incontestável: o de que a inteligência requer o processamento de conhecimento e de que este possui algumas propriedades que dificultam a sua representação em um sistema computacional, incluindo:

1. é volumoso;
2. é difícil de caracterizar com precisão;
3. está em constante mutação.

Para superar essas dificuldades a preocupação com a racionalização do mundo deve ser uma constante. Esta permite fazer uma **distinção hierarquizada** do conhecimento do mundo: parte-se do nível mais baixo de conhecimento, os ruídos ou dados obscuros, passando pelos dados mais simples, pelas informações

(dados estruturados), pelo conhecimento no nível de informações especializadas, e por fim, pelo metaconhecimento, aquele que descreve e explica um conhecimento determinado.

No estudo da cognição humana a distinção entre raciocínio e conhecimento tem sido uma constante. Na IA isso fez-se presente tendo em vista uma questão metodológica de análise de problemas: quando a preocupação estava centrada em problemas gerais, centrava-se a atenção no raciocínio e quando partia-se para a especialização, o preponderante era o conhecimento.

### 1.2.3 Conhecimento impreciso

Para a lingüística a distinção denotação/extensão e conotação é importante para definir o rigor da linguagem que expressa determinado conhecimento. A denotação de um termo pode apresentar três zonas:

- a) de luminosidade positiva - composta pelos objetos ou situações onde não existe nenhuma dúvida em relação à sua inclusão na denotação;*
- b) de luminosidade negativa - composta pelos objetos ou situações que com certeza não entram na denotação;*
- c) de incerteza - onde existem legítimas dúvidas quanto ao fato do objeto ou situação entrar ou não na denotação.<sup>50</sup>*

Na primeira situação não ocorrem dificuldades na relação comunicacional; por isso são casos paradigmáticos. Paradigma em SAUSSURE<sup>51</sup> é um agrupamento de signos que possuem alguma afinidade entre si. Daí decorrem as chamadas relações associativas que se revelam na medida em que um termo tem o poder de evocar outros, através da afinidade que revelam entre si. São estas relações paradigmáticas que possibilitam a multiplicidade de significações dos enunciados, na medida em que se processam como diferentes jogos de linguagem. Em contrapartida existiriam as relações sintagmáticas que ocorrem no

<sup>50</sup> WARAT, Luis Alberto. O direito e sua linguagem. 1984, p 71.

<sup>51</sup> SAUSSURE, Ferdinand de. Curso de lingüística geral. s/d.

encadeamento dos signos entre si (significantes), através da combinação ou oposição.

A análise do conhecimento pode ser posta de outra forma. Basicamente, o conhecimento pode ser de duas formas, **preciso** e **impreciso**. O conhecimento impreciso ocorre em três situações<sup>52</sup>:

1. quando há **incerteza**: surge a partir da preguiça ou impossibilidade de se analisar toda informação disponível em mundos complexos, dinâmicos ou inacessíveis. Em um ambiente de incerteza muitas das simplificações possíveis na lógica clássica deixam de serem válidas.
2. quando há **difusão**: ocorre quando está entre dois estados, ou melhor, quando há diferenças qualitativas que dependem do grau de pertinência à categoria de classificação como os termos quente e alto;
3. quando há **ignorância**: é o caso de falta de informação. Existe a ignorância teórica (nenhuma teoria completa sobre o domínio) e a ignorância prática (existe sempre uma análise clínica que falta).

As origens da imprecisão são muitas e é inerente à linguagem. Por isso a formalização é fundamental para mantê-la sob controle. A agregação de informações de múltiplas fontes de conhecimento e instrumentos pouco confiáveis podem produzir observações mal feitas, conclusões mal tiradas, conhecimento conflitante, redundante, subentendido ou perdido.

Quando não existe a certeza das ações alcançarem os objetivos é preciso introduzir meios de pensar a possibilidade dos objetivos e a verossimilhança de os alcançar, isto é o recurso a preferências (utilidades). Um agente ao escolher uma ação espera que esta possua a utilidade mais alta, ponderada sobre todas as conseqüências possíveis.

Uma forma de imprecisão cognitiva é o problema da qualificação ou circunscrição, isto é, o problema de determinar o contexto que qualifica a relação

---

<sup>52</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial: algumas questões metodológicas. 1995.

entre um objeto (ser ave) e uma das suas propriedades (voar). Tipicamente ou num contexto normal uma ave voa. No entanto se estiver doente ou ferida não voa. É normalmente impossível dar uma definição do contexto normal que tenha em conta todas as situações possíveis. A proliferação de regras necessárias para representar esse conhecimento é consequência do problema da qualificação. Até que ponto é preciso definir mais o contexto ou até que ponto o conhecimento representado é o mais típico e por isso o mais adequado naquele contexto<sup>53</sup>.

Uma das maneiras de enfrentar esse problema é a **categorização**, ou seja, organizar o conhecimento em função de frases gerais acerca de casos usuais (classes) e depois qualificá-las através da descrição das exceções (subclasses excepcionais). Há a necessidade de uma regularidade mínima no domínio, o que permite que o conhecimento de casos especiais seja organizado em descrições de conjuntos especiais e seja possível ajustar as assunções de omissões.

O raciocínio com classes diminui a complexidade do conhecimento e o número das regras. A categorização é um mecanismo cognitivo básico e pode ser assim descrito: *Conhecimento geral*  $\Rightarrow$  *Conhecimento de exceções*  $\Rightarrow$  *Conhecimento de situações*. A ciência, em sua busca de leis, uniformidades e regularidades, só pode lidar com tipos, classes. Para compreender os dados da realidade é preciso organizá-los previamente em categorias, isto é, generalizar, classificar. Nessas categorias inclui-se os indivíduos da mesma espécie, classificando-os segundo critérios de alguma similitude reconhecíveis neles e depreciando as diferenças que existam entre eles.

Já é possível simular agentes cognitivos que tratem de conhecimento impreciso, desde que haja o mínimo de certezas. Para tanto outros esquemas de raciocínio foram formulados: há os simbólicos, qualitativos como os **TMS** (ver página 129), o **raciocínio não monótono** (ver página 94) e a **lógica vaga** (ver

---

<sup>53</sup> McCARTHY, John. Applications of circumscription to formalizing common-sense knowledge. 1986.

página 92) e esquemas matemáticos como o **raciocínio probabilístico** (ver página 99).

#### 1.2.4 Formas de conhecimento

Em termos de conteúdo e do grau de completude o conhecimento é **especializado** ou baseado no **senso comum** (ver página 59). Neste caso, o modelo necessita apenas saber das limitações mais óbvias do conhecimento, o que permite raciocinar a partir de aspectos superficiais dos fatos apresentados, de informação parcial e de incertezas. No caso do conhecimento especializado há a exigência de um maior conhecimento do objeto de estudo e uma metodologia que informa a sua produção. Este, contudo, é baseado nas experiências passadas e consolidadas, diferenciando-se do conhecimento heurístico, abaixo apresentado, por ser um conhecimento geral e não especializado. São semelhantes na escolha de ações que maximizem o desempenho do agente (inteligência ou racionalidade).

O conhecimento do especialista sobre o mundo é de dois tipos: público e privado<sup>54</sup>. O **conhecimento público** ou **concreto** envolve definições publicadas, situações e teorias compartilhadas entre os especialistas da área e estão publicamente disponíveis, podendo ser obtidas facilmente em manuais, relatórios, documentos e estudos de caso. É o **conhecimento de consenso**. Por outro lado, o **conhecimento privado** ou **abstrato** está relacionado com o conhecimento que somente especialistas possuem sobre uma determinada área de interesse. Este conhecimento é obtido durante anos de treinamento na solução de problemas da área e geralmente desenvolvido através da intuição. Este tipo de conhecimento não é encontrado na literatura e nem resulta necessariamente na melhor solução ou solução ótima. É a solução que funciona, segundo o especialista. É o **conhecimento heurístico**, baseado em regras de julgamento cuja fonte é o conhecimento do especialista, de uso privado e menos debatido. É o conhecimento adquirido de procedimentos tomados em função da experiência, procedimentos estes que definem um caminho mais direto na busca da solução e que

normalmente não fazem parte de nenhuma metodologia já estruturada. Normalmente esta forma de raciocínio exige um caminho que foge à normalidade das decisões do especialista, e este o faz sem consciência disso. Na programação por computador é usado para reduzir o espaço de busca para encontrar a solução de um problema, mas não há garantia de que isso ocorra como nos algoritmos.

Portanto, as fontes de conhecimento são o especialista e toda literatura da área. O engenheiro de conhecimento faz a aquisição do conhecimento através daquelas fontes e depois faz a sua formalização utilizando para isto algum tipo de representação do conhecimento, escolha esta que dependerá do tipo de conhecimento a representar e de como será aplicado. O conhecimento adquirido deve ser representado apropriadamente, de tal forma que possa ser interpretado ou processado. É necessário, portanto, adotar uma forma de representação do conhecimento e um tipo de programação compatível com a mesma.

### **1.2.5 Formas diversas de representação do conhecimento**

A tarefa central de representação de conhecimento é capturar a complexidade do mundo real, sem contar que busca realizar uma tarefa específica. Aliás, o uso apropriado da representação significa que executa essa tarefa para a qual foi pretendida e não para o que pode ser feito. A preocupação motriz do campo de representação do conhecimento está em entender e descrever a riqueza do mundo. É uma questão de metodologia que vai além da simples discussão sobre ferramentas e técnicas de representação ou das questões puramente computacionais. A realidade é muito mais rica que isso.

Segundo DAVIS<sup>55</sup>, a representação de conhecimento pode ser entendida de cinco formas distintas: a) como um substituto para a própria coisa, usado para determinar as conseqüências do pensar sobre o mundo e nem tanto do agir sobre ele; b) como um conjunto de compromissos ontológicos que definam os termos pelos quais se deve pensar o mundo; c) como uma teoria do raciocínio

---

<sup>54</sup> HAYES-ROTH, Frederick. Building expert systems. 1983.

<sup>55</sup> DAVIS, Randall. What is a knowledge representation? 1993.

inteligente; d) como um meio de definir pragmaticamente uma computação eficiente, organizando toda informação para facilitar as inferências recomendadas e e) como uma forma de expressão humana (um idioma através do qual descreve-se o mundo).

As conseqüências práticas e teóricas destas distinções para a pesquisa incluem uma concepção mais larga de representação e que leve em conta os seus diversos papéis no momento da construção de uma linguagem de representação, a combinação e o estudo de equivalências formais de representações.

É um fato inevitável que argumentar é um processo interior sobre coisas que só existem externamente. É a representação como um substituto interno dessas coisas em que há alguma forma de correspondência especificada entre o substituto e seu referente intencional no mundo. Essa correspondência é a semântica da representação. Além disso há a fidelidade, isto é, quão próxima é a representação da realidade. Quais atributos são capturados e quais são omitidos? A fidelidade perfeita é em geral impossível porque a única representação totalmente precisa de um objeto é o próprio objeto. Todas as outras representações são inexatas e contém simplificações.

Dessa forma, toda descrição do mundo, no mínimo, omite alguma complexidade efetivamente ilimitada do mundo natural e acrescenta artefatos que não estão presentes nele. Portanto, todas as representações são defeituosas e qualquer imperfeição pode ser uma fonte de erro e algumas das inferências feitas a partir delas estarão incorretas.

Erros de representação do conhecimento (ver página 41) são muitos, desde aqueles que envolvem problemas de ambigüidade e de incompletude até os erros de incorreção (humano ou por mal funcionamento dos equipamentos), de medição (por imprecisão ou inexatidão), de aleatoriedade; sistemáticos e de raciocínio (indutivo ou dedutivo).

A representação de conhecimento também é o meio pelo qual se expressa algo sobre o mundo, e por conseguinte, é um meio de comunicação.

Resta saber se como um meio de expressão é geral e precisa o suficiente (boa expressividade) e como um meio de comunicação que tipos de coisas são facilmente compreensíveis e quais não o são a ponto da comunicação ser pragmaticamente impossível. Uma representação é a linguagem através da qual há comunicação, sem, contudo, exigir um esforço heróico.

### 1.2.6 Ontologias

Ontologia é o conjunto das entidades (conceitos de um domínio) que correspondem a certas situações, mais as frases (axiomas lógicos, regras) sobre elas. É a descrição de um certo domínio de problemas (o mundo), ao longo do espectro das constantes individuais e das variáveis. Fazer uma ontologia é olhar/apontar para os objetos do mundo, isto é, o **aspecto ontológico** diz respeito às classes de entidades a representar, diferente do **aspecto formal** preocupado com os melhores modos de as representar<sup>56</sup>. Sua relevância dá-se em diversos níveis: na reutilização e partilha (de conhecimento), na interoperacionalidade de sistemas diversos, no processamento distribuído (agentes, ambientes de desenvolvimento) e na normalização de ambientes computacionais.

Existem diversas e diferentes formas de representação do mundo que podem ser escritas em uma variedade larga de idiomas e anotações, cada uma útil em suas particularidades. A informação essencial não é a forma daquele idioma mas o conteúdo, isto é, o conjunto de conceitos ou noções como conexões e componentes, e não a forma de construí-los.

Todas as representações tomam um conjunto de decisões sobre como e o que ver no mundo, isto é, definem compromissos ontológicos que determinam o que se pode e o que não se pode ver. Estes compromissos não são um efeito colateral incidental de uma representação, mas são sua essência, visto que tais compromissos são fruto de uma seleção judiciosa que vise focar a atenção em aspectos do mundo que acredita-se serem pertinentes. Este efeito de foco ou

---

<sup>56</sup> VISSER, Pepijn R S. Ontologies in the design of legal information systems; towards a library of legal domain ontologies. 1998.



seleção permite subjugar e lidar com a complexidade do mundo oferecendo um modo de ver alguma parte do mundo e guiando as tomadas de decisão sobre ele.

Essas diferentes representações geralmente realizam diferentes tarefas. Por exemplo, a tarefa de diagnose médica vista em termos de regras (MYCIN<sup>57</sup>) parece substancialmente diferente da mesma tarefa vista em termos de enquadramentos (INTERNIST<sup>58</sup>). Onde o MYCIN vê o mundo médico como um conjunto de associações empíricas que conectam sintomas, o INTERNIST vê um conjunto de protótipos de doenças a serem comparados com o caso proposto.

Além disso, cada uma destas representações afirma a importância de uma entidade no mundo sobre outras, como entidades individuais e relações entre elas (na lógica), triplas de objeto, atributo e valor (nos sistemas de produção) e objetos prototípicos (nos enquadramentos). Essas tecnologias de representação provêm um conjunto de suposições sobre o que selecionar e o que ignorar.

VALENTE<sup>59</sup> cria uma teoria ontológica funcional da Lei, baseada nas idéias de KELSEN<sup>60</sup>, HART e BENTHAM. Fornece estratégias para representação do conhecimento legal a partir da descrição de como a lei é feita e para quê. Distingue um número de categorias primitivas do conhecimento: conhecimento normativo, conhecimento global, conhecimento de responsabilidade, conhecimento reativo, conhecimento criativo e conhecimento meta-legal. Estas categorias são interligadas para formar um conjunto coerente. Outras categorias do conhecimento legal como direitos, princípios ou contratos, são categorias não primitivas as quais podem redefinir elementos das categorias primitivas.

---

<sup>57</sup> SHORTLIFFE, Edvard H. Computer-based medical consultations: mycin. 1976.

<sup>58</sup> MILLER, Richard I. INTERNIST-I: a general computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. 1982.

<sup>59</sup> VALENTE, André. Legal knowledge engineering: a modelling approach. 1995.

<sup>60</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do direito. 1984.

VISSER<sup>61</sup> é outro que procura definir uma ontologia. Nela apresenta uma série de erros no nível ontológico em uma situação de integração de base de conhecimentos diferentes que demonstram a importância das escolhas ontológicas que se faz durante o processo de construção de um sistema. O grande desafio de qualquer ontologia é tornar os seus termos mais precisos para que haja acordo na sua interpretação. O poder de expressão da linguagem, a relação entre as frases e o que elas descrevem definem o maior ou menor grau de clareza e correção. Para tanto é necessário caracterizar de forma rigorosa as categorias e as coisas (os termos), a sua organização, e a sua estrutura (relações entre os termos). O cuidado especial que deve ser tomado é em não misturar essas formas, o que caracteriza um erro ontológico.

Quanto à representação do conhecimento	Expressividade da linguagem	Lógica de predicados Lógica proposicional
	Tratabilidade computacional	Lógica de predicados Regras de produção
Quanto às entidades	Categorização (animais)	mamíferos carnívoros
	Agregação (população masculina)	Homens Jovens homens
Quanto às relações nas entidades	Definir o atributo	Carro_vermelho(x) Carro(x) e Vermelho(x).
	Definir o valor do atributo	Comprimento_rodovia(x, em_km) Comprimento_rodovia(x, em_milha).

**Tabela 1 - Escolhas ontológicas<sup>62</sup>**

<sup>61</sup> VISSER, Pepijn R S. On mismatches between ontologies a first investigation into knowledge fusion. 1996.

Existem três grandes distinções ontológicas que definem formas diferentes de tratar as entidades, as relações, e a representação do conhecimento. Quanto às **entidades** pode haver formas diferentes de conceituar, classificar e descrever essas entidades no mundo; quanto às **relações** há diferentes formas de conceituar as relações entre entidades no mundo e quanto ao **conhecimento** (problemas de linguagem) há diferentes formas de expressar e representá-lo.

Quanto ao conhecimento, há dois níveis de distinções: expressividade da linguagem e tratabilidade computacional. São questões interdependentes e a forma de tratá-las define as diferenças entre os diversos formalismos existentes na IA. A interdependência é bem clara porque uma pequena mudança na expressividade pode por em xeque a tratabilidade<sup>63</sup>.

A **expressividade do sistema** refere-se à necessidade de localizar as estruturas de conhecimento, linguagens e o formalismo mais apropriado ao problema a ser representado. A principal tarefa, portanto, é definir qual formalismo deve ser utilizado para tratar um problema determinado tendo-se em vista que cada problema tem suas particularidades. Assim, a expressividade do modelo depende das distinções e generalizações que podem ser feitas ou podem deixar de serem feitas. As técnicas desenvolvidas até a atualidade que resolvem bem o problema da expressividade são, isoladamente ou em conjunto, as regras de produção e os quadros.

Já a **tratabilidade do sistema** está vinculada à eficiência computacional do mesmo. Em uma visão puramente mecanicista, raciocínio inteligente nada mais é do que um processo computacional. Dessa forma, a representação do conhecimento é vista como um meio de definir pragmaticamente uma computação eficiente, isto é, oferece um conjunto de idéias sobre como organizar informação de modo que facilitem as inferências das máquinas. É o caso

---

<sup>62</sup> VISSER, Pepijn R S. On mismatches between ontologies a first investigation into knowledge fusion. 1996.

dos enquadramentos. A cada um deles estão vinculados vários tipos de informação. Uma diz como usá-lo; outra informa sobre o que esperar em seguida; outra fala sobre o que fazer se estas expectativas não são confirmadas. São declarações sobre que procedimentos escrever para facilitar sua execução. Outras representações provêm diretriz semelhante.

A tratabilidade é um problema constante na construção de sistemas computacionais. Relaciona-se ao tempo necessário e razoável para encontrar a solução do problema dado. Também chamada de eficácia notacional ou conceitual, a tratabilidade depende da estrutura de representação (expressividade) e o impacto desta na operação do sistema. Eis o caso dos grandes sistemas que utilizam a lógica de primeira ordem, cuja característica principal é exigir a prova de todos os teoremas envolvidos. Aqui, a eficácia não é boa exatamente devido àquela exigência.

São possíveis duas pseudo soluções, quais sejam, evitar redundâncias e acelerar certas operações arquitetando os problemas e relaxar a noção de correção, fazendo com que o programa retorne uma solução depois de um intervalo de tempo. Uma solução mais eficiente seria limitar a base de conhecimento tal que as implicações sejam mais fáceis de serem lidadas pelo computador. Esta opção vai de encontro ao fato de que os domínios são geralmente finitos. Outra solução é restringir a base de conhecimento àquilo que possa ser representado em uma base de dados, em que o mínimo e o máximo de objetos estão definidos. Qualquer pergunta feita será sobre os dados.

De modo particular a tratabilidade alude ao problema da consistência do sistema. Esta pode ser resolvida principalmente com o compromisso conjunto dos profissionais envolvidos, seja da área do Direito como da informática, de eliminar as contradições e conflitos na representação do conhecimento. Para tanto,

---

<sup>63</sup> LEVESQUE, Hector J. A fundamental tradeoff in knowledge representation and reasoning. 1985.

a própria Ciência do Direito, que procura descrever o Direito de modo rigoroso, tem muito com que contribuir nessa tarefa.

No geral, algumas normas devem ser seguidas e se expressam como fatores de validação da base de conhecimento: não permitir na base de conhecimento regras conflitantes do tipo (SE  $x$  E  $y$  ENTÃO  $z$ ), (SE  $x$  E  $y$  ENTÃO  $w$ ); regras circulares do tipo (SE  $x$  ENTÃO  $y$ ), (SE  $y$  ENTÃO  $z$ ), (SE  $z$  ENTÃO  $x$ ). Contudo, mesmo com todos esses cuidados pode ocorrer casos de impasse em que, ou se reformula toda base do sistema ou se abre exceções. Um exemplo simples: adotando-se o primitivo (axioma) *todos os homens têm direito à vida*, há o conflito no momento em que a proposição *existe um homem  $X$  que não tem direito à vida* deve ser incluída na base de conhecimento.

Na representação de conhecimento a expressividade e a tratabilidade computacional definem a **decidibilidade dos sistemas**. Esta diz respeito ao fato do sistema ser capaz de produzir uma resposta razoável ao problema proposto, mesmo que provisória, comportando-se como um sistema fechado. A solução vai na mesma direção acima citada limitando-se a base de conhecimento, de tal forma que seja possível lidar em termos computacionais com suas implicações. Esta é a via dos Sistemas Especialistas, que se restringem a universos bem delimitados. Outra maneira de solucionar a incompletude do sistema é evitando que conclusões inacessíveis sejam construídas como é o caso deste conjunto: (SE  $x$  E  $y$  ENTÃO  $c$ ), (SE  $x$  ENTÃO não  $y$ ), (SE  $y$  ENTÃO não  $x$ ).

Em termos mais restritos, decidível ou completo é o sistema computacional que decorre de um algoritmo, ou seja, de um procedimento em que, dado um estado inicial de resolução de um problema (um cálculo ou um processo lógico), sabe-se a cada instante como proceder até o estado final. Dessa forma é um caminho sistemático, uma seqüência de passos ou ações lógico-matemáticas bem definidas, um teste específico que pode ser executado passo a passo e recursivamente por um computador, sempre dando uma resposta após um número finito de operações. Consiste, assim, em certas fórmulas iniciais e em regras para a

transformação das mesmas. Note-se que esta visão restrita não trata de Sistemas Baseados em Regras ou qualquer outro modelo declarativo.

Em termos de conclusão da seção, a construção de um SEL, cuja ontologia e formalismo respeitem essas três características acima, deve procurar utilizar mais de uma modelagem, constituindo-se em **sistemas híbridos de representação** (ver página 187). Estes permitem que a base de conhecimento possa ser distribuída em subsistemas com representações diferentes, garantida a boa comunicação entre eles. A idéia central é utilizar pelo menos dois modelos independentes unificados através de um formalismo comum. Outra maneira é dividir o problema em partes, tendo em vista algum critério. Faz parte da filosofia da modularidade representar pequenos universos e depois integrá-los. Bom exemplo é o protótipo de GARDNER<sup>64</sup>. Seu ponto central é a separação dos casos difíceis dos fáceis, distinguindo os temas que suscitam algum tipo mais complexo de resposta, exigindo mais dados para a solução daqueles que contêm informações suficientes para serem resolvidos. Separa os problemas bem definidos, simples e óbvios dos que podem suscitar desacordo<sup>65</sup>.

A representação de conhecimento nos SEL e na IA em geral, tem se batido contra esses três problemas. Todo conhecimento humano acumulado é complexo, e portanto, imerso em sistemas contraditórios e incompletos, como é o caso do Direito. Mas algumas saídas já podem ser apresentadas. Desta forma é possível dizer que, no nível computacional e da teoria do conhecimento, estão sendo abertos caminhos que resolvem parcialmente os problemas acima e que assim o fazendo criam linguagens e formalismos próprios da computação que se aproximam cada vez mais das características dos próprios problemas a serem resolvidos. Assim, uma representação bem formulada pede domínios finitos, consistência e completude. É por este caminho que trilham os SEL.

---

<sup>64</sup> GARDNER, Anne Von de Lieth. An artificial intelligence approach to legal reasoning. 1987.

<sup>65</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. 1987.

A descrição de uma visão particular do mundo começa com a escolha de uma forma de representação e se acumula com subseqüentes escolhas de como ver o mundo nessas condições. Isto quer dizer que as decisões formais e ontológicas são tomadas em camadas em todas as tecnologias de representação, em especial nos enquadramentos, aqui escolhida para realização do protótipo. Neste caso, define-se primeiramente que se trabalhará com protótipos, padrões e uma hierarquia de classes. Em seguida determina-se o domínio e a sua classificação. Por fim as classes hierarquicamente organizadas são exemplificadas ou instanciadas, de acordo com cada ramo e com o entendimento dos especialistas no assunto.

Estes procedimentos seguem uma seqüência que permitirá a construção de sistemas que correspondam minimamente aquelas exigências anteriores. No caso proposto, dos quadros, cuja preocupação maior é com *o que fazer* do que com *como fazer*, essa tarefa fica facilitada.

### **1.2.7 Uma representação fragmentária do raciocínio inteligente**

Toda representação incorpora só parte da convicção que a motivou, bem como, essa convicção é só uma parte do complexo fenômeno do raciocínio inteligente e do comportamento humano. Várias técnicas foram inspiradas na observação do raciocínio humano. Os enquadramentos, por exemplo, copiam das pessoas a capacidade de selecionar da memória estruturas que podem ser adaptadas à nova realidade mudando-se detalhes. Já as redes semânticas apropriam a habilidade de achar conexões entre conceitos aparentemente discrepantes.

#### **1.2.7.1 O que é inteligência?**

No campo da IA esta é uma questão difícil pois coloca a seguinte pergunta: o que significa *pensar* para o computador? O conceito de máquina pensante implica na execução de uma tarefa pensante por um programa de computador. Pois então, como um programa *inteligente* difere de um programa *não inteligente*? Num primeiro momento pode-se afirmar que inteligência é a capacidade de aprender fatos, proposições e suas relações, e de raciocinar sobre

eles, isto é, ser capaz de determinar onde se encontra o problema e de solucioná-lo<sup>66</sup>.

Uma interpretação restrita desta definição poderá levantar o argumento de que todos os programas são inteligentes. Assim, o que os computadores normalmente fazem - juntar, armazenar, recuperar a informação - satisfaz esse requisito de inteligência, sem contar que, também manipulam informações (procurar, ordenar, processar, consultar). Significa dizer que a maioria dos programas em computadores manipula informação de maneira lógica e racional. Eis o paradoxo: se um programa executa uma tarefa, não está pensando; porém, se uma pessoa faz a mesma tarefa, ela está pensando.

O problema provém, em parte, do orgulho do ser humano que gosta de pensar que seu cérebro o faz especial e torna legítimo o monopólio do pensamento racional. A maioria das pessoas considera o processo de pensar como próximo da mágica e que a criação é sempre menor que o criador. Existe também a questão polêmica do livre-arbítrio: o computador não poderia escapar das alternativas criadas pelo programador. O computador basicamente é um equipamento determinístico e apenas contém descrição de si próprio sem possibilidade de consciência. Por outro lado, hoje o computador pode executar alternativas condicionais chegando a decisões importantes em situações complexas. Responder ao problema da inteligência dos computadores é difícil tarefa e existem fortes opiniões em cada um dos lados da discussão.

O cérebro humano, e até certo nível todos os mecanismos vivos da natureza, têm o reconhecimento de padrões como modelo básico de compreensão da realidade e de reação ao mesmo. Neste processo é realizada uma complexa comparação de similaridade entre algum fato armazenado na memória e o que é dado a reconhecer. Necessariamente não ocorre dedução nem indução. Realiza-se

---

<sup>66</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. 1995.



um processo de aprendizagem a partir da experiência que é agregada ao modelo geral, utilizando o método de acesso associativo.

SEARLE<sup>67</sup> elaborou o esquema da **sala chinesa** para tentar explicar o funcionamento da mente humana e suas correlações com os sistemas de computador. Em um quarto uma pessoa teria a disposição um livro de regras para reconhecer o significado de certos símbolos que seriam introduzidos na sala e devolvidos ao ambiente por uma passagem. Estes elementos seriam semelhantes aos sistemas computacionais: sistema de informações, processador, programa, base de dados, inputs e outputs. Nos dois casos, o resultado final seria o mesmo, qual seja, entendimento através da manipulação de símbolos. Além desse axioma, SEARLE afirma mais dois: a mente humana teria um conteúdo semântico e a sintaxe não produz semântica. Dessa forma ele identifica a intencionalidade como o fundamento da mente, e refuta afirmações de que predicados intencionais, como *entendendo*, *planejamento* e *dedução* podem ser atribuídos a um sistema de computador matemático.

Por outro lado, uma visão muito conhecida e historicamente derivada da lógica matemática faz a suposição de que o raciocínio inteligente é uma variedade do cálculo formal, a dedução, expressa em termos de um modelo matematicamente preciso. Esta tese é defendida pelos logicistas<sup>68</sup>. A lógica somente oferece uma teoria de inferências possíveis de maneira neutra e declarativa. Não recomenda inferências, pois quer ser geral e uniforme (trabalha em todos os problemas e da mesma maneira), universalmente apropriada. Expressam um fato sem qualquer indicação de como argumentar com isto, o que não é necessariamente bom para expressar informação de uma estratégia de raciocínio.

---

<sup>67</sup> SEARLE, John R. Mente, cérebro e programas. 1987.

<sup>68</sup> RUSSELL, Bertrand. On the notion of cause. 1912-13.

Várias outras concepções foram formuladas<sup>69</sup> e estão diretamente vinculadas às diversas ciências. A Psicologia afirma que a inteligência é característica do comportamento humano e pode ser definida como um fenômeno natural complexo, resultado de um longo processo de evolução, para a qual uma completa descrição não é possível. Tanto os Sistemas Baseados em Regras como os Quadros compartilham a tradição psicológica de definir o conjunto de inferências com referência ao comportamento do perito humano, e não a um modelo formal abstrato. Além disso, a teoria dos enquadramentos oferece uma representação aproximativa, em que as inferências são sancionadas de modo informal e empiricamente.

Uma terceira aproximação, proposta a partir da Biologia, põe peso na arquitetura da maquinaria que realiza a tarefa inteligente. O estímulo do ambiente e a resposta do agente emerge da interconexão paralela de uma grande coleção de processadores muito simples. Os Sistemas Conexionistas são expressão dessa concepção. Outra visão, derivada da probabilidade, soma à lógica a noção de incerteza, tão importante para uma ação inteligente. Por fim, a visão da Economia que soma os ingredientes dos valores e preferências e conduz a uma teoria da utilidade.

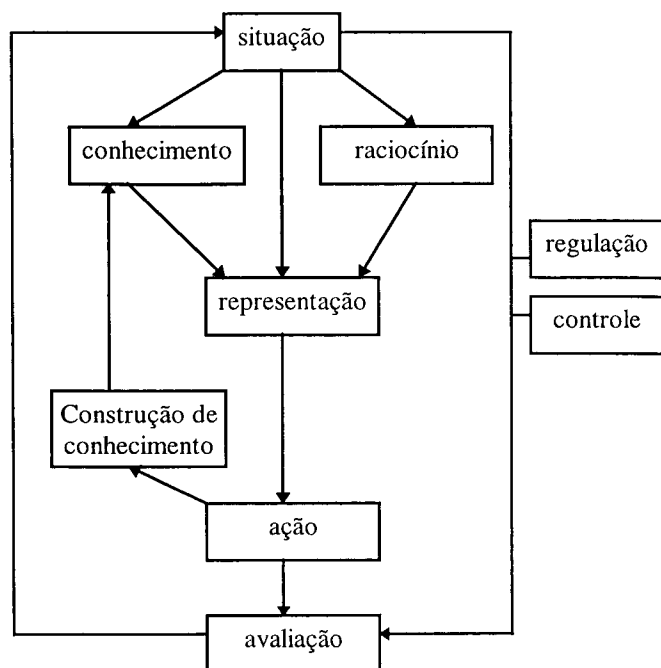
Existem disciplinas que buscam explicar melhor o fenômeno da inteligência humana, entre elas a psicologia e a ergonomia cognitivas. Aquela é mais geral e trata da relação do homem com o mundo; esta é mais específica e trata da relação do homem com o trabalho, sua consciência e autoconsciência, e seus esquemas de ação sobre o mundo<sup>70</sup>. Esta discussão se situa neste plano. O homem constrói um modelo cognitivo que abrange estados e regras de representação, regras de ação e controle. A conclusão é que o homem é pouco

---

<sup>69</sup> COELHO, Helder. Sonho e razão: ao lado do artificial, reflexões pessoais sobre agentes inteligentes. 1996.

<sup>70</sup> PIAGET, Jean. Epistemologia genética. 1990.

consciente e possui níveis de consciência determinados pelo fato de que essa consciência advém da relação mente, corpo e ambiente.



**Figura 1 - Esquema cognitivo de ação do homem no mundo<sup>71</sup>**

O interessante é que o interesse da ergonomia cognitiva não está nas respostas certas mas em todas as respostas, especialmente naquelas que fogem do padrão lógico, para encontrar as regras de comportamento. Verificou-se que para compreender é necessário construir (construtivismo) uma estrutura conceitual, uma representação, indo do particular para o geral, ao contrário do agir, que segue a direção oposta, do

geral para o particular, ou seja, do modelo construído para situações concretas. Importante, então, é essa modelagem, essa montagem de um mecanismo de representação, nem tanto aquela que visa regularidades, padrões e médias (análise, *top down*), mas aquela que parte da exceção, de cada instância (síntese, *bottom up*).

Com certeza, a inteligência humana não é computacional e precisa, mas é eficiente porque reduz o custo da transação ao agir no mundo definindo um grau apropriado de imprecisão da informação, contrapondo os custos de sua aquisição e compreensão com o seu grau de imprecisão. Isto quer dizer que o ser humano ao agir, na maioria das situações, não necessita de informação completa. Consegue definir regras discricionárias, porém não absolutas, diante de uma situação de

<sup>71</sup> RICHARD, Jean-François. As Atividades Mentais. 1990.

imprecisão não alta. Isto evita o custo da busca de precisão, de conhecer todas as variáveis envolvidas, coisa que o cérebro é incapaz. É mais econômico.

Desta compreensão fica claro que o maior ou menor grau de precisão / imprecisão determinam um custo, que deve ser avaliado computacionalmente. Um sistema computacional pode ser capaz de raciocinar e resolver problemas a partir de informações incompletas, porém o custo disto deve ser avaliado para que o projeto não se inviabilize, seja do ponto de vista econômico ou mesmo computacional.

Finalmente, para um agente ser considerado inteligente ele deve perfazer alguns atributos:

1. aprender;
2. reagir (resolver problemas);
3. planejar (articular ações) e prever conseqüências;
4. perceber fatos ambíguos;
5. ter criatividade;
6. ter capacidade de comunicação (uso da linguagem natural ou de interfaces fáceis de manejar).

Se é possível definir a essência da inteligência esta seria agir apropriadamente na busca de uma solução:

*The essence of intelligence is to act appropriately when there is no simple pre-definition of the problem or the space of states in which to search for a solution.*<sup>72</sup>

Por fim, é possível afirmar que as funções básicas de um sistema de representação do conhecimento são a aquisição de conhecimento, a percepção e o planejamento da ação. A **aquisição de conhecimento** visa capturar generalizações das experiências, desenvolvendo regras, estruturando um sistema representacional e adquirindo conhecimento dinamicamente. A **percepção** tem a função de pesquisar em determinado espaço de procura sem inviabilizar o processo de busca.

Objetiva caracterizar a situação e tratar dos erros. O **planejamento** da ação define como estruturar um plano até o sucesso, como replanejar expectativas e objetivos já definidos e trabalhar com objetivos múltiplos.

---

<sup>72</sup> WINOGRAD, Terry. Understanding computers and cognition, a new foundation for design. 1986.

## 2. ARTIFICIALIDADES DA INTELIGÊNCIA

### 2.1 Inteligência artificial

#### 2.1.1 Breve histórico

Existem várias definições de IA nas quais o atributo da inteligência humana é referência básica: ciência de construção de máquinas que fazem coisas que requereriam inteligência, caso fossem feitas por homens<sup>73</sup>; estudo que busca simular processos inteligentes em máquinas ou que tenta fazer com que os computadores realizem tarefas em que, no momento, as pessoas são melhores<sup>74</sup>. É a ciência do conhecimento que busca a melhor forma de representá-lo como também é a ciência que estuda o raciocínio e os processos de aprendizagem em máquinas.

Como definir uma fronteira aproximada para o conceito de IA? E sua data de nascimento? Talvez o crédito do surgimento da IA deva ser dado a TURING, pioneiro em armazenar programas<sup>75</sup> em computadores.<sup>76</sup> TURING descobriu que programas poderiam ser armazenados como dados na memória dos computadores e executados a seguir, formando a base dos computadores modernos, capazes de mudar sua própria atuação, diferentemente dos primeiros computadores, máquinas dedicadas, que, literalmente, precisavam ser recarregadas para resolver diferentes problemas. Dessa forma, o computador é um manipulador de estruturas simbólicas.

Passo seguinte foi tentar distinguir um programa inteligente de um que se coloca entre os tradicionais. Para isso TURING formulou um teste em que uma pessoa em uma sala está em contato apenas com dois terminais de comunicação. Tentaria ela descobrir qual dos dois terminais estaria sendo controlado por um ser humano e qual por um computador. Quando não pudesse distingui-los, aquele

---

<sup>73</sup> MINSKY, Marvin L. Semantic information processing. 1968.

<sup>74</sup> RICH, E., KNIGHT, K. Artificial Intelligence, 1991.

<sup>75</sup> O programa é constituído de um algoritmo, no qual o programador deve colocar todos os passos que o programa deve executar, e de uma grande massa de dados.

computador seria considerado inteligente. Ora, este teste foi refeito no início da década de 90 e o resultado foi de decepcionar. A conclusão foi a de que é mais fácil dar com um humano estúpido do que com máquinas inteligentes. Para não cair nesta armadilha seria necessário um teste que evitasse a contingência do diálogo, da simbologia, das perguntas e das respostas. Contudo, este teste universal ainda não existe.

A disciplina, no sentido de ciência, que estuda a emulação do comportamento e inteligência humanos através de máquinas, passa a ser denominada IA. A utilização deste termo pela primeira vez é atribuída a John MCCARTHY em 1956. Na falta de um termo melhor este continua sendo adotado, mas não sem a crítica ou desconforto de alguns. *Não se trata de construir máquinas inteligentes mas máquinas não estúpidas. Da mesma forma não é o caso de se falar em agentes mas de componentes inteligentes, nem do método gerar e adaptar mas de selecionar e adaptar*<sup>77</sup>.

É a partir da metade dos anos 50, quando pesquisadores introduziram os primeiros conceitos de redes neurais artificiais, que se tem procurado emular o comportamento inteligente humano, através de máquinas. Também, por volta de 1950 John MCCARTHY criou o **Lisp**, a primeira linguagem voltada para a pesquisa em IA. Outra linguagem importante no desenvolvimento da IA foi o **Prolog** (ver página 62) criada em 1972 por Alain COLMERAUER em Marselha.

A IA é uma disciplina, eminentemente, interdisciplinar. Exemplo disto são a **ciência da computação** e a **ciência cognitiva** (psicologia). Nesta última os computadores são usados como ferramenta para modelar e compreender a inteligência humana, enquanto que em ciência da computação, o objetivo é fazer com que os computadores exibam mais inteligência. A partir de pontos de vista

---

<sup>76</sup> TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. s/d.

<sup>77</sup> RIESBECK, Chistopher K. What next? The future of case-based reasoning in post-modern AI. s/d.

diferentes pesquisadores das duas áreas têm trocado experiências e patrocinado avanço considerado nas pesquisas de IA.

Com a popularização e o rápido avanço tecnológico dos computadores e das linguagens de programação, a tarefa de emular a inteligência humana tem se tornado menos difícil, contudo, os computadores ainda são lentos. Nenhum computador é rápido o suficiente para superar a explosão combinatória gerada pela necessidade de explorar um grande número de caminhos de solução e depois, escolher o melhor. Hoje, uma técnica que supera relativamente o problema é o processamento em paralelo, fórmula de processamento em que os dados são processados em grupo, diferentemente do método adotado pela maioria dos computadores atuais, cujo processamento é feito seqüencialmente, *bit a bit* ou linearmente (gargalo de Von Newmann).

Se esta é uma preocupação com o modelo de processamento físico do conhecimento, a grande questão fica ainda com a modelagem lógica do mesmo. Nesta trilha, muitos esforços estão sendo canalizados em volta do agente inteligente, num universo de múltiplos agentes interagindo num ambiente complexo. Pretende-se obter uma melhor compreensão da estrutura interna de um agente, seus estados mentais (conceito que vai além dos processos e funções), que permitem interagir eficazmente com outros agentes. Desde 1990 a IA se normalizou em torno desse modelo computacional de um agente humano ativo, colocado em ambientes realistas<sup>78</sup>. Esse modelo consta de 3 partes, a mente, os órgãos sensoriais e os atuadores.

Um agente pode ser definido como uma entidade integrada que envolve um sistema de computador e seus usuários, em que a interação entre agentes e usuários é mais que a simples troca de mensagens mas verdadeiros processos

---

<sup>78</sup> COELHO, Helder. Sonho e razão: ao lado do artificial, reflexões pessoais sobre agentes inteligentes. 1996.



orientados a tarefas, de forma independente e local<sup>79</sup>. Para tanto os agentes devem ser capazes de realizar uma série de ações:

1. autonomia: o agente opera sem a intervenção direta do usuário ou de outros agentes, e tem algum tipo de controle sobre as suas ações e sobre o seu estado interno;
2. habilidade social: o agente interage com outros agentes através de algum tipo de linguagem de comunicação;
3. reatividade: o agente percebe o ambiente ao seu redor e responde oportunamente às mudanças que acontecem;
4. Proatividade: o agente não só age em resposta ao ambiente, mas toma a iniciativa tendo em vista um objetivo.

A IA é uma ciência experimental, que envolve o estudo da representação do conhecimento (cognição), raciocínio e aprendizagem, percepção dos problemas e ação ou solução dos mesmos, nos seres humanos e nas máquinas. Neste sentido realizam-se projetos, aplicações e avaliações de sistemas inteligentes e ainda a análise de tarefas e de domínios de problemas geralmente mal estruturados e ricos em conhecimento não quantitativos.

---

<sup>79</sup> Um exemplo de agente simples são formigas que tem por objetivo comer o máximo possível e o mais próximo do ninho. Fica claro nesta situação a delimitação de um ambiente e de tarefas ou objetivos a ser realizados.

<b>Programação IA</b>	<b>programação convencional</b>
busca heurística	busca por algoritmo
controle implícito	controle explícito
conhecimento explícito	conhecimento implícito
fácil modificação	difícil modificar
respostas satisfatórias	respostas corretas

**Tabela 2 - Comparação entre modelos de programação<sup>80</sup>**

A história da IA se confunde com a própria história da **computação convencional**, diferenciando-se no fato de sempre abrir caminho em áreas em que a programação convencional procura não se aventurar inicialmente. Quando, porém, as técnicas ou ferramentas da IA tornam-se úteis

para além do mundo acadêmico, boa parte delas deixam de serem consideradas técnicas de IA. Exemplo disso foi a programação orientada a objetos. Além do mais, só nos últimos anos a IA tem adquirido *status* de disciplina de interesse geral e não apenas acadêmico.

Efetivamente, existem diferenças entre as duas formas de computação e basicamente a IA está intimamente ligada à forma declarativa e não procedimental de representar o conhecimento. Já o paradigma de programação convencional está orientado ao processamento numérico e procedimental.

### 2.1.2 Aprendizagem, raciocínio e representação do conhecimento

Dependendo do tipo de sistema há uma preocupação maior com uma das três áreas gerais da IA: representação do conhecimento, raciocínio e aprendizagem<sup>81</sup>.

Dentre os sistemas que mais se caracterizam pela implementação da **aprendizagem** em máquina estão as redes neuronais, os algoritmos genéticos, os algoritmos indutivos e analíticos e os Sistemas de Raciocínio Baseado em Casos. Isto não quer dizer que os outros modelos não possam ter capacidade de aprendizagem, mas estão mais próximos a modelos de representação do conhecimento ou de raciocínio.

<sup>80</sup> WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. 1986.

<sup>81</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial: algumas questões metodológicas. 1995.

De uma forma geral, a aprendizagem é a capacidade que um agente ou sistema tem de melhorar o seu desempenho (D) em uma classe de tarefas (T) como resultado da experiência (P). É o caso de um sistema de concessão de crédito bancário em que T é conceder crédito, D o percentual de falhas ao atribuir crédito corretamente e P as centenas de processos de concessão de crédito com o resultado conhecido<sup>82</sup>. O problema da aprendizagem envolve uma série de conceitos tais como: exemplo de treino (E); uma teoria sobre o domínio explicativo dos exemplos (T); conceito alvo (C); hipóteses (H). Dessa forma o processo de aprendizagem seria determinar as hipóteses pertencentes a H para descrever C, consistentes com E e T.

Mais sofisticados são os sistemas de Raciocínio Baseado em Casos (ver página 114), uma das técnicas de mais fácil implantação de aprendizagem. É ela que faz melhorar o desempenho, aumentar a robustez e eficiência do sistema, aprendendo novas regras e gerando novas soluções. Em Raciocínio Baseado em Casos, fala-se até em algo além da aprendizagem, em criatividade<sup>83</sup>.

A ação de conhecer exige dois movimentos, seguindo o modelo cognitivo: uma representação simbólica do objeto conhecido e uma inferência sobre ele, um **raciocínio**. Este é um processo de entendimento do mundo em que é utilizado um conjunto definido de regras (processos estruturados) sobre um conhecimento específico e não necessariamente estruturado. Dessa forma, raciocinar é fazer transformações (julgamentos, reconhecimentos) de informações, é definir uma procura num espaço de estados. *É o processo de trabalhar com conhecimento, fatos, e estratégias de solução de problemas para inferir conclusões*<sup>84</sup>. O veículo desse processo é a linguagem.

Quando há a produção de um determinado conhecimento, certo ou incerto, mas sobre ele não recai regra alguma de manipulação, diz-se que o

---

<sup>82</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. 1995.

<sup>83</sup> WEBER, Rosina. Pesquisa jurisprudencial inteligente. 1998.

<sup>84</sup> DURKIN, John. Expert systems - design and development. 1994. p 91.

procedimento foi intuitivo. Isso significa que nem tudo é demonstrável e que por isto nem sempre há raciocínio. Porém, como os termos nem sempre são bem usados, existe o chamado raciocínio do **senso comum** que não é demonstrável através de regras mas de heurísticas (ver página 36) não especializadas. Este é construído através do acúmulo de experiências na solução de determinados problemas. No momento em que se depara com estes novamente a solução é rapidamente derivada, sem se utilizar nenhuma lógica mas apenas o bom julgamento de sempre.

Entre os demonstráveis estão os raciocínios dedutivo, indutivo e abduativo. O **dedutivo** (válido) ocorre quando é logicamente impossível que sua conclusão seja falsa enquanto suas premissas são verdadeiras, o que determina que sua inferência parte do genérico para o específico ( $p \rightarrow q$ , é dado  $p$ , conclui-se  $q$ ). Possui a vantagem de ser lógico e claro. A desvantagem está na dificuldade de encontrar regras gerais e ter pouca flexibilidade.

O **indutivo** ocorre quando é logicamente possível que sua conclusão seja falsa na medida em que há fatos não considerados entre as suas premissas (ditas verdadeiras). Sua inferência parte do específico para o genérico. Pode ser de dois tipos, caso pressuponham (humeano<sup>85</sup>) ou não que o universo ou parte dele é provavelmente uniforme ou uma lei. Exemplo deste último é o **estatístico**, cujas conclusões são baseadas unicamente nos valores matemáticos adicionados às premissas. Exemplo do tipo humeano é o **analógico**, no qual dado um problema em que se desconhece a solução, procura-se em um outro domínio os procedimentos já conhecidos para encontrá-la<sup>86</sup>.

Por fim, há o raciocínio **abduativo** em que é possível fazer uma inferência plausível, mas não necessariamente certa e perfeita ( $p \rightarrow q$ , é dado  $q$ , conclui-se  $p$ ). Conhece-se uma situação inicial que unida a uma teoria permite

---

<sup>85</sup> Em homenagem ao filósofo escocês David HUME, o primeiro a estudar o tema.

<sup>86</sup> Um objeto X tem as propriedades F1, F2, Fn em comum com o objeto Y. Além disso, tem a propriedade G. Conclui-se que Y também tem aquela propriedade.

concluir algo, o que ajuda a reduzir o espaço de busca. Contudo, não é um argumento dedutivo válido.

A terceira grande área da IA é a **representação do conhecimento**. Para construir sistemas inteligentes são feitas determinadas escolhas de modelação, sejam elas ontológicas (fonte, alcance, orientação, nível, resolução), de comportamento (precisão, incerteza) e principalmente, de representação (equações, associações, procedimentos). Exemplos de Sistemas Baseados em Conhecimento são os Sistemas Especialistas e os Sistemas de Raciocínio Baseado em Casos, na medida em que possuem tecnologia de representação declarativa do conhecimento, própria da IA.

### 2.1.2.1 Conhecimento declarativo e procedimental

O conhecimento, em termos da sua forma de expressão<sup>87</sup>, ou é **procedimental**, na medida em que se refere ao conhecimento de como se fazer alguma coisa; ou **declarativo**, quando refere-se à verdade ou falsidade de alguma coisa ou **tácito**, quando não pode ser expresso em palavras (conhecimento inconsciente). A maior parte do conhecimento humano é declarativo, expresso em forma de sentenças, como por exemplo, *todo homem é mortal*. Pode-se normalmente descrever o conhecimento declarativo, enquanto que o conhecimento procedimental é raramente acessível. Ao tácito, não há acesso algum.

Na representação declarativa do conhecimento a ordem de execução das regras não tem importância. Entretanto, a busca da solução de um problema deve pressupor alguma heurística de execução destas regras, o que leva a algum tipo de controle na execução das mesmas. Esta execução expressa um conhecimento procedimental.

Se para o ser humano é mais fácil trabalhar com o conhecimento declarativo, para a máquina é o inverso, tanto que toda história da programação de

---

<sup>87</sup> GIARRATANO, J. Expert System - Principles and Programing. 1989.

máquinas e dos computadores é marcada por métodos procedimentais. A IA, ao contrário, está mais ligada ao conhecimento declarativo.

Em uma representação declarativa, o conhecimento compreende tipicamente um conjunto de fatos estático, acompanhado por um pequeno conjunto de procedimentos para manipulá-los. Substitui-se a descrição de processos pela representação de estados. Em uma representação procedimental, leva-se em conta o contexto. O conhecimento é embutido em procedimentos determinísticos, em algoritmos computacionais. Os procedimentos capturam o conhecimento sobre os modos de proceder (como fazer) em situações bem especificadas (por exemplo, como atingir um certo objetivo, como resolver um problema), em contraste com a lógica, por exemplo, que possui a capacidade de descrever o problema (o que).

<b>passos</b>	<b>procedimentos</b>	<b>subprocedimentos</b>
1	Forme uma fila de um elemento consistindo do nó raiz.	
2	Até que a fila esteja vazia ou o objetivo seja atingido, determine se o primeiro elemento na fila é o nó objetivo.	a) se o primeiro elemento é o nó objetivo, não faça nada b) senão, remova-o e coloque o primeiro elemento filho, se existir algum, na cabeça da fila.
3	Se o nó objetivo for encontrado, anuncie o sucesso; caso contrário anuncie o insucesso.	

**Tabela 3 - Procedimento de procura primeiro em profundidade**

No paradigma procedimental a informação de controle é apresentada de modo mais direto, isto é, descrito de forma explícita, buscando eficiência de execução. Em consequência disto é impossível compreender o tipo de conhecimento dentro de cada procedimento. Dessa forma, uma base de conhecimentos é uma coleção de agentes ativos. É adequado para situações em que existam estados e transformações ou transições (componentes) legais entre eles.

O exemplo mais preciso de uso de procedimentos são os programas e por conseguinte, as **linguagens de programação**. Em essência são formadas por

determinado conjunto de símbolos, termos e funções, bem como as regras de como ordenar tais elementos que permitem organizar uma variada série de instruções para o computador. Diferentemente da linguagem de máquina, constituída apenas de zeros e uns, são linguagens mais próximas da linguagem humana, ou seja, com sintaxe mais próxima da língua natural, assim chamadas de linguagem de alto nível ou de quarta geração e que podem ser utilizadas em tipos diferentes de computador, apresentando ao usuário comandos bastante amigáveis, graças à tecnologia usada em sua retaguarda.

Há uma grande variedade de instrumentos para facilitarem a codificação, denominados por linguagens de representação do conhecimento. Qualquer sistema de representação tem pelo menos uma linguagem e pode suportar técnicas de análise diferentes. Por detrás do sistema esconde-se uma ontologia e um esquema de representação.

Além disso, boa parte dos sistemas são escritos com predicados gordos, e assim exigem o uso de um idioma privado. Ora, um idioma privado só é problemático se é logicamente privado<sup>88</sup>; se é compartilhado, ou pode ser compartilhado, por uma comunidade não há nenhum dano e possui a vantagem de responder a necessidades específicas. Sistemas raramente são construídos por um indivíduo. Para um sistema de tamanho razoável é preciso de um time, de uma disciplina e coordenação e isto requer a formação de um vocabulário inevitavelmente mais específico. Naturalmente, por trás de qualquer idioma há uma linguagem de programação.

Exemplo clássico de linguagem utilizada na IA é o **prolog** (*programação lógica*). É uma linguagem de regras de produção em que os programas são escritos como regras para provar relações entre objetos. Nasceu como um provador de teoremas. Uma programação lógica feita de modo explícito

---

<sup>88</sup> WITTGENSTEIN, Ludwig. Tractatus logico-philosophicus. 1994.

trabalha com uma coleção de *sentenças de Horn*<sup>89</sup>, o que não é o caso da programação feita em prolog, que é implícita. Implicitamente os termos são diferentes ( $x \neq y \neq z$ ) e há a suposição de um mundo fechado no qual o que não se pode deduzir, nega-se, falha. Exige um esquema de representação rigidamente formal sob a forma da lógica de predicados de primeira ordem com dispositivo de recursividade, isto é, dados certos elementos primitivos, recorre-se a estes para com eles construir outros axiomas. Diferentemente do **Lisp**, do inglês *list processing language*, que é uma linguagem caracterizada pelo processamento de listas e muito ligada à IA, continha um banco de dados intrínseco e rotinas de retrocesso, sendo ambos necessários para a solução de problemas na IA. Em seu esquema de representação, a regra geral é definir inicialmente os fatos, *inteligentes(advogados)*, e em seguida as regras, *gostar(pessoas, x) - inteligentes(x)*.

---

<sup>89</sup> As sentenças de Horn são uma notável extensão da lógica de predicados marcadas pela simplicidade em sua construção. São da forma 'A se B0 e... Bn onde  $n \geq 0$ '. Consiste numa única conclusão A e num número qualquer de condições (B0, B1,...Bn). Um exemplo clássico é a sentença 'X é o pai de Y se X é um dos pais de Y e X é masculino'. Uma conclusão e duas condições. Premissas que expressam fatos como 'X é masculino' são cláusulas com uma conclusão e nenhuma condição.



<b>Modelo</b>	Lógico	Estrutural	Procedimental
<b>paradigmas de programação</b>	programação lógica, programação funcional	programação orientada por objetos	programação orientada por procedimentos
<b>capacidade</b>	de definição	computacional	de composição
<b>estruturas de dados dominantes</b>	árvores e listas	redes	listas e redes
<b>visão computacional</b>	os teoremas são obtidos a partir de um conjunto de axiomas usando um conjunto de mecanismos físicos e genéricos	os fatos (objetos e relações) são obtidos a partir de constructos (unidades) semânticos instanciados através de regras predefinidas	a utilização do conhecimento atingida através da reação perante uma dada situação e da obtenção dos resultados relevantes
<b>instrumentos de programação</b>	Prolog, Lisp, LOOPS	OPSS, OWL, NETL, KRL, KLONE, KLTWO, PSN, FRL, SMALLTALK, LOOPS	Lisp, PLANNER, CONNIVER, CSP, SMALLTALK, POP-2, ACTORS, Prolog, LOOPS

**Tabela 4 - Características dos modelos lógico, estrutural e procedimental<sup>90</sup>**

Note-se que a pura distinção entre sistemas declarativos e procedimentais não consegue refletir bem a diversidade das formas de representação do conhecimento na IA. Há modelos mais ou menos declarativos que se encaixam em formas estruturais de representação e pertencem à IA. Por isso, a variedade destes sistemas de representação do conhecimento, propostos nas últimas três décadas, permite uma organização em três grandes paradigmas<sup>91</sup>: o lógico, o estrutural e o procedimental. O paradigma estrutural será mais à frente desenvolvido.

<sup>90</sup> COELHO, Helder. How to solve it in Prolog. 1985.

<sup>91</sup> COELHO, Helder. How to solve it in Prolog. 1985.

Algumas das linguagens de programação (ver Tabela 4) não são puras. Por exemplo, a linguagem Prolog pode ser inscrita nos paradigmas lógico (paradigma dominante) e procedimental, e o mesmo ocorre com o Lisp. A linguagem SMALLTALK está associada aos paradigmas estrutural e procedimental, e a linguagem LOOPS a todos.

Há várias **vantagens da forma declarativa**. Uma é que as sentenças declarativas são muito mais fáceis de se ler do que programas, especialmente se referindo a não especialistas. A linguagem natural é primariamente declarativa e a usual maneira de se dar alguma informação, para outra pessoa, é separando-a em sentenças. Uma sentença envolvendo diversas variáveis necessita somente ser escrita uma vez em uma forma declarativa (economia), e pode ser usada em diferentes maneiras sobre diferentes ocasiões, de acordo com o que se deseja (flexibilidade). Por outro lado, uma forma procedimental deve ser repetida em todo procedimento que use determinada informação. Um exemplo de WINOGRAD é bastante ilustrativo<sup>92</sup>: a sentença *todos os advogados de Chicago são inteligentes* em uma representação procedimental teria que ser representada diferentemente para cada uma destas deduções. Cada dedução teria uma forma específica como: se você encontrar alguém que é advogado, verifique se ele é de Chicago, e então conclua que ele é inteligente. A lógica de predicados, por exemplo, fornece uma representação declarativa simples para esta sentença:  $\forall x (CHICAGOx \ \& \ AVOGADOx \rightarrow INTELIGENTEx)$ . A estrutura declarativa é mais fácil para ser modificada e novas sentenças podem ser adicionadas mais facilmente. Isto é particularmente importante para a evolução do sistema e para dar uma habilidade de aprendizado através da experiência.

As **vantagens da forma procedimental** estão associadas com o desejo de limitar a explosão combinatória, que ocorre vulgarmente num demonstrador de teoremas, pois a procura é focalizada e pode-se modelar o conhecimento de senso

---

<sup>92</sup> BRACHMAN, Ronald J. Readings in knowledge representation. 1985.

comum. Mas, existem também inconvenientes, tais como o conjunto das regras dedutivas depender do domínio de intervenção e existem dificuldades em verificar e mudar os procedimentos. O meta-conhecimento é mais facilmente expresso de forma procedimental, pois o seu uso requer o acesso a profundas estruturas de computação. Muitas coisas do mundo conhecido são vistas como procedimento, e é difícil descrevê-las de uma forma puramente declarativa. Isto se aplica principalmente aos processos dedutivos.

Foi afirmado acima que basicamente a IA está intimamente ligada à forma declarativa de representação do conhecimento e a programação convencional está orientado ao processamento numérico e procedimental. A partir desta distinção os vários esquemas de representação podem ser arrumados ao longo de um eixo que permite a sua classificação quanto à sua natureza procedimental ou declarativa. Partindo de modelos mais procedimentais fechados para modelos mais declarativos abertos (da esquerda para a direita) segue uma seqüência: **autômato finito, programas, script, redes semânticas, frames<sup>93</sup>, representações isomórficas** (icônicas ou analógicas), **grafo<sup>94</sup>, árvores de decisão<sup>95</sup>, representações matemáticas, lógica, regras de produção, mapas cognitivos, frases em português.**

---

<sup>93</sup> Termo traduzido em COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. 1995 por enquadramentos ou quadros e de ora em diante utilizados.

<sup>94</sup> Também é chamado de tábua de transição de estados. É um esquema de representação que descreve implicitamente todas as ações possíveis (enumeração de arranjos) de uma máquina seqüencial dentro de um espaço de estados e pode assim representar qualquer procedimento algorítmico numa estrutura de dados compacta. Nada mais é do que conjuntos de vértices (peças) e de arestas (indicam que há vizinhança) cujo único critério verificador é a vizinhança, que descarta os grafos que não respondem as condições de adjacência. Bom para problema simples tendo em vista seu grau de determinismo.

<sup>95</sup> Cada nó representando um estado está ligado a um ou mais estados sucessores de forma a representar explicitamente a seqüência de todos os lances possíveis num jogo ou os pontos de decisão no curso para uma decisão final.

### 2.1.3 Metodologia e tarefas da IA

O método básico da engenharia do conhecimento, isto é, da programação com técnicas de IA e que torna esse modelo particular, é focar um domínio específico e olhar para os objetos desse domínio e as suas relações. Os Sistemas Especialistas são um exemplo paradigmático dessa estratégia, principalmente quanto à definição de um domínio de conhecimento bem específico. Em termos práticos essa metodologia se expressa em fases de trabalho:

1. Decidir sobre o domínio;
2. escolher o vocabulário dos predicados, funções e constantes: traduzir os conceitos importantes do domínio em nomes do nível lógico; fazer a Ontologia, ou seja, o vocabulário dos componentes, processos e restrições. É a teoria particular da natureza do ser e do existir;
3. codificar o conhecimento geral do domínio;
4. codificar uma descrição da instância particular do problema, e
5. colocar questões à máquina de inferência e obter respostas.

Há os métodos genéricos, que não dependem do domínio de conhecimento em que se realiza a construção de determinado modelo. Alguns exemplos: método de decomposição (dividir e conquistar, refinamento), de solução e de pesquisa. Da mesma forma os modelos genéricos que tratam da mesma maneira mundos diferentes, diferenciando-se entre si pelas tarefas que cada um procura realizar. Estas tarefas também são consideradas genéricas porque ocorrem nesses diferentes domínios além de que suas estruturas permitem demonstrar que podem ser decompostas em outras. Exemplo é a tarefa de projeto (especificação, seleção e configuração).

<b>Tarefas</b>	<b>modelo</b>
Classificação	Classificatório
Configuração ou montagens de componentes	De conexão
Descrição	Descritivo
Especificação	Funcional
<i>Layout</i>	Espacial
Planejamento e projeto (síntese)	Temporal
Predição ou previsão	Comportamental
Prescrição	Prescritivo
Seleção	Componentes

**Tabela 5 - Relação entre tarefas e modelos**

### 2.1.3.1 Resolução de problemas

Desde o início da informática que o computador permite a programação de algoritmos específicos recorrendo a linguagens de programação. Por volta do final dos anos 50 procurou-se encontrar

métodos gerais de composição de algoritmos que permitissem resolver um problema reduzindo-o aos seus subproblemas. Esta pesquisa notabilizou-se com o nome de GPS ou resolução de problemas gerais<sup>96</sup>. Os métodos gerais de resolução são importantes porque constituem técnicas de uso freqüente na programação de atividades complexas. Podem ser incorporados nas linguagens de programação para uso geral, muito além da IA, ajudando o programador a sistematizar a programação.

Recorreu-se à lógica, em virtude da sua capacidade para suportar a demonstração de novos teoremas a partir de teoremas já conhecidos, e por composição lógica destes. Começou-se por tentar automatizar o raciocínio lógico. No entanto, a lógica nada diz sobre a sua utilização dinâmica, sobre as estratégias a empregar; diz apenas o que é permitido, mas não como usar o que é permitido.

---

<sup>96</sup> NEWELL, A. Report on a general problem-solving program. 1959.

etapas	procedimentos
1	Negar o teorema a demonstrar e adicionar o resultado à lista de axiomas.
2	Pôr a lista de axiomas na forma clausal.
3	Até que a cláusula vazia seja produzida ou não exista um par de cláusulas resolventes, encontrar e resolver as cláusulas resolventes, e adicionar o resultado à lista de cláusulas.
4	Se a cláusula vazia for produzida, informar que o teorema é verdadeiro. Se não existirem cláusulas resolventes, informar que o teorema é falso.

**Tabela 6 - Princípio da resolução em lógica**

Desenvolveram-se então métodos gerais de resolução de problemas com a utilização dinâmica da lógica. Essas estratégias de resolução resolvem problemas através da procura de uma solução (baseados na procura) num espaço das soluções possíveis, procurando reduzir os problemas a subproblemas, de tal modo que as soluções de algum subconjunto particular dos subproblemas implicará uma solução para o problema original. O processo sistemático de decompor um problema em subproblemas conduz aos problemas primitivos para os quais as soluções são triviais<sup>97</sup> e a especificação do controle da execução é desnecessária.

Dessa forma, é possível distinguir duas grandes áreas de problemas para cujas soluções estão relacionadas tarefas bem específicas (Ver Tabela 5). A

<sup>97</sup> Exemplo clássico é a resolução do quebra-cabeças *Torre de Hanoi*. Existem três hastes e três discos com dimensões diferentes. Os discos têm um buraco no centro, de modo a serem arrumados nas hastes. Inicialmente, todos os discos estão na haste A. O disco maior c está em baixo, e o disco menor a em cima. Deseja-se transferir todos os discos para a haste C, movendo um disco de cada vez. Somente o disco de cima, numa haste, pode ser movido, o qual nunca pode ser colocado por cima de um disco menor. Sugere-se o recurso à haste B como entreposto. Um modo de seguir a via da redução de problemas envolve a seguinte cadeia de raciocínios: 1. Para mover todos os discos para a haste C, devemos transferir o disco c para lá, e a haste C deve estar vazia antes dessa transferência. 2. Olhando para a configuração inicial não podemos mover o disco c para qualquer haste antes de termos primeiramente removido os discos a e b. Além disso, os discos a e b não devem ser transferidos para a haste C, pois então não seríamos capazes de mover o disco c para lá. Assim, devemos mover os discos a e b para a haste B.

primeira referencia as tarefas do tipo analíticas, como o diagnóstico, a classificação e o controle, cujas ações são uma forma de interpretação que parte da estrutura para características do sistema. O diagnóstico abstrai, adequa e refina os sintomas, as hipóteses ou os dados que são os resultados da análise. Em consequência, os problemas são bem delimitados.

Já aos problemas de síntese estão vinculadas as tarefas de projeto e planejamento. Um plano nada mais é do que um curso ou seqüência de ações e sua construção é uma síntese. Nesse processo devem ser definidos os objetivos (a seleção dos objetivos adequados é a própria tarefa do planejamento), as ações, os estados iniciais e finais (representação do conhecimento), bem como o raciocínio temporal, ou seja, a forma de pensar ao longo do tempo e o manuseio de expressões temporais, de uma série de ações que transformam um dado estado inicial num estado final. Para tanto é necessário a capacidade de estabelecer uma relação temporal entre os dois estados, isto é, de um controle de parâmetros tendo em vista o planejamento de um objetivo definido.

<b>TAREFAS</b>	<b>SUB-ÁREAS</b>
ordinárias	- Percepção: visão, fala - Linguagem natural: compreensão, geração de som, translação; - Raciocínio de senso comum, isto é, resolução de problemas gerais ( <i>General Problem Solver - GPS</i> ); - Controle de robôs
formais	- Jogos: xadrez, gamão; - Matemática: geometria, lógica, cálculo integral, prova de teoremas.
Especializa das	- Engenharia; - Análise científica; - Diagnóstico médico; - Análise financeira

**Tabela 7 - Tarefas e sub-áreas da IA**

As tarefas de planejamento estão relacionadas à articulação de ações futuras diante de uma série de opções presentes e à previsão de consequências. Isto envolve a ordenação de etapas, ao contrário da tarefa de projetar que pode não

exigi-la desde que atenda às restrições de cada parte do projeto. As regras de transformação, que são regras de projeto, atuam sobre estados (conglomerado de padrões) na direção de um dado objetivo adequado<sup>98</sup>.

Geralmente planejamento e projeto vem juntos, ou seja, se complementam. A dificuldade dessas tarefas está em que os objetivos e os estados não são expressos claramente pelo especialista. Há apenas objetivos implícitos.

## **2.2 Modelos lógicos**

### **2.2.1 Lógica clássica**

A lógica é um instrumento poderoso para auxiliar na construção de sistemas inteligentes. Fornece uma precisa e abstrata, mas natural maneira de representar o conhecimento, principalmente através de suas regras de inferências. Ou seja, a lógica consegue representar o conhecimento mantendo proximidade com a linguagem natural, o que é considerado um ponto positivo. Apresenta uma clara interpretação (modelo) eliminando as ambigüidades das sentenças. Dependendo do problema ou do domínio a ser representado a lógica pode ser a técnica mais indicada. Contudo, não existe uma forma de representação perfeita. Para estar alerta a essas situações é fundamental conhecer minimamente o modelo lógico, que a seguir será apresentado sucintamente.

A lógica, considerada hoje parte da matemática, é uma ciência formal e constitui-se essencialmente em um sistema de regras de inferência e um conjunto de conceitos que vão formar um específico sistema lógico. De outra forma, a lógica é a ciência das formas válidas de inferência, processo pelo qual se extrai a

---

<sup>98</sup> Um rápido exemplo de execução de uma tarefa de planejamento é a distribuição de mercadorias compradas num supermercado entre sacos disponíveis, observando-se alguns limites predefinidos. Em termos de representação ter-se-ia os conceitos a) capacidade dos sacos, b) tamanho das mercadorias, c) número de mercadorias, d) carga atual, e) compras a embalar. Além desses conceitos há os objetos a) saco, b) compra, c) saco atual e os fatos a) saco atual cheio, b) empacotamento pronto, c) embalar novo saco. Em termos de representação em regras poder-se-ia ter as regras a) trocar saco ou saco cheio, b) embalar novo saco, c) empacotamento pronto.



conclusão de premissas. A lógica é bem adequada para situações em que o raciocínio tem uma importância fundamental.

O conhecimento é descrito de modo formal através de asserções postuladas como verdadeiras ou falsas. Possui uma semântica bem definida, bem como uma teoria de demonstração. Em contrapartida não possui nenhum modo natural para representar a informação de controle.

A partir dos estóicos e da obra de ARISTÓTELES a lógica é inaugurada e sistematizada. Tem-se aí formalizados os argumentos (grupo de proposições em que uma delas deriva das outras), os silogismos (tipo de argumento em que uma conclusão é inferida a partir de duas premissas), no sentido de constituírem modelos abstratos gerais. São, contudo, parcialmente formais, como toda lógica tradicional. Há abstração substituindo-se as constantes materiais por variáveis simbólicas, mas subsistem as constantes lógicas (termos da linguagem natural como todo, não, é, se... então, etc.), que permanecem em princípio estranhas à linguagem simbólica.

O raciocínio com estas expressões pode induzir ao erro e foi a partir desse problema que LEIBNIZ introduziu a idéia de raciocínio concebido como um cálculo e inaugurou uma lógica não apenas formal, mas formalizada. O processo de **formalização** consiste em converter uma sentença ou argumento em uma estrutura composta de letras sentenciais e operadores lógicos<sup>99</sup>. A **lógica clássica** nasce dessas contribuições e é formada pelo cálculo de predicados, pelo cálculo proposicional e pelas lógicas de ordem superior.

Em síntese, a lógica clássica trabalha com os conectivos lógicos de conjunção, negação, disjunção, implicação, equivalência; com os quantificadores todos, todo, algum, alguns, além do predicado da igualdade. Além disso se baseia nos princípios básicos da identidade, da contradição, do terceiro excluído, entre outros.

---

<sup>99</sup> NOLT, John. Lógica. 1991.

Princípio da identidade	se qualquer enunciado é verdadeiro, então ele é verdadeiro; todo objeto é idêntico a si mesmo
Princípio da contradição	Um enunciado em que as premissas se contradizem. Dele decorre a regra de inferência em que se P e não P então é possível concluir qualquer coisa.
Princípio do terceiro excluído	um enunciado ou é verdadeiro ou é falso; de duas proposições contraditórias, umas das quais é a negação da outra, uma delas é verdadeira

**Tabela 8 - Princípios da lógica clássica**

Há uma variedade de lógicas: cálculo proposicional, cálculo de predicados, lógica baseada em equações, lógica modal, lógica vaga, e lógica não monótona. Observa-se que sempre se falará em pluralidade de sistemas lógicos pois não é possível um único sistema capaz de explicar e formalizar todo um universo qualquer: sempre haverá uma forma diferente de formalizar um mundo possível. Para cada forma desta há um modelo ou uma extensão.

Um **modelo** ou **interpretação** de uma linguagem de primeira ordem tem a forma  $m = \langle d, f \rangle$  em que  $d$  é um conjunto universal, o domínio dos indivíduos, e  $f$  é uma função de interpretação que aplica símbolos e expressões da linguagem em  $d$ . Assim  $d$  pode ser: uma constante individual (elementos de  $d$ ), uma constante predicado de um lugar (subconjuntos de  $d$ ), ou uma constante predicado de  $n$  lugares (relações sobre  $d$ ). A função  $f$  dá a denotação dos termos e expressões da linguagem lógica, isto é fornece a semântica denotacional (geral), ao contrário das aplicações de bases de dados em que a interpretação é específica (particular).

obrigatório -----	O
proibido -----	V
permitido -----	P
facultado -----	F
negação -----	~
conjunção -----	&
disjunção -----	∨
implicação -----	→
equivalência -----	↔
derivação ou conclusão de um silogismo	∩
variáveis proposicionais -----	p, q, r

**Tabela 9 - Principais símbolos utilizados em modelos lógicos**

Uma **extensão** consistente de uma teoria qualquer dada por (T,A) em que T é o conjunto das frases que se sabe ser de certeza verdadeiras (teoria de base) e A é o conjunto de assunções que se gostaria de fazer acerca de um objeto num certo domínio, é qualquer subconjunto máximo de A que seja consistente com T. Uma extensão é um modo de como as coisas devem ser, dado o que já se sabe com segurança nos fatos em T.

### 2.2.1.1 Lógica Proposicional

O importante na lógica é a noção de verdade - falsidade. Quando esses valores recaem sobre sentenças ou proposições, a lógica é denominada de cálculo ou lógica proposicional. Muitas vezes também chamado de *cálculo de enunciado* ou *cálculo sentencial*. Portanto, esta lógica simbólica trabalha com variáveis lógicas (variáveis proposicionais - p, q, r) que representam proposições através de conectores interproposicionais (e, ou, se... então, não) e de regras de inferência elementares, que permite a derivação e prova dos argumentos.

A lógica proposicional preocupa-se com os argumentos constituídos por proposições compostas, cujos operadores não são unários, mas operadores binários (ligam dois enunciados para formar um enunciado composto). A conjunção une duas sentenças pelo operador *e*; a disjunção pelo *ou*; o condicional

pelo *se... então* que une o antecedente ao conseqüente; o bicondicional pelo *se e somente se ... então*.

Um argumento proposicional é válido se todas as suas instâncias forem válidas, e inválido se pelo menos uma for inválida. A validade aqui constitui-se num problema apenas sintático, gramatical. Há no entanto o âmbito semântico que leva em conta a interpretação do argumento, a correspondência dos fatos com o conteúdo enunciado, definidas a partir dos conceitos fundamentais de verdade e falsidade. Válidos são aqueles cujas conclusões não podem ser falsas se suas premissas forem verdadeiras e inválidos se houver pelo menos um único caso em que as premissas sejam verdadeiras e a conclusão falsa (nada que é falso pode ser provado; tudo o que é verdadeiro pode ser provado). Observe-se ainda que esta semântica é bivalente, ou seja, os únicos valores que se pode atribuir a um enunciado são verdadeiro e falso. Somente as lógicas heterodoxas não bivalentes escapam dessa limitação.

Exemplo desse mecanismo de validação na lógica proposicional são quatro regras para inferência de silogismos categóricos (ver pag. 76):

Se "todo S é P" é verdadeiro, então "algum S é P" é verdadeiro.

Se "algum S é P" é falso, então "todo S é P" é falso.

Se "algum S é P" é verdade, então "todo S é P" é indeterminado.

Se "todo S é P" é falso, então "algum S é não P" indeterminado.

As duas primeiras regras não oferecem problemas de compreensão e aplicação. São simples e diretas, e utilizadas a todo momento pelo senso comum. São truísmos. As últimas por serem regras de indeterminação, servem como advertência no uso de generalizações apressadas.

### 2.2.1.2 Lógica de Predicados

**Predicado** é uma palavra ou expressão que resulta em uma frase atômica simples, suplementado por um designador. Um designador é uma expressão ou palavra, cuja função é a de nomear, representar, designar um e um só

objeto ou pessoa. Em alguns casos esta função não é realizada. Eis o termo *vulcão* que os astrólogos franceses designavam como sendo o oitavo planeta que não existe. Usaram o nome com o propósito de designar, mas não designa nada.

As fórmulas na forma causal expressam os fatos e as relações sobre os indivíduos como frases. Os indivíduos podem ser concretos (um certo triângulo) ou abstratos (o conjunto de todos os triângulos), e simples ou compostos. As relações são os atributos ou as qualidades de um grupo de indivíduos (congruência, igualdade). As variáveis existentes nos enunciados elementares permitem não só conferir a sua veracidade ou a sua falsidade perante a base de conhecimentos como um todo, mas também diferenciar certos indivíduos quando se relacionam àqueles enunciados.

O cálculo de predicados insere dois novos operadores lógicos à lógica proposicional, o quantificador universal  $\forall$  (qualquer que seja ou para todo) e o quantificador existencial  $\exists$  (existe), os quais possibilitam um sistema lógico mais abrangente. Geralmente  $x$  é o termo utilizado para designar uma variável que representa objetos individuais.

Forma do enunciado	lógica proposicional	lógica de predicados	
A	Todo S é P	$\forall x(Sx \rightarrow Px)$	para todo x, Se x é S, Então x é P
E	Nenhum S é P	$\forall x(Sx \rightarrow \sim Px)$	qualquer que seja x, se x é S, então x não é P
I	Algum S é P	$\exists x(Sx \& Px)$	pelo menos um x, x é S e x é P
O	Algum S é não P	$\exists x(Sx \& \sim Px)$	para pelo menos um x, x é S e x não é P

**Tabela 10 - As 4 formas de silogismo categórico**

Contudo, há enunciados que não contém quantificadores, do tipo sujeito - predicado, os quais atribuem propriedades (representadas por letras maiúsculas) a um indivíduo (representado por letras minúsculas e denominadas constantes individuais (1) ou a um mero indicador de lugar que pode ser preenchido por qualquer indivíduo e é designado uma função proposicional (2); alguns predicados

podem ainda ser combinados com dois ou mais nomes próprios (3), conforme Tabela 11.

1	Ms	Sócrates é mortal
2	Mx	variável individual x e a propriedade mortal
3	Dap	Aristóteles é discípulo de Platão

**Tabela 11 - Exemplos de predicados**

O cálculo de predicados usa as mesmas regras do cálculo proposicional, acrescentadas as regras de introdução e eliminação dos quantificadores.

Para provar a validade de um argumento que envolva quantificadores, deve ser impossível que suas premissas sejam verdadeiras e sua conclusão falsa, à medida que exista, pelo menos, um indivíduo no universo considerado. Prova-se a invalidade através do método de refutação por analogia lógica.

Redução ao absurdo (RAA)	Dada uma derivação de uma contradição a partir de uma hipótese X, pode-se descartar a hipótese e inferir $\sim X$ . P                      h(RAA) Q & $\sim Q$  - $\sim P$
Eliminação da negação ( $\sim E$ )	De uma wff <sup>100</sup> da forma $\sim\sim X$ , pode-se inferir X: a negação de um enunciado falso é verdadeira como ocorre o contrário: $\sim\sim Q$ , então Q.
Prova condicional (PC)	Dada uma derivação de uma wff Y a partir de uma hipótese X, pode-se descartar a hipótese e inferir $X \rightarrow Y$ . P                      h(PC) R então $P \rightarrow R$
Modus ponens (MP)	De um condicional $P \rightarrow Q$ e seu antecedente P pode-se afirmar (ponere) o seu conseqüente Q. É uma regra de eliminação do condicional, usada para inferir de premissas que contém o operador condicional.
Introdução da conjunção (&I)	De quaisquer wffs X e Y, pode-se inferir a conjunção X e Z. (conjunção). Exemplo: P, Q, então P & Q.

<sup>100</sup> Do inglês *well form formula* e que significa uma fórmula bem formulada de um sistema formal, definida pelas regras de formação desse sistema.

Eliminação da conjunção (&E)	De uma conjunção pode-se inferir qualquer um de seus conjuntos. (simplificação): $P \& Q$ , então $P$ ou então $Q$ .
Introdução da disjunção ( $\vee$ I)	De uma wff $X$ , pode-se inferir a disjunção de $X$ com qualquer wff. O $X$ pode ser o primeiro ou o segundo disjuncto desta disjunção. Exemplo: $P$ , então $P$ ou $Q$ .
Eliminação da disjunção ( $\vee$ E)	De wffs da forma $X$ ou $Y$ , $X \rightarrow Z$ e $Y \rightarrow Z$ , pode-se inferir $Z$ .
Introdução do bicondicional ( $\leftrightarrow$ I)	De quaisquer wffs de formas $(X \rightarrow Y)$ e $(Y \rightarrow X)$ pode-se inferir $X \leftrightarrow Y$ .
Eliminação do bicondicional ( $\leftrightarrow$ E)	De quaisquer wffs da forma $X \leftrightarrow Y$ , pode-se inferir $X \rightarrow Y$ ou $Y \rightarrow X$ . Exemplo: $F \rightarrow (S \wedge D)$ , então $(S \wedge D) \rightarrow F$ .

**Tabela 12 - Regras básicas de inferência lógica**

As **regras de inferência** permitem determinar a validade ou invalidade de um argumento, através de uma série de etapas simples e precisas de raciocínio, chamadas derivação ou prova. Para a lógica proposicional há dez regras básicas de inferência (Tabela 12). Além destas existem as regras derivadas (Tabela 13), que não provam nada além das regras básicas, mas que simplificam a prova.

Modus tollens (MT)	De um condicional $P \rightarrow Q$ e seu conseqüente negado $\sim Q$ infere-se pela negação (tollere) do antecedente $\sim P$ . É o chamado raciocínio por exclusão.
Silogismo hipotético (SH)	$P \rightarrow Q, Q \rightarrow R \vdash P \rightarrow R$
Absorção (ABS)	$P \rightarrow Q \vdash P \rightarrow (P \wedge Q)$
Dilema construtivo (DC)	$P \wedge Q, P \rightarrow R, Q \rightarrow S \vdash R \wedge S$
Repetição (RE)	$P \vdash P$
Contradição (CONTRAD)	De duas proposições $P$ e $\sim P$ , infere-se qualquer outra $Q$ .
Silogismo disjuntivo (SD)	$P \wedge Q, \sim P \vdash Q$
Introdução de teorema (IT)	Qualquer instância substitutiva de um teorema pode ser introduzida na prova
Introdução de equivalência (abreviação da equivalência)	Se duas fórmulas $W$ e $Z$ são interderiváveis e $W$ é subwff de alguma wff $X$ , então de $X$ infere-se o resultado da substituição de uma ou mais ocorrências de $W$ em $X$ por $Z$ .

**Tabela 13 - Regras derivadas importantes**

Os valores verdadeiro/falso atribuídos aos enunciados podem ser facilmente identificados pela construção de tabelas-verdade nas quais se reproduz cada uma das combinações possíveis quando da utilização de cada um dos operadores lógicos compreendidos na lógica proposicional. Assim, a seguir serão exemplificadas através dessas tabelas as mais importantes **relações lógicas**.

Uma fórmula ou enunciado cuja tabela-verdade contém somente Vs é uma **tautologia**. Para quaisquer combinações, o valor-verdade do operador é verdadeiro.

P	$\sim P$	$P \vee \sim P$
F	V	V
V	F	V

Uma fórmula ou enunciado cuja tabela-verdade contém somente Fs é **inconsistente** ou **contraditória**. Para quaisquer combinações, o valor-verdade do operador é falso.



P	$\sim P$	$P \& \sim P$
F	V	F
V	F	F

Já um enunciado **contingente** é aquele que pode ser verdadeiro ou falso, tendo em vista o operador principal.

P	Q	$P \& Q$	$P \vee Q$	$P \rightarrow Q$
V	V	V	V	V (M Pollens)
V	F	F	V	F
F	V	F	V	V
F	F	F	F	V (M Tollens)

Outra relação importante entre proposições é a **equivalência**. Dois enunciados são materialmente equivalentes, ou equivalentes em valor de verdade se e somente se suas tabelas-verdade forem idênticas ou os seus operadores são ambos verdadeiros ou ambos falsos. Dois enunciados materialmente equivalentes sempre implicam um no outro.

P	Q	$\sim(P \& Q)$	$\sim P \vee \sim Q$
V	V	F	F
V	F	V	V
F	V	V	V
F	F	V	V

### 2.2.2 Lógicas não-clássicas

A lógica se desenvolveu sobremaneira a partir do desenvolvimento da lógica simbólica. Daí para o surgimento de outras lógicas que complementem ou superem as limitações e princípios da lógica clássica foi outro passo. Por outro lado, nos últimos anos, várias descobertas científicas, como a teoria dos grupos na matemática de GALOIS<sup>101</sup>, as leis de MENDEL<sup>102</sup> na biologia e a teoria dos *quanta* na física de PLANCK<sup>103</sup>, balançaram as certezas de lógica tradicional, com suas novas e inesperadas proposições (ver página 21).

<sup>101</sup> DESKINS, W. E. Abstract Algebra. 1964.

<sup>102</sup> MENDEL, Jerry M. Discrete techniques of parameter estimation: the equation error formulation. 1973.

<sup>103</sup> PLANCK, Max. Introduction to theoretical physics. 1949.

Dessa forma, desenvolvem-se hoje dois tipos de lógicas não clássicas, complementares ou divergentes (heterodoxas) da mesma. As primeiras não negam quaisquer das leis básicas da lógica clássica; as heterodoxas, diversamente, pelo menos negam uma delas. Essa distinção não é absoluta, uma vez que a própria lógica clássica não pode ser enquadrada perfeitamente.

As lógicas complementares utilizam operadores que modificam ou ampliam a lógica clássica do ponto de vista sintático, embora não alterem nada de essencial do ponto de vista semântico. Dessa maneira as modificações visam tão somente a maior adequação às relações sintáticas expressas pelos novos operadores. Uma das lógicas complementares é a lógica modal.

As lógicas heterodoxas foram desenvolvidas com o propósito de substituir os sistemas clássicos naquelas situações em que estes tem-se mostrado insuficiente. São basicamente três, tendo em vista os princípios que nega. As não reflexivas derogam o princípio da identidade porque admitem que a relação de identidade carece de significado para certos objetos. As *paracompletas* derogam o princípio do terceiro excluído e admitem proposições contingentes e operador futuro.

### 2.2.3 Lógica modal

A designação da lógica modal tem a ver com o modo das frases, noção que foi abordada pela primeira vez por Aristóteles (*as frases têm modos de verdade*). Foi formalizada por LEWIS<sup>104</sup> em 1918 e classificadas em várias categorias de acordo com as modalidades (Tabela 14). Exige além dos operadores funcionais, os quais impõem que o valor de verdade de um certa frase depende dos valores de verdade das frases que a compõem, os novos operadores modais.

---

<sup>104</sup> LEWIS, Clarence Irving. A survey of symbolic logic. 1918.

Modalidade	Valores	Operadores modais
aléticas	verdade e falsidade	necessário, possível, contingente
epistêmicas	conhecimento e crença	verificado, falsificado e indeciso; conhece, acredita, não conhece, não acredita
temporais	presente e passado	sempre, algum momento, nunca, talvez, as vezes
deônticas	válido e inválido	Obrigado (O), Permitido (P), proibido (V)

**Tabela 14 - Tipos de lógica modal**

A lógica modal nasce a partir das modalidades de necessidade e possibilidade. As variedades das lógicas modais (Tabela 15) dependem do modo como se compreende as palavras necessário e possível e seus complementares. Aborda esquemas tais como: *é necessário que se a então b, é possível que a, é possível que b, é necessário que ou a ou b, ou é necessário que a ou é necessário que b.*

Necessidade: o giz produz pó	contingência: o giz está no chão
possibilidade: o giz é branco	impossibilidade: o giz é transparente

**Tabela 15 - Quatro tipos principais de modos**

#### 2.2.4 Lógica temporal

A lógica temporal é uma variedade da lógica modal que aborda as inferências envolvidas com o arranjo do tempo. Recorre-se a diversas bases de informações na qual realizam-se raciocínios e operações no tempo. As transações refletem apenas eventos, logo mudanças de estado. Dentro da IA a tarefa de planejamento é a que faz do tratamento do tempo uma exigência. As relações temporais entre intervalos de tempo permitem descrever ações. Adicionando-se conhecimento aos agentes é possível planejar e executar ações antes impraticáveis, como também escolher a melhor entre várias.

O tempo é um conceito fundamental em negócios e em economia e por conseguinte, em Direito. O rendimento, por exemplo, é a mudança da riqueza num

intervalo de tempo. A riqueza está sempre relacionada com um ponto no tempo. Outros conceitos como o câmbio, o orçamento, o vencimento, e o compromisso contratual incluem aspectos temporais. Raciocinar acerca de processos físicos (envolvidos na operação de dispositivos físicos) ou de fluxo de trabalho em organizações administrativas exige representações do tempo. Os modelos temporais podem ser utilizados em sistemas que necessitem de registro do tempo passado para satisfazer requisitos legais e para evitar procedimentos incorretos, evitando-se assim erros e fraudes (apoio às auditorias) e viabilizando-se a sua correção.

Existem diversas formas e sistemas de descrição de eventos no tempo. A natureza do tempo permite a construção de modelos de representação tanto contínuos quanto discretos (categorias de eventos). Os modelos **discretos** possuem uma estrutura definida como um balanço de uma conta bancária em que os créditos podem ser dispostos no eixo y e o tempo (dias) no eixo dos x. Nos modelos **contínuos** qualquer subintervalo de um processo é também um membro de uma categoria de processo. A preocupação é com os processos, com os intervalos de tempo. Veja o caso do interruptor da luz e seus intervalos entre aberto e fechado.

Nos modelos simples ou **lineares** o tempo aparece como seqüência linear de eventos, em que se atribuem tempos únicos a eventos e estes são procurados através de índices temporais (a indexação dos fatos é feita por tempos e datas). Os eventos são mudanças em fatos característicos de atividades localizadas no tempo. Exigem modelos de pontos (a morte ocorreu ao meia dia) ou de intervalos<sup>105</sup> (foi torturado das 12h00 à 1h00).

Os modelos de tempo complexos, **paralelo** ou **ramificado** são usados para raciocinar acerca dos futuros e dos passados incertos, os quais são exigidos em planejamento de tarefas ou em reconstruções históricas. Os raciocínios

---

<sup>105</sup> LADKIN, P. The logic of time representation. 1986.

hipotéticos exigem topologias temporais diferentes da simples seqüência linear de eventos. Seria o caso de situação que envolve um acontecimento além do controle do agente, em que há informação exterior ao conhecimento do agente, ou ainda uma decisão para qual o agente não se empenhou (situações hipotéticas). Ocorre uma situação de incerteza como *a morte ocorreu entre as 12h00 e a 1h00* (pontos) ou *foi torturado por 20 minutos entre as 12h00 e a 1h00* (intervalos).

A **incerteza** temporal é um problema adicional na descrição do tempo. No planejamento de tarefas o problema de enfrentar perguntas sobre fatos temporais é perturbado por fontes de incerteza. O conhecimento sobre a ocorrência de acontecimentos é inexato, mesmo no que respeita a acontecimentos que estão sob controle. Isto ocorre porque os empenhamentos acerca da escolha e da ordem dos passos são feitos incrementalmente. Além disso, o conhecimento muda com o tempo à medida que os planos evoluem e que mais informação do mundo é obtida. Por isso, é preciso controlar a validade da informação devolvida em resposta a uma pergunta. Aplicações em que se raciocina com informação temporal parcial exigem capacidade de representar relações quantitativas entre tempos e durações. Algumas tarefas não exigem raciocínios com quantidades de tempo, basta uma métrica qualitativa, uma ordenação de eventos no tempo, sem haver necessidade de conhecer o tempo da ocorrência, ou quanto tempo passou entre dois eventos.

Uma boa solução dessas incertezas é a satisfação de restrições, sejam elas simples, hierárquicas ou com retrocesso, cronológicas. Trabalhar com restrições permite resolver problemas (redução do espaço de busca) como a existência de soluções múltiplas ou mesmo de restrições que não admitem soluções. Neste universo o domínio é o conjunto dos valores candidatos ou possíveis para uma variável e a solução a atribuição de valores dos domínios de uma variável às variáveis correspondentes que satisfazem todas as restrições. Portanto, as restrições referem-se aos valores de uma ou mais variáveis.

Outra maneira de tratar incertezas temporais é recorrendo a múltiplos mundos em que se pode elaborar planos alternativos, cada um dos quais satisfaz

alguns objetivos. Os mundos possíveis permitem considerar várias hipóteses independentemente, examinando os seus custos, empenhamentos e balanços, antes de escolher entre elas. Em aplicações em que se compara cursos hipotéticos de eventos as árvores ou mapas de tempo são usados. Cada ponto de ramificação da árvore representa um mundo possível. Isso significa que o crescente aumento do número dos ramos exige um maior planejamento do modelo, procurando-se evitar principalmente o problema da explosão combinatória dos mundos possíveis e por conseguinte, a impossibilidade de uma boa solução.

A lógica temporal é uma extensão do modelo lógico clássico através da dimensão tempo:  $m = \langle t, d, f \rangle$ , em que  $t$  é uma linha de tempo,  $d$  é o conjunto das entidades (objetos físicos discretos), e  $f$  é uma função de interpretação aplicando expressões da lógica.

O tempo (e a sua mudança) apresenta um aspecto na ontologia dos sistemas de informação. A principal dificuldade consiste em distinguir a identidade de uma entidade em pontos diferentes do tempo. As entidades têm uma vida (desde que são criadas até serem destruídas). Logo, o conjunto  $d$  tem diferentes membros em pontos diferentes do tempo. Haveria uma seqüência de instantâneos, cada um dos quais é responsável por retratar o estado de uma organização em diferentes instantes de tempo.

As asserções na lógica podem ser vistas como temporalmente dependentes e várias podem ser as notações para expressar que uma asserção  $p$  é realizada no tempo  $t$ . Uma forma de notação é a de RESCHER<sup>106</sup>, na qual o símbolo  $\acute{\prime}$  é um operador infixado que permite separar os aspectos temporais das descrições de mudança (genérica) e de estado:  $r(t) : p$ , indica que a asserção  $p$  é realizada no tempo  $t$ . Uma tal notação permitirá definir regras acerca do tempo que se aplicam a predicados arbitrários, capazes de tomar o lugar da variável de predicado  $p$ . É possível designar predicados diferentes em momentos de tempo

---

<sup>106</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. 1995.

adjacentes:  $r(3)$ : empregado (paulo),  $r(4)$ : desempregado (paulo); indica que paulo é um empregado no instante 3 e desempregado no instante 4.

Nos negócios, a concepção habitual do tempo é uma dimensão contínua. Para efeito de inferência mecânica é preferível assumir um tempo discreto. Este conflito aparente pode ser resolvido através do reconhecimento de intervalos de tempo, por exemplo datas de um calendário que são explicitadas na lógica.

Quando se escolhem aplicações que envolvem comparações históricas,  $d$  deve conter mais do que as entidades existentes no presente. Por exemplo, a produção industrial passada pode criar objetos que possam ter sido consumidas. Isto sugere uma ontologia que consiste em objetos com presente e passado, e daí a necessidade de introduzir um novo predicado que indique que  $x$  existe no tempo  $t$ :  $r(t) : \text{existe}(x)$ .

A opção mais correta consiste então em assumir uma dimensão de tempo contínua como base, mas referir só a intervalos específicos ao longo da linha de tempo na própria lógica. Os tipos de intervalos mais comuns são os dias, os meses e os anos, tal como:  $\text{date}(d, m, a)$ .

Cada intervalo de tempo consiste em muitos momentos de tempo. Contudo, os pontos de tempo de interesse principal são os pontos extremos desses intervalos, que podem ser especificados por, começo(s) e fim(s), indicando os pontos de começo e de fim de um espaço de tempo  $s$ . Outros intervalos de tempo podem ser indicados como  $\text{intervalo}(t_0, t_1)$ .

Contudo é desejável descrever regras que dizem respeito genericamente às mudanças, isto é que sejam independentes do quando ocorrem ao longo do tempo. É o caso da notação de VON WRIGHT:  $(p ! q)$ , em que  $p$  e  $q$  são proposições que descrevem estados, e o operador  $!$  indica que  $p$  *está próximo* de  $q$ , indicando uma transição de  $p$  para  $q$ . Estas expressões de mudança indicam alterações genéricas, sem ligação ao tempo. Para tanto utiliza-se o operador  $r$ :  $r(t) : (p ! q)$ , que indica uma mudança de  $p$  para  $q$  no tempo  $t$ .

Quando os eventos ocorrem dentro de um intervalo de tempo há uma indeterminação que é indicada pela notação  $rd(s) : p$ , cuja leitura diz que  $p$  é *realizado durante* o intervalo de tempo  $s$ . Tal como anteriormente,  $p$  pode ser quer um estado ou um evento (mudança de estado), embora o último seja o uso mais usual. A notação  $rd(date(30,12,97)) : (!\text{chover})$  indica que durante o dia 30 de dezembro 1997 começou a chover.

Quando duas mudanças (mutualmente exclusivas) ocorrem em tempos diferentes, mas dentro do nível mais baixo do intervalo de tempo, pode-se atribuir relações de precedência entre elas para que possam ser distinguidas e ordenadas. Considere-se que durante o dia 1 de janeiro de 1998, o tempo começou por ser de sol, depois de chuva, e finalmente de sol, o problema consiste em que um sistema não conhece qual destes eventos aconteceu em primeiro lugar, e assim não pode determinar o estado final do tempo. A situação passa por atribuir dois nomes arbitrários,  $time0$  e  $time1$ , aos momentos em que estes eventos ocorrem:

$r(time0) : (\text{fazersol} \text{ ! chover})$ .

$r(time1) : (\text{chover} \text{ ! fazersol})$ .

$during (time0, date(1, 1, 98))$ .

$during (time1, date(1, 1, 98)).time0.<. time1$ .

### 2.2.5 Lógica deôntica

A lógica modal é o ponto de partida para o desenvolvimento de um sistema lógico deôntico, o qual pode servir como instrumento de avaliação e aplicação ao Direito. Este é um sistema no qual as proposições jurídicas são tratadas na forma de cálculo de predicados deônticos como segue:  $D \text{ } \tilde{\text{O}} ((S, R S, \text{,}) \tilde{\text{O}} (S, \text{,} R_c S, \text{,}))$ , neste formalismo  $D$  é o operador modal deve-ser;  $R$  é uma relação entre sujeitos especificada nas constantes relacionais Obrigada (O), Permitido (P), proibido (V);  $S$ , e  $S, \text{,}$  são os sujeitos;  $R_c$  é a Relação Conversa da primeira relação  $R$  ( $X$  tem Direito sobre  $Y$ , a  $R_c$  é  $Y$  tem o dever em relação a  $X$ ).

A lógica deôntica nasce em 1951 com VON WRIGHT a partir da substituição dos conceitos de possibilidade, impossibilidade e necessidade da



lógica modal pelas noções de permissão, proibição e obrigação. Por isso ela seria uma faceta ou ramo da lógica modal (VON WRIGHT), ou uma extensão (KELSEN), ou ainda uma das aplicações possíveis (KALINOWSKI). Diferentemente, há autores (ROSS e KLUG) que consideram ter a lógica deôntica regras próprias e natureza diversa da lógica modal, tendo em vista principalmente o caráter normativo dos enunciados jurídicos.

Segundo KALINOWSKI a lógica deôntica é:

*el estudio que se propone enunciar las leyes lógicas que fundamentan las reglas de inferencia (deductivas) normativas, así como el ordenamiento de estas leyes en un sistema deductivo, axiomatizado y formalizado, objeto, a su vez, de investigaciones metalógicas.*<sup>107</sup>

A lógica deôntica tem um objeto, as normas, cujo método tem por objetivo o estabelecimento de condições que permitam concluir pela verdade dos enunciados que a constitui.

### 2.2.5.1 Valores verdadeiro, falso e válido, inválido

Os diversos sistemas deônticos formulados se constituem da discussão sobre a definição do objeto norma. Uma das questões que surge daí é determinar se essas normas estão submetidas aos valores veritativos da lógica tradicional característicos dos enunciados apofânticos, se os princípios lógicos são válidos não apenas aos enunciados descritivos como também aos prescritivos. KLUG e KALINOWSKI respondem positivamente, ao contrário de VON WRIGHT, KELSEN, ALF ROSS e MAYNEZ.

KLUG<sup>108</sup> reconhece a diferença entre as *proposições imperativas* (normas) e as *proposições afirmativas*, mas bastaria substituir os imperativos por quaisquer das três modalidades deônticas (permitido, proibido e obrigatório) e o cálculo modal, que propõe dois valores verdade, pode ser transformado em um

<sup>107</sup> KALINOWSKI, Georges. Lógica del discurso normativo. 1975, p 18.

<sup>108</sup> NORMAS jurídicas e análise lógica. Correspondência trocada entre os Srs. Hans Kelsen e Ulrich Klug. 1984.

cálculo de normas que compreendem os valores válido e não válido. É apenas um problema de interpretação, uma questão semântica, pois os cálculos são isomorfos. Por exemplo, haverá uma contradição normológica quando de uma mesma norma se afirma ao mesmo tempo a validade e a não validade. Aqui há claramente uma analogia com a contradição lógica.

Embora parta da idéia de que as normas e as proposições têm valores análogos, considera que o cálculo bivalorativo é desapropriado para representar um sistema de normas. Há a necessidade de um cálculo multivalorativo: necessariamente válido, possivelmente válido, e necessariamente inválido. Outros cálculos multivalorativos podem ser propostos na medida que sejam mais adequados para representar o Ordenamento Jurídico, em que é possível normas simultaneamente válidas, conflito este que não se consubstancia em uma contradição lógica.

Para KALINOWSKI há uma só lógica, da qual a lógica deontica constitui tão somente uma subespécie. Em consequência, esta obedece às mesmas regras da lógica clássica. Seu objeto seria as proposições que podem ser expressas pelos verbos dever e poder, ou seja, proposições sobre enunciados de natureza prescritiva (normas). A dificuldade aqui está em distinguir o enunciado prescritivo do enunciado proposicional, sem ater-se apenas à forma gramatical, que por si só é um critério frágil.

KELSEN distingue normas de Direito e afirmações da Ciência do Direito, dizendo que o caráter lógico de ambas é diferente. As normas são juízos do dever ser que abrange as modalidades de permitido, proibido e obrigatório e que não podem ser verdadeiras ou falsas, mas válidas ou inválidas. Não é um problema de interpretação, mas uma questão de natureza lógica: a verdade de uma afirmação é um ato de pensamento, enquanto a validade de uma norma é um ato de vontade.

Para ALF ROSS um enunciado normativo é composto de um elemento descritivo ou indicativo e de um elemento deontico. O primeiro é suscetível de

verdade ou falsidade e o segundo é válido ou inválido. Assim, um enunciado normativo é válido quando o elemento indicativo é verdadeiro, e é inválido quando o elemento indicativo é falso. Desta forma, a norma existe se as condições a tornam efetiva. A diferença entre os elementos é semântica, um descrevendo uma realidade que o enunciado concebe como real (assim é - é verdadeiro) e outro uma forma de conduta (assim deve ser).

Para VON WRIGHT a lógica deôntica é a lógica das proposições sobre as normas, que não são definidas a partir de sua estrutura gramatical, mas em função de seu uso preponderante. Admite a possibilidade da adoção de princípios lógicos às normas, mas estas não são passíveis de aquisição dos valores de verdade e falsidade. Por serem prescrições que podem ou não ser cumpridas, elas são passíveis de validade ou invalidade. O objeto da lógica deôntica são as proposições normativas à medida que

*las expresiones (fórmulas bien formadas) del lenguaje formal de una lógica deóntica tienen que ser entendidas descriptivamente, como representaciones esquemáticas de proposiciones que dicen que tales o cuales normas existen.*<sup>109</sup>

### 2.2.5.2 Operadores deônticos e suas relações

A unidade do sistema é o ponto de partida formal para se definir um sistema de lógica deôntica, à medida que se está definindo a relação entre os operadores para um conjunto de normas que formam um ordenamento específico.

Os operadores deônticos são interdefiníveis, intercambiáveis, de forma que a partir de qualquer das três podem ser definidas as outras duas, bastando para tanto utilizar convenientemente o conectivo de negação.

---

<sup>109</sup> VON WRIGHT, Georg Henrik. Ensayo de logica modal. 1970, p 12.

Vp é proibido fumar	O~p é obrigatório não fumar	~Pp não é permitido fumar
V~p é proibido não pagar as dívidas	Op é obrigatório pagar as dívidas	~P~p não é permitido não pagar as dívidas
~V~p	~Op	P~p é permitido não ajudar alguém quando se está em perigo
~Vp	~O~p	Pp é permitido matar alguém quando for o caso de legítima defesa

**Tabela 16 - Quadro de equivalências entre os operadores deônticos<sup>110</sup>**

A relação jurídica é intersubjetiva (o que quer dizer que alguém não pode ser locador e locatário ao mesmo tempo), o que em termos lógicos significa dizer que é irreflexiva e assimétrica (S então P - diferente de - P então S). O Sistema Jurídico carece de **flexibilidade** (obrigar se a si mesmo) e de **simetria** (o converso sempre terá valor contrário, assimétrico).

Assim, é certo que os operadores deônticos não são funções de valores de verdade. Isto porque existe uma diferença entre lógicas modais deônticas e lógicas modais aléticas. Nas primeiras os símbolos operam sobre ações, e na lógica alética operam sobre verdades.

Uma lógica deôntica robusta, que é capaz de suportar diversos tipos de aplicações jurídicas, envolverá a combinação de operadores deônticos com outros operadores de caráter modal nomeadamente temporais. Essa aplicação pode dar-se nas áreas em que estão envolvidos atos deônticos, como por exemplo: comunicação de ordens e comandos, formulação de contratos, emissão de licenças, certidões e recibos, colocação em vigor de proibições e obrigações, situações de

<sup>110</sup> Neste quadro as diagonais são contraditórias; a horizontal superior indica contrariedade; a horizontal inferior implica sub-contrariedade; e as verticais são subalternas.

verificações, autorizações e desistências. Boa parte desses atos são organizacionais e na sua maioria não são imperativos.

### 2.2.6 Lógica paraconsistente

As lógicas paraconsistentes admitem a possibilidade da separação entre os conceitos de trivialidade e inconsistência de tal forma que se possam admitir determinadas contradições. Seria possível uma lógica inconsistente, mas não trivial, na medida em que o sistema manteria sua utilidade não permitindo a validade da regra derivada da contradição  $((P \ \& \ \sim P) \rightarrow Q)$ , aceita na lógica clássica.

Newton da COSTA, entre outros<sup>111</sup>, defende a utilização de sistemas lógicos paraconsistentes no Direito porque boa parte da legislação contém normas com contradições, sem contar que são marcadas por conceitos vagos e ambíguos que dificultam sua interpretação. Aqui, sistemas formalizados apresentariam a vantagem de contar com a precisão necessária, permitir contradições sem causar prejuízos ao sistema e tornar mais fácil a identificação de paradoxos e enunciados que implicam sentenças contraditórias.

### 2.2.7 Lógica vaga

A lógica difusa ou nebulosa (*fuzzy logic*), também é chamada de conjuntos difusos, e é outra técnica com condições de tratar de conhecimento impreciso. É uma tentativa de escapar do determinismo da lógica binária e foi iniciada por ZADEH<sup>112</sup> com a introdução do conceito de conjuntos difusos. Ela consegue dar resposta a conjuntos imprecisos de informação, do tipo *a maioria*, *pouco mais da metade*, caracterizados por suas distribuições de possibilidade. É baseada na teoria da possibilidade, em contraposição à probabilidade. É uma extensão da teoria dos conjuntos que associa um grau de pertinência (perto de) ao conjunto máximo ou mínimo. Tudo é verdadeiro com um grau de pertinência  $x$  que o torna mais ou menos verdadeiro (graus de verdade). Não há limites rígidos.

---

<sup>111</sup> COSTA, Newton C. *Normative logics, Morality and law*. 1992.

<sup>112</sup> ZADEH, L. A. *Fuzzy Sets*. *Information and Control*, Vol. 8, 1965, p 338-353.

O objetivo é converter medidas contínuas em valores discretos aproximados que possam ser utilizados em deduções por computador. Por exemplo, o conceito de menor na lei penal, que indica a pessoa menor de 18 anos de idade, pode ser expressa na simples rotina *se idade menor de 18 então é o caso de menor*. O espectro *menor de 18* é uma categoria difusa.

O raciocínio vago utiliza uma ontologia baseada na imprecisão. Nessa ontologia os eventos podem ser uma espécie de verdadeiros, como no caso dos sistemas de controle. A lógica vaga especifica como um objeto satisfaz uma descrição vaga: o valor da verdade de um predicado vago é um número entre 0 e 1, em vez de ser f ou v. Pega em uma frase complexa e determina o seu valor de verdade como função dos valores de verdade das suas componentes (sistema funcional de verdade). As regras para avaliar a verdade vaga t de uma frase complexa são:

$$t(a \text{ e } b) = \min(t(a), t(b))$$

$$t(a \text{ ou } b) = \max(t(a), t(b))$$

$$t(\text{não } a) = 1 - t(a)$$

O seu uso é adequado quando o conhecimento do especialista estiver fundamentado em conceitos lingüísticos, como o conceito de menor acima referido. Em termos técnicos, contudo, não é mais que uma extensão da programação lógica ao ponto de críticos sugerirem que não passa de uma sofisticação do que já existe.

### **2.2.8 Vantagens da representação lógica**

Uma das várias vantagens para recorrer à lógica como a principal linguagem de representação do conhecimento diz respeito ao seu poder de expressão em termos formais. Dois aspectos devem ser ressaltados. Primeiro, não está limitada a apenas dois valores de verdade funcional, como na lógica clássica. Existem muitas outras lógicas, que oferecem uma gama alargada do poder de expressão e de inferência. Segundo, neste poder de expressão da lógica deve-se incluir também a capacidade para descrever o conhecimento incompleto.

Em termos de programação a lógica permite ao programador especificar relações lógicas, não em termos de instruções sequenciais, mas em termos de algum idioma simbólico. A programação lógica pode ser considerada como um tipo de Sistema Baseado em Regras no qual o mecanismo de inferência se torna um provedor de teoremas mecânico. As vantagens sobre os programas convencionais são a separação da base de conhecimento do mecanismo de inferência e a modularidade obtida na medida em que o conhecimento é dividido em pequenas e independentes regras. Isto tem implicações importantes para manutenção e depuração do sistema.

### **2.2.9 Raciocínio não monótono**

Um dos grandes desafios na IA é o raciocínio e tomada de decisão em uma situação de imprecisão e incompletude (ver página 25). O uso efetivo de conhecimento incerto ou a sua falta é crítico no projeto, compreensão, e avaliação de sistemas computacionais cujo objetivo é tomar decisões inteligentes. Por isso surgiram alguns modelos que procuram resolver esse problema.

Em muitas situações e contextos de todos os dias os raciocínios que se faz envolvem a geração de conclusões por omissão, baseadas em informação incompleta. É o caso do chamado bom senso. Os resultados não são corretos, não são verdadeiros, embora se apoiem em fatos verdadeiros. Mas, e apesar disso, esses raciocínios desempenham um papel importante no dia a dia.

A impossibilidade ou dificuldade de obter todas as informações e dados sobre uma dada realidade é uma característica básica da forma de conhecer o mundo circundante, seja ele físico e em especial o cultural, aquele próprio do convívio humano.

A lógica clássica pressupõe a exigência de um conhecimento completo da realidade que abarca. O acréscimo de informações ao sistema não acarreta incoerências, mas apenas reafirmam as regras e fatos já estabelecidos. São sistemas inflexíveis, fechados e precisos, com processos de transformação rigorosos. Por isto a lógica clássica é chamada monótona.

Mas, existem realidades complexas (mundos abertos e dinâmicos) e não totalmente conhecidas que não permite concluir de modo seguro que as coisas tendem a permanecer inalteradas na presença de nova informação. Mesmo assim são organizados na forma de conhecimento típico, não mutável. Isto permite tratar a realidade sem ter todo conhecimento disponível, convivendo com a possibilidade de surgir informação nova e conflituosa e que venha a se constituir em uma exceção às regras até então aceitas. O estado de não exatidão do conhecimento pode mudar sem alterar a validade dos fatos já conhecidos que permanecem constantes. O raciocínio é revogável (*defeasible*). Diz-se ser esse raciocínio não monótono<sup>113</sup>.

Na inferência clássica (em lógica de 1<sup>a</sup>. ordem) o conjunto das conclusões legais (atualização da base) cresce monotonamente com o conjunto de fatos que aparecem na base de dados inicial. No raciocínio não monótono o conjunto de conclusões não cresce uniformemente com o conjunto das assunções de entrada, pois de vez em quando pode-se conhecer um novo fato, e surgir a obrigação de revogar (retirar) uma conclusão.

Foi MINSKY<sup>114</sup> quem usou pela primeira vez o termo raciocínio não monótono, quando afirmava que os instrumentos da lógica formal são inadequados para representar o raciocínio do bom senso. MCCARTHY<sup>115</sup> responde ao desafio levantando as questões:

1. Não existirão outras Lógicas formais, além da Clássica, para representar estes raciocínios?
2. Será que se conhece bem o que é o bom senso, ou será que existem outros fatores que podem mudar a avaliação do papel da não monotonicidade?
3. Será que não poderá existir um uso mais esperto da Lógica monótona (1<sup>a</sup>. ordem) para enfrentar o efeito das deduções não monótonas?

---

<sup>113</sup> McDERMOTT, Drew; DOYLE, John. Non-monotonic logic. 1980.

<sup>114</sup> MINSKY, Marvin. A framework for representing knowledge. 1975.

<sup>115</sup> MCCARTHY, John. Circumscription - A Form of Nonmonotonic Reasoning. 1980.



Este debate ainda continua. O certo é que formas de raciocínio não monótono surgiram e demonstraram sua eficiência. Há novas perspectivas quando é possível incorporar conhecimento incompleto ou mais especificamente, raciocínio não monótono ao sistema. Isto incrementaria o poder declarativo da linguagem utilizada e permitiria um adequado tratamento de domínios de aplicação como os que envolvem raciocínio incerto e diagnósticos. Nesses domínios o conhecimento disponível ou é incompleto ou está em situação de mudança. No diagnóstico de falhas assumi-se que todas os componentes de um sistema estão trabalhando corretamente. Quando ocorre uma avaria, informação nova e contrária à situação anterior é inserida. Então o sistema é forçado a encontrar um novo estado de equilíbrio, de forma não monótona. O raciocínio não monótono conduz a espécies semelhantes de raciocínio como os sistemas de manutenção da verdade, os ATMS<sup>116</sup> (ver página 129).

Enfim, o raciocínio não monótono pode ser exigido em diversas etapas de manipulação do conhecimento, tais como na classificação das informações, na definição dos elementos que são importantes, na combinação e no grau de dependência entre eles, na definição de uma seqüência de eventos, principalmente dos problemas de grande amplitude e delimitação.

Existem diversas formas de tratar uma realidade não monótona: nos Sistemas Baseados em Regras uma etiqueta é adicionada a cada regra; na lógica de 1ª ordem as etiquetas adquirem os valores de verdade, falso e desconhecido (sem etiqueta); há esquemas mais gerais como a negação como falha<sup>117</sup>, a lógica de omissões<sup>118</sup>, a circunscrição<sup>119</sup>, a lógica autoepistémica<sup>120</sup>. Segue exposição dos mais populares.

---

<sup>116</sup> Ver a relação entre ATMS e RNM em REITER, Raymond; KLEER, John de. Foundations of Assumption-Based Truth Maintenance Systems. 1987.

<sup>117</sup> CLARK, C E. Negation as failure. 1978.

<sup>118</sup> REITER, Raymond. A Logic for Default Reasoning. 1980.

<sup>119</sup> McCARTHY, John. Circumscription - A Form of Nonmonotonic Reasoning. 1980.

<sup>120</sup> MOORE Robert C. Semantical considerations on nonmonotonic logic. 1983.

Uma das formas mais simples desse raciocínio ocorre quando se utiliza **fatores de certeza** em regras da Base de Conhecimento (ver página 104). Já o modelo mais discutido de raciocínio não monótono é o **raciocínio por omissão** ou **por falha** (*default*). Na impossibilidade de conhecer toda a realidade assume-se determinadas conclusões (conhecimento típico), provisoriamente, até o instante em que surge nova informação, ou melhor, uma exceção aquela regra. As conclusões podem ser deixadas de lado se novas informações que as contrariem ou que enfraqueçam os argumentos usados para tirar essas conclusões estiverem presentes.

Há duas regras básicas para a eliminação de um vazio de informação:

1. se uma informação A não for conhecida (limitação de dados), então concluir B;
2. se uma informação A não puder ser provada (limitação de tempo), então concluir B.

Veja-se um exemplo de como raciocinar acerca da herança de propriedades de uma classe para outra. Em princípio é possível dizer que *todas as aves voam*. No entanto se uma delas, Tweety, estiver doente, ferida ou morta, for um pingüim ou uma avestruz, estiver presa, esta não voa. Dessa forma, esta regra geral não é a melhor porque não reflete o conhecimento típico que afirma que *num contexto normal, todas as aves voam*. Note-se a introdução de um predicado de normalidade tornando a regra uma regra de omissão.

Frases em linguagem natural		Notação em sentenças de Horn (ver página 62)
a	Normalmente, as aves voam	$\text{voa}(X) \leftarrow \text{ave}(X) \wedge \neg \text{anormal}(X)$
b	as avestruzes são aves que não voam	$\text{ave}(X) \wedge \neg \text{voa}(X) \leftarrow \text{avestruz}(X)$
c	Tweety é uma ave	$\text{ave}(\text{tweety})$
d	Fred é uma avestruz	$\text{avestruz}(\text{fred})$

**Tabela 17 - Exemplo de uma teoria de base**

Porém, é preciso distinguir entre regras de omissão e não omissões. Daí, a necessidade da sua extensão (T, A). No mundo das aves a teoria de base T é

formada pelos itens (a, b, c, d) da Tabela 17. Note-se que todas as avestruzes são aves que não voam (a regra em (b) não é uma regra de omissão), e não apenas as anormais. Para afirmar que ambos Tweety e Fred são normais A deverá conter as assunções:  $\neg anormal(tweety)$  e  $\neg anormal(fred)$ . Mas, T contém  $anormal(fred)$ , pois Fred é uma avestruz e as avestruzes são conhecidas como aves anormais. Assim, a frase  $anormal(fred)$  não pode aparecer em nenhuma extensão desta teoria monótona. E, como não há nenhuma razão para crer que Tweety é anormal, e  $normal(tweety)$  é consistente com T, existe uma única extensão dada por  $E = \{\neg anormal(tweety)\}$ . Esta extensão, em conjunto com a teoria de base T, é suficiente para vincular a conclusão desejada que Tweety pode voar. Daí, se poder dizer que  $Voa(tweety)$  é a consequência não monótona desta teoria particular. O que se pode é assumir que Tweety é um pássaro normal, e por isso voa, na ausência de informação em contrário. Caso contrário é necessário abandonar aquela assunção.

Frases em linguagem natural		Notação em sentenças de Horn (ver página 62)
a	os quakers tendem a ser pacifistas	$pacifista(X) \leftarrow quaker(X) \wedge \neg anormal_r(X)$
b	os republicanos tendem a não ser pacifistas	$\neg pacifista(X) \leftarrow republicano(X) \wedge \neg anormal_p(X)$
c	Nixon é quaker	$quaker(nixon)$
d	Nixon é republicano	$republicano(nixon)$
e	Nixon é religiosamente normal	$\neg anormal_r(nixon)$
f	Nixon é politicamente normal	$\neg anormal_p(nixon)$
g	Nixon é religiosamente anormal ou Nixon é politicamente anormal	$anormal_r(nixon) \vee anormal_p(nixon)$

**Tabela 18 - Teoria de base e extensões múltiplas**

Veja-se o caso de extensões múltiplas. A teoria de base T do *diagrama de nixon*<sup>121</sup> é formada pelos itens (a, b, c, d) da Tabela 18. Os predicados  $anormal$  têm uma etiqueta r para religiosa e p para política. Assumir que A seja formada

<sup>121</sup> REITER, Raymond. On interacting defaults. 1981.

pelas assunções (e, f) é conflituoso pois a teoria T implica (g) e, assim Nixon tem de ser anormal num sentido ou no outro. Estas assunções de normalidade estão em conflito. Isto conduz a duas extensões, dadas por  $E_1 = \{\neg anormal_p(nixon)\}$  e  $E_2 = \{\neg anormal_r(nixon)\}$ , dado que cada um destes conjuntos é um conjunto máximo de A que é consistente com T. Em uma extensão, Nixon é um pacifista, e na outra não é. E, não existe nenhuma razão real para preferir uma extensão à outra.

Seja (T,A) uma teoria da omissão, uma frase p é chamada uma consequência prudente de (T,A) se p se mantém em qualquer extensão desta teoria, de tal modo que somente existem argumentos a favor, e nenhum argumento contra. As consequências que são elegantes, mas não prudentes, são aquelas para as quais existem argumentos a favor e contra. É o caso em que p se mantém numa extensão, mas não em outra. Este é o exemplo de Nixon.

Como formalizar situações conflituosas? Uma saída será ordenar as assunções explicitamente, e nunca aceitar uma assunção de baixa prioridade. No caso das avestruzes, que são um tipo especial de aves, preferir assunções acerca de avestruzes em comparação a assunções acerca de aves. Contudo, algumas vezes não é óbvio quando uma assunção deve ser preferida em relação a outra. Outra saída será declarar explicitamente a informação acerca das preferências sobre as extensões, o que é metodologicamente difícil.

Encadear longas cadeias de omissões não afeta a força das conclusões presentes naquela cadeia. Isto não é possível na teoria das probabilidades.

## 2.3 Modelos matemáticos

### 2.3.1 Teoria da probabilidade

*A teoria da probabilidade não é mais do que senso comum reduzido a cálculo... (Pierre Laplace, 1819)*

O raciocínio probalístico ou estatístico é usado quando os modelos determinísticos não se aplicam. A separação entre modelos **determinísticos**, **probalísticos** e **estocásticos** é definida pelo grau de informação que assumem com

relação às variáveis envolvidas. Quando todas as variáveis do problema são consideradas conhecidas a abordagem é determinística. Nos modelos probabilísticos a predição da variável a ser explicada pode ser calculada ou inferida em qualquer tempo futuro. Em um modelo estocástico não é possível prever para todo o futuro pois há incertezas inerentes ao problema (planejamento de venda de um produto x são incertos os custos do combustível, a taxa de crescimento da demanda).

O modelo probabilístico busca captar as evidências em mundos complexos, dinâmicos e inacessíveis ou em ambiente de incerteza. A incapacidade de abarcar completamente o mundo decorre da preguiça em se percorrer longas listas de informação ou da ignorância caracterizada pela incompletude ou falta de dados. São exatamente nessas circunstâncias que o uso da probabilidade é mais indicado, diferenciando-se por ser uma forma de representação numérica em contraposição à simbólica. Envolve as características que seguem:

1. a frequência medida da coerência de acontecimentos.
2. a disposição dos acontecimentos a ocorrer.
3. a crença subjetiva que uma pessoa tem sobre a verossimilhança da ocorrência de diferentes acontecimentos.
4. a relação lógica entre evidência e hipótese relevantes. A evidência são as percepções recebidas que influenciam a probabilidade.

Pode ser usado em situações em que há apenas algumas informações disponíveis sobre um dado evento particular, o que permite utilizar-se de cálculos específicos (teorema de Bayes) que definiriam um resultado próximo da realidade se fosse totalmente conhecida. Por isso é mais indicado o uso para realidades que podem ser expressas numericamente, sendo esses eventos aleatórios ou não. Como envolve diversos fatores de observação da realidade e limites na implementação, esta técnica pode produzir um elevado grau de erros que podem invalidar qualquer Base de Conhecimento.

As probabilidades expressam a incapacidade de um agente em alcançar uma decisão definitiva sobre a verdade de uma frase, e sintetizam as crenças ou confiança do agente de um modo numérico por etiquetagem. São recursos que acrescem à informação registros sobre sua confiabilidade e precisão, no que diz respeito à frequência em que ocorrem. Começa-se com uma distribuição de probabilidades que descreve completamente os graus de crença de um agente num conjunto de hipóteses antes de se obterem novas provas. Servida pelo formalismo do teorema de Bayes, assume um processo aleatório subjacente. Suporta a revisão de crenças, dadas novas provas.

A probabilidade assume o mesmo compromisso que a lógica: os eventos são falsos ou verdadeiros no mundo, mesmo se o agente está indeciso quanto a isso. Utiliza o raciocínio baseado na ignorância, oposto à incerteza.

Um modelo probabilístico de um domínio consiste num conjunto de variáveis aleatórias que podem tomar valores particulares com certas probabilidades. A teoria clássica da probabilidade é baseada em axiomas que correspondem às sete propriedades da medida de uma crença: clareza, completude, continuidade escalar, dependência de contexto, consistência, condicionamento hipotético e complementaridade. Eis os principais:

1. Todas as probabilidades estão entre 0 e 1, isto é, atribui-se um grau numérico de crença entre 0 e 1 às frases do domínio.
2. As frases que são necessariamente verdadeiras (válidas) têm probabilidade 1, e as frases necessariamente falsas têm probabilidade 0.
3. A probabilidade de uma disjunção é dada por:  $P(a \vee b) = p(a) + p(b) - p(a \wedge b)$

A **teoria de Bayes** é voltada para dados históricos em que há incertezas na aquisição e seleção desses dados. Necessita conhecer todas as probabilidades *a priori*. Trabalha com múltiplas hipóteses (evidências) e com probabilidade condicional. É aplicada em condições constantes e a resposta obtida é de caráter randômico. O raciocínio ou cálculo bayesiano responde à condição *Se E então H*

com uma probabilidade  $P$ . A probabilidade condicional  $P$  da hipótese  $H$  dado que a evidência  $E$  é verdadeira dá a medida da incerteza  $p(h/e)$ .

A **abordagem byesiana modificada** trabalha com hipóteses mutuamente exclusivas e exaustivas, o que torna a evidência condicionalmente independente e diminui a complexidade computacional. Não lida com eventos incertos mas com múltiplas causas para determinadas hipóteses. Boa técnica para predições de eventos futuros (inflação, prognóstico doença). Seria o caso de uma rede com ligações múltiplas é aquela em que dois nós estão ligados por mais de um caminho. Por exemplo, quando existem duas ou mais causas possíveis para uma variável e as causas partilham o mesmo antepassado, ou ainda, em situações nas quais uma variável pode influenciar uma outra através de mais de um mecanismo causal.

Em lógica clássica um raciocínio quer dizer que as conclusões são derivadas das premissas. Isto é, se a base de conhecimentos inicial representa o mundo, então as inferências também representam fielmente o mundo. Nas probabilidades são tratadas as crenças e não o estado do mundo. Existem vários esquemas para realizar os sistemas de raciocínio lógicos, mas no caso do raciocínio com probabilidades só existe uma via: as **redes de crenças**<sup>122</sup>.

As redes de crenças são uma alternativa à teoria bayesiana. Saber sobre a independência condicional de determinado fato é vital num domínio incerto. As redes de crenças são um modo natural de representar essa informação. É uma estrutura de dados semelhante ao grafo (ver página 66) que serve para representar a dependência entre variáveis e dar uma especificação concisa da distribuição conjunta, isto é, calcular a distribuição de probabilidade (inferência) de um conjunto de variáveis de pesquisa, dado um conjunto de variáveis de evidência. Os arcos (ligações) entre os nós representam os aspectos qualitativos do domínio e as tábuas das probabilidades condicionais representam os aspectos quantitativos entre

---

<sup>122</sup> PEARL, J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. 1988.

os nós são os aspectos qualitativos do domínio. Uma rede de crenças além de ser uma representação completa e não redundante de um domínio pode também ser compacta. Isto permite manipular um grande número de peças de evidência sem crescimento exponencial dos valores das probabilidades condicionais.

A complexidade da inferência das redes de crenças depende da estrutura das redes. Em poliárvores (redes de ligações simples), o tempo de computação é linear em tamanho da rede. Embora a distribuição de probabilidades conjunta possa responder a qualquer resposta sobre o domínio, ela pode se tornar muito grande (intratável) quando o número de variáveis cresce. Além disso, especificar as probabilidades dos eventos atômicos não é natural, e pode tornar-se difícil a não ser que haja uma grande quantidade de dados a partir dos quais se possa ter estimativas estatísticas.

A topologia de rede pode ser olhada como a de uma Base de Conhecimento abstrata que se mantém em uma grande variedade de cenários porque representa mais a estrutura geral dos processos causais no domínio do que quaisquer detalhes de uma população de indivíduos.

Qual o significado de uma rede? Uma rede fornece uma descrição completa do domínio. O valor de uma entrada na distribuição da probabilidade conjunta pode ser calculada a partir da informação disponível na rede, o que quer dizer que cada entrada na junção é representada pelo produto dos elementos apropriados das tábuas de probabilidades condicionais na rede de crenças. Logo, aquelas tábuas fornecem uma representação decomposta da junção.

A rede de crenças é uma representação correta do domínio apenas se cada nó é independente condicionalmente dos seus predecessores na ordenação dos nós, dados os seus parentes. Daí, para construir a rede com uma estrutura correta para o domínio, é necessário escolher os parentes de cada nó de tal modo que esta propriedade se mantenha. Logo o crescimento da sua complexidade é linear.



A ordem correta de adicionar nós é primeiro introduzir a raiz donde origina, e em seguida, colocar as variáveis que eles influenciam até que se atinjam as folhas que não têm influência causal direta sobre as outras variáveis. Escolher a ordem errada dos nós leva a redes com mais ligações e mais probabilidades para especificar.

Em geral, um agente obtém valores para as variáveis de evidência a partir das suas percepções (ou por outro qualquer raciocínio) e pergunta os valores possíveis das outras variáveis de tal modo que possa decidir que ação deve tomar. Isto quer dizer que deve realizar as tarefas ou funções de adicionar evidência à rede e calcular a distribuição das probabilidades *a posteriori* para um conjunto de variáveis de pesquisa, dados os valores exatos para algumas variáveis de evidência.

Uma questão de natureza das inferências usando-se probabilidade é o fato de que, grosso modo, os seres humanos em determinadas situações sobrevalorizam a probabilidade de um fato ocorrer. Além disso, os especialistas humanos não se sentem confortáveis em pensar em termos de probabilidade. Suas estimativas não precisam corresponder àquelas definidas matematicamente. Outro problema é que tratamentos rigorosamente matemáticos de probabilidade utilizam informações nem sempre disponíveis ou simplificações que não são claramente justificáveis em aplicações práticas.

Em contrapartida, é fato que os sistemas de raciocínio com incerteza do tipo funcional da verdade têm problemas com o raciocínio misto ou intercausal, bem como quando não existe informação suficiente. Se o conhecimento pode ser quantificado, as teorias de probabilidade podem ser uma alternativa. A probabilidade é utilizada principalmente em bases de conhecimento, em sistemas de base de dados, em prospecção de informação (*data mining*), em pesquisa e filtragem de informação e pesquisa de textos.

A crítica à teoria de probabilidades segue em duas direções: uma é o fato de que o mundo representado deve ser fechado *a priori*. Outra é que não é

hábil para tratar ignorância nem diferenciar tipos de incerteza. Além do mais, nas avaliações probabilísticas todo cuidado é pouco com as heurísticas dos especialistas pois pode haver desconsideração do espaço amostral ou superestimação na previsão.

### 2.3.2 Teoria dos fatores de certeza

A teoria dos fatores de certeza foi proposta em 1976 para o sistema *Mycin* de medicina, adotando uma das formas mais simples do raciocínio não monótono. Tipicamente os Sistemas Especialistas associam algum tipo de fator de certeza a regras e quadros de uma base de conhecimento. Para cada um deles é fixada um fator de certeza entre zero e um, um índice numérico que define o grau de certeza do fato aí representado. A crença ou descrença na hipótese  $H$  sabendo-se da evidência  $E$  é dada por um valor, que reflete a extensão para que  $H$  seja verdadeira. Os conceitos são unidos mecanicamente, mas a produção final inclui uma probabilidade composta. Por exemplo: O fato *A é verdadeiro* tem 0.8 de chance. A relação *se A é verdadeiro então B é verdadeiro* tem 0.75 de chance. A conclusão *B é verdadeiro* tem 0.6 de chance, produto dos fatores de certeza  $0.8 \times 0.75$ .

Quando se utiliza fatores de certeza em regras as premissas bem como as conclusões das regras de produção possuem fatores de certeza. Da mesma forma, qualquer fato concluído em uma regra carrega consigo a combinação dos fatores de certeza contidos em todas as premissas e conclusões que tenham sido utilizadas para inferir aquele fato, desta ou de todas as regras que participaram ativamente no processo de inferência. Assim, quando mais de uma regra conclui o mesmo fato, o fazem com seus respectivos fatores de certeza, diferentes ou não.

### 2.3.3 Teoria da evidência de Demster Shafer

A teoria de Demster Shafer introduz um intervalo de probabilidade, logo uma forma de raciocínio céptico. As provas estão em conflito fornecendo evidência a favor e contra; não há apoio preferencial. Seria o caso da crença em uma proposição  $A$  ser escrita como:  $A [0.25, 0.85]$ . A probabilidade de  $A$  está

entre os graus 0.25 e 0.85. O primeiro termo (0.25) é medida do apoio que estabelece a verosimilhança mínima. O segundo (0.85) é a medida de plausibilidade que estabelece a verosimilhança máxima. Os graus de apoio (não são probabilidades) pró e contra uma dada frase quando somados não dão 1. Fornece um modo de combinar evidências, que satisfaz a intuição, o que não permite ter sempre uma interpretação simples em termos das frequências relativas dos resultados de um processo aleatório.

[0, 0]	a proposição é falsa
[0, 0.85]	as provas fornecem refutação parcial da proposição
[0, 1]	nenhum conhecimento sobre a proposição
[0.25, 0.85]	as provas estão em conflito, fornecendo evidência a favor e contra a proposição
[0.25, 1]	as provas fornecem apoio parcial à proposição
[1,1]	a proposição é verdadeira

**Tabela 19 - Exemplos da atribuição de graus de crenças**

Contudo, esses intervalos transformam-se em fatos quando está disponível a informação precisa sobre as probabilidades. Ocorre quando os acontecimentos são conhecidos como verdadeiros ou falsos, então os resultados das computações são consistentes com a lógica dedutiva. Neste caso, as premissas do argumento vinculam a sua conclusão, e se forem verdadeiras, a conclusão também é verdadeira. Nos casos práticos, há incerteza e as provas não suportam logicamente a conclusão. Podem também não suportar a negação da conclusão. Assim, nada poderia ser deduzido, a não ser que a verdade da conclusão seja incerta. Mas, isto ignora o apoio preferencial que as provas sempre sugerem. As provas podem suportar uma certa frase mais do que a sua negação, e daí a necessidade de graus de apoio para uma frase e para a sua negação.

Dentro de um campo de evidência, tem-se um subconjunto de hipóteses que permite levar em conta as evidências mais importantes. Determina-se valores diferenciados para as possíveis combinações dentro do universo, fazendo-se com que fatos não considerados antes, agora sejam levados em conta. Dessa forma, o peso não é 1 como em Bayes. Associa graus de crenças ao quadro de

discernimentos e a cada acréscimo de evidências nova reestruturação é necessária. A quantidade de crença atribuída a uma proposição é a força da evidência que favorece aquela proposição

Este modelo rejeita várias das sete propriedades de medida de uma crença e é baseada em funções de crença: rejeita a hipótese da completude (um grau de crença pode ser atribuído a qualquer proposição); rejeita o princípio da razão insuficiente que fornece um valor a uma proposição; rejeita a hipótese da complementariedade, superando as medidas que são atribuídas a uma proposição e à sua negação.

Qualquer notação para descrever graus de crença deve abordar 2 aspectos: primeiro, a natureza das frases para as quais os graus de crença são atribuídos e segundo, a dependência do grau de crença do estado de conhecimento do agente.

Baye	probabilidade	Modelo indutivo para registros históricos e não complexos
T. evidência	grau de confirmação da evidência	quando não é necessário muita precisão e o objetivo é a redução da complexidade
F. certeza	grau de crença	para conclusão rápida
C. difusos	grau de pertinência	para interface com linguagem natural e que tenta modelar a informação como realmente é percebida

**Tabela 20 - Sistemas numéricos de tratamento da imprecisão**

## 2.4 Tecnologias de IA

Acima já fora afirmado, em outros termos, que as três grandes áreas da IA são a representação do conhecimento, o raciocínio e a aprendizagem por máquina. Em alguns casos o estudo da linguagem natural é acrescentado neste rol. Dentre essas áreas há técnicas específicas de tratamento do conhecimento, da IA, tais como os Sistemas Especialistas, os sistemas de Raciocínio Baseado em Casos, representantes do **modelo cognitivo** e as Redes Neurais (conexionismo) e os

algoritmos genéticos, representantes da **escola reativa**. Esta se caracteriza por agentes baseados no comportamento e sua adaptação ao meio ambiente enquanto que a escola simbólica defende a necessidade da representação das coisas.

De outra forma e também em termos gerais qualquer técnica pode ser agrupado ou dentro de uma **visão analítica** ou de uma **visão sintética**. Na primeira procura-se compreender a inteligência e seu grande objeto: o conhecimento. Por isso é rica em teoria e modelos de representação do mesmo. Na segunda a preocupação está na construção de sistemas autônomos, na aquisição automática de conhecimento, no raciocínio e aprendizagem do agente. Neste caso o modelo é pobre em teoria e está muito próximo ao paradigma empírico.

Dentro da visão analítica existem os modelos clássicos **dedutivos** em que um conceito é definido através de condições ou características necessárias e suficientes. Hierarquias de regras especificam as condições sob as quais um conceito é verdade ou falso. Hierarquias de classes definem sub-tipos de conceitos e colocam objetos diferentes em grupos e sub-grupos. Entre os modelos sintéticos encontram-se os sistemas **indutivos** ou modelos de exemplos. Usar precedentes através da indução e da analogia é vantajoso especialmente na superação dos problemas de classificação. Porém, analogia e indução são inerentemente não computacionais. O Raciocínio Baseado em Casos adiante colocado é uma tentativa de imitar estas técnicas baseadas em exemplos em que é apresentado instâncias prototípicas nas quais se baseiam dada classificação.

Mesmo sendo rigorosas essas diferenciações, há uma imprecisão fronteira entre as técnicas inseridas nesses campos, na medida em que certos aspectos exigem pontos de vista complementares. Além do mais, é corrente na IA utilizá-las de modo não isolado, mas integrá-las em soluções híbridas. A rota para a integração de tecnologia é um traço marcante da IA.

ANO	SUB-ÁREAS	PESQUISADORES	SISTEMA
1962	Redes Neurais	Roseblatt	Perceptron
1969	Busca Heurística	Newell & Simon	Resolução de problemas gerais - GPS
1971	Representação do Conh.	E. Feigenbaum	Dendral
1975	Algoritmos Genéticos.	Holland	
1976	Sist. Baseado em Conh.	Shortliffe	Mycin
1982	Aprendizado por Máq.	Lenat, Samuel, Holland	Eurisko

**Tabela 21 - Sub-áreas da IA - exemplos pioneiros**

#### 2.4.1 Algoritmos analíticos de aprendizagem

A aprendizagem é a capacidade que um agente ou sistema de melhorar o seu desempenho em uma classe de tarefas como resultado da experiência. O problema da aprendizagem envolve os conceitos de exemplo de treino, de teoria sobre o domínio, alvo, hipóteses. O algoritmo EBG de Mitchell é um exemplo de sistema de aprendizagem do tipo analítico, ou seja, utiliza poucos exemplos e muita teoria com modelos de representação. Em termos computacionais há um controle supervisionado explicando-se e analisando-se os resultados obtidos, mas a escolha e a ordem dos passos não são feitas incrementalmente. A tarefa para que se presta é a resolução de problemas.

Para cada exemplo de treino positivo não coberto pelas hipóteses três etapas são seguidas:

1. Explicar (provar) como o exemplo de treino satisfaz o conceito alvo usando a teoria sobre o domínio;
2. Analisar a explicação generalizando o máximo de forma compatível com a teoria;
3. Refinar as hipóteses acrescentando uma nova regra cujos antecedentes são as condições determinadas em 2 e cujo conseqüente afirma o conceito alvo.

O grande problema desta perspectiva é a teoria na qual o algoritmo se baseia, na medida em que essas teorias podem ser imperfeitas, incompletas, inconsistentes ou intratáveis.

#### 2.4.2 Algoritmos indutivos de aprendizagem

São mais utilizados em problemas de classificação (tarefa) em que não existe um especialista na área ou este não consiga formalizar o conhecimento que possui (muito intuitivo e extenso). A aprendizagem do modelo ocorre indutivamente a partir de um conjunto de exemplos de treino positivos e negativos de uma classe, uma amostra significativa, num ambiente computacional supervisionado e não incremental. Evita-se assim, um processo de aquisição de conhecimento de especialistas da área. Segundo a própria indução, pretende fazer conclusões gerais a partir de um número limitado de informações. Como técnica, possui a característica de escolher os atributos ou fatores mais importantes (representação da experiência), gerando uma árvore de decisão (representação do conhecimento) mais enxuta e mais geral.

É capaz de produzir novos conhecimentos, de descobrir fatores de decisão críticos, eliminar aqueles que são irrelevantes e descobrir contradições.

exemplos	VENTO	CÉU	PRESSÃO	CHUVA
1	Norte	Nublado	Queda	-
2	Sul	Claro	Estável	+
3	Norte	Nublado	Ascensão	-
4	Norte	Nublado	Estável	-
5	Norte	Claro	Estável	+
6	Norte	Claro	Ascensão	+
7	Norte	Claro	Queda	+
8	Sul	Nublado	Estável	-

**Tabela 22 - Exemplos de um modelo indutivo**

O problema básico dos sistemas indutivos é a geração da árvore de decisão e a partir dela, as regras da base de conhecimento. Como or-

ganizá-la, qual a ordem dos fatores, que fatores? Os algoritmos CLS (sistemas de aprendizado de conceitos de HUNT) e ID3 (algoritmo de regras de indução geral de Quinlan, 1979) fazem essa tarefa. Em poucas palavras: define-se a quantidade de informação agregada, montando uma tabela com os fatores de decisão, seus

valores e as soluções possíveis para cada exemplo; discrimina-se cada atributo utilizando-se o algoritmo CLS; seleciona-se o atributo com mais informação e gera-se a árvore. Esta tem em seus nós superiores os fatores mais importantes e que geram outros nós (com fatores menos importantes) ou definem uma solução positiva ou negativa (nós disjuntivos), que por sua vez não geram mais nós. Sempre que houver uma situação em que existem soluções positivas e negativas em um determinado fator (exceções), este gerará novos nós até encontrar uma solução única (positiva ou negativa).

Possui limitações: não utiliza da técnica de probabilidades, fazendo com que a inclusão de mais exemplos que representem uma determinada característica já posta no sistema não tenha influência sobre o modelo; ao mesmo tempo os resultados são sensíveis a pequenas alterações das características do sistema; não consegue lidar com exemplos contraditórios; se a classificação for mal efetuada o algoritmo colapsa e fornece resultados inconsistentes; não sabe classificar valores com ruído, parcialmente destruídos, incompletos ou em falta; há preferência pelas hipóteses simples em vez das complexas (polarização); quando existem muitas hipóteses consegue classificar bem os exemplos de treino, mas classifica mal os exemplos de teste (sobreajustamento - *overfitting*).

### 2.4.3 Algoritmos Genéticos

Esta área da IA tem como metáfora a evolução das espécies. Nela há a seleção natural a partir da qual sobrevivem os mais aptos e ocorre a reprodução adaptativa (*fitness*), há a recombinação ou permuta de material genético (*crossover*) e a mutação ou introdução de material genético novo que assegura a diversidade da população (*mutation*).

Da mesma forma que as redes neuronais os algoritmos genéticos pertencem ao modelo reativo em que algoritmos de procura cega, paralela e estocástica são guiados pelos princípios da seleção natural, da dinâmica das



populações e da genética. Teve o seu marco inicial em 1975<sup>123</sup>. São procedimentos interativos que mantêm uma população de elementos individuais ditos cromossomos considerados soluções ou candidatos à solução dentro de um domínio específico e que permitem determinar quais respostas são mais adequadas em função do estímulo exterior, do ambiente. Dessa forma consegue atribuir recursos a tarefas respeitando ou satisfazendo restrições (escalonamento).

A aprendizagem do modelo ocorre indutivamente num ambiente computacional não supervisionado e não incremental, ao contrário do modelo conexionista. Sua grande tarefa é a resolução de problemas com otimização, ou seja, baseia-se sobre o postulado heurístico de que a melhor solução será achada.

Dada uma função de adaptabilidade, uma probabilidade de recombinação, uma probabilidade de mutação e um critério de paragem, o algoritmo deve determinar o indivíduo que maximiza. Eis os seus passos de solução:

1. Definir aleatoriamente e avaliar os indivíduos da população inicial;
2. Existindo um indivíduo que satisfaça o critério de paragem então o algoritmo para;
3. Caso contrário: 3.1 Selecionar indivíduos da população inicial de acordo com a função de adaptabilidade; 3.2 Recombinar os indivíduos de acordo com a probabilidade de recombinação; 3.3 Muta os indivíduos de acordo com a probabilidade de mutação; 3.4 Define e avalia indivíduos novamente; 3.5 Volta a 2.

#### **2.4.4 Redes neuronais**

O modelo conexionista foi inaugurado com McCULLOCH e PITTS<sup>124</sup> em 1943 com o conceito de neurônio artificial. Em 1962 foi construído o sistema

---

<sup>123</sup> HOLLAND, John H. Adaptation in natural and artificial systems. 1975.

<sup>124</sup> McCULLOCH, W S. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. 1943.

Perceptron<sup>125</sup>, marco importante no desenvolvimento desta linha de trabalho. Tendo como metáfora o cérebro humano que é composto por uma rede de componentes simples, este modelo reativo constitui-se de uma rede de neurônios artificiais que realizam cálculos não lineares e analógicos (função de ativação) produzidos por uma arquitetura modular de processadores organizados em camadas (topologia) e altamente conectivos num ambiente computacional supervisionado e incremental.

<b>sistema</b>	<b>empírica</b>	<b>analítica</b>	<b>conexionista</b>	<b>genética</b>
<b>metáfora</b>	computador	computador	cérebro	espécies
<b>teoria</b>	pouca	muita	pouca	pouca
<b>rep. da experiência</b>	atributo/valor	relacional	características binárias	cadeias binárias
<b>rep. do conhecimento</b>	árvore de decisão	relacional	números reais	cadeias binárias
<b>aprendizagem</b>	empírica	analítica	empírica	empírica
<b>ambiente</b>	superv. não incrementado	superv. não incrementado	superv. incremental	não superv. não incremental
<b>exemplo de sistema</b>	id3: Quinlan, 1986	ebg: Mitchell, 1986		
<b>tarefa</b>	Classificação	resolução de problemas	Reconhecimento de padrões	resolução de problemas com otimização

**Tabela 23 - Comparação entre sistemas ou técnicas de IA**

Este modelo computacional distingue-se do modelo tradicional simbólico por substituir a programação externa, conceitual, por uma aprendizagem empírica através de treinamento usando algoritmos, subconceitual, sem regras determinísticas. Controla-se as entradas (várias entradas) e a saída, mas o processo em si é desconhecido. Compara-se a uma caixa preta em que não é possível olhar para dentro dela e ver o que acontece. Enfim, consiste de um número de pequenas

<sup>125</sup> ROSENBLATT, F. Principles of neurodynamics. 1962.

unidades de processamento primitivo ligados simultaneamente (altamente interconectados) com pesos e direções definidas.

Tendo em vista que consegue executar aprendizagem por analogia tem condições de obter solução aproximada do problema (imprecisão e incerteza) e de reconhecer padrões. Portanto, sua principal tarefa é a classificação de situações complexas.

Os problemas decorrentes desse modelo são o distanciamento do modelo biológico inicialmente tomado como paradigma; a absoluta falta de metodologia e o demasiado empirismo no projeto de implementação das redes e a impossibilidade de integração com a perspectiva simbólica da IA. Portanto, o problema básico da neurociência é de engenharia reversa, que necessariamente, partindo de um modelo neurofisiológico poderia resolver o problema do método e por consequência, da construção de um modelo de inferências simbólico.

#### **2.4.5 Raciocínio Baseado em Casos**

O Raciocínio Baseado em Casos<sup>126</sup> é uma técnica cognitiva de IA que utiliza o método ou raciocínio analógico, ou seja, encontra-se entre os modelos indutivos de raciocínio. Sua preocupação centra-se nos campos do raciocínio e da aprendizagem em contraposição aos modelos analíticos e baseados em conhecimento como os Sistemas Especialistas. Porém, não pertencem a escola reativa como as redes neuronais e os algoritmos genéticos.

Determinar qual a posição subjetiva de um caso dentro de um domínio de experiências consiste na formulação do problema para o desenvolvimento de um sistema de Raciocínio Baseado em Casos. Não é uma ferramenta de base de dados mas a partir de uma base busca a similaridade entre os casos e não o casamento de palavras. Parte do princípio de que para problemas similares soluções similares. Deve haver, portanto, similaridade estrutural entre domínios diferentes, existência de padrões no comportamento (regularidade), bem como nos casos (tipicidade). Além do mais, um caso é similar ao outro somente dentro do

domínio de conhecimento da aplicação. Um caso é uma abstração de uma experiência e pode assumir diferentes formas de representação. O exemplo mais simples de um caso é uma experiência descrita através de atributos devidamente valorados.

#### 2.4.5.1 Etapas de Desenvolvimento

O problema da **representação do conhecimento** nos sistemas de Raciocínio Baseado em Casos envolve primordialmente a modelagem dos casos. Um conjunto de casos compreende uma base de casos, também chamada de memória. Os modelos de base de casos são estruturas de organização dos casos e há uma variedade delas. No início foram as redes semânticas. Seguiram-se o modelo de memória episódica, do psicólogo TULVING, o modelo de Memória Conceitual, os *scripts*, posteriormente, os *MOPS* (*memory organization packets*), e finalmente o modelo de Memória Dinâmica de SCHANK<sup>127</sup>. Como em qualquer sistema inteligente, dependendo do domínio da aplicação do sistema, a descrição dos casos deverá tomar a forma mais adequada.

A **indexação** nada mais é do que tornar as características dos casos em índices, isto é, marcar as características do caso que definirão a recuperação na base e darão o grau de similaridade com o caso de entrada. Os índices não cobrem todas as circunstâncias mas aquelas definidas como importantes naquele domínio. São consideradas isoladamente e umas em relação às outras. O papel dos índices é a identificação ou atribuição de um rótulo aos casos, delimitando a busca da solução. Na atribuição de índices deve-se levar em conta expressividade, abrangência, relevância, extensão, especificidade, generalidade ou abstração, utilidade, realismo ou concretude. Esta complexidade na organização dos índices torna a indexação o gargalo do Raciocínio Baseado em Casos. Quanto melhor a indexação mais eficientes serão a recuperação e a reutilização.

---

<sup>126</sup> WEBER, Rosina. Pesquisa jurisprudencial inteligente. 1998.

<sup>127</sup> SCHANK, Roger C. Dynamic memory. 1982.

A partir de um problema a ser resolvido, a etapa de **recuperação** consiste em fazer uma busca na memória de casos e selecionar quais poderão ser aproveitados de acordo com determinada similaridade em relação ao problema de entrada. A recuperação pode utilizar uma métrica ou pode ser orientada por metas ou por restrições. Métodos de classificação também podem ser utilizados. Também requer que um limiar seja estabelecido para definir ou um limite de casos que podem ser recuperados ou um limite de medida de similaridade para que sejam recuperados somente os casos que ultrapassem este limite. Há três maneiras de recuperar casos, a saber: 1. buscando diretamente os índices das características; 2. fazendo uma busca em uma estrutura de índices; e 3. fazendo a busca em um modelo de conhecimento mais amplo. A seleção do caso escolhido é a etapa final de recuperação. Segundo algum método de seleção, (pergunta ao usuário, heurísticas, regras, etc.) realiza-se a escolha do caso cuja solução será utilizada como saída do sistema.

Se a tarefa do sistema é a resolução de problema e não uma interpretação o próximo passo é revisar o caso escolhido e sua solução para verificar a necessidade de **adaptação** ao problema de entrada. Vai além do julgamento, diagnóstico e classificação; busca a explicação, o planejamento. Para tanto usam-se regras condicionais. Pode-se escolher entre duas abordagens: derivativa (usa do método utilizado anteriormente para resolver o problema) e transformativa (muda, apaga ou substitui o conhecimento do caso recuperado para se adaptar ao problema de entrada). No interior destas abordagens existe uma série de métodos ou técnicas de adaptação.

Assim que a adaptação é feita, a solução do caso escolhido pode ser então reutilizada para resolver o problema de entrada. A inclusão do caso adaptado, reutilizado e avaliado consiste na etapa de **aprendizagem**. É qualquer alteração feita no sistema, seja no nível dos atributos, da métrica de similaridade ou dos pesos. Para tanto há a necessidade de uma avaliação da qualidade da

solução, que pode ser programada automaticamente ou exigir a participação do usuário.

Os sistemas de Raciocínio Baseado em Casos podem funcionar perfeitamente até aqui. Entretanto, uma outra etapa surge quando é difícil para o usuário apresentar o problema de entrada nos moldes dos casos da base. É necessário então fazer o **ajuste da situação**.

Na **validação**, uma questão exclusiva dos Raciocínio Baseado em Casos trata-se de avaliar se a tarefa proposta ao sistema é baseada em casos. O fato de ser o Raciocínio Baseado em Casos uma técnica de representação rápida dificulta esta fase de validação, isto é, exige um maior cuidado em verificar erros de representação. Uma das questões importantes na validação do sistema é se há casos disponíveis e se estes casos têm seus pontos principais modeláveis em computador; outras: se é viável desenvolver uma métrica de similaridade; se há especialistas humanos que executem esta tarefa baseados em casos.

BANKXX	geração de argumentos no domínio da legislação federal de falências.
GREBE	aplica regras baseadas em preceitos legais e bom senso sobre casos legais, para identificar e explicar conseqüências legais de uma situação.
HYPO	constrói argumentos tanto para defesa como para a acusação utilizando casos legais que compartilham das mesmas características. O sistema constrói um argumento, uma réplica e uma tréplica para seu <i>cliente</i> . O caso de entrada é dividido em dimensões que serão avaliadas dentro de um leque que vai das fortes às fracas. O domínio é o Direito relativo aos segredos comerciais.
JUDGE	constrói sentenças para crimes de homicídio praticados por delinqüentes juvenis a partir de situações de briga. A solução é construída em cima de circunstâncias do crime (quem iniciou a luta, grau de violência e quais as chances do acusado reincidir) através de adaptações feitas sobre uma situação similar.
PERSUADER	atua como mediador de negociações sindicais, adapta planos considerando as metas e restrições dos agentes envolvidos, elabora argumentos e adapta os padrões praticados na indústria.

**Tabela 24 - Aplicações de Raciocínio Baseado em Casos no Direito**

#### 2.4.5.2 Vantagens e desvantagens do Raciocínio Baseado em Casos

Um forte argumento para a utilização do Raciocínio Baseado em Casos para a simulação de um especialista humano é o fato de o que faz um especialista é sua experiência e esta é captada sem necessidade de algoritmos ou aquisição de conhecimento<sup>128</sup>. Basta que o mesmo problema (ou outro muito similar) já tenha sido resolvido e seja colocado em um banco de casos. A representação do conhecimento resume-se em escolher o tipo de estrutura daquela base. Em aplicações em que a complexidade exigir, é necessária a criação de índices, entretanto muitas aplicações omitem este passo.

Uma outra vantagem é a consciência que estes sistemas possuem de suas limitações. Não encontrando casos com a devida similaridade o sistema não gera solução alguma. Além disso, a identificação do problema pelo sistema não precisa ser exaustiva ou perfeitamente compreendida para que possa propor uma solução.

Dessa forma, é uma boa técnica para áreas com fracas teorias ou modelos, com muitas mudanças no domínio e com pouco conhecimento explícito ou documentado. Por isso necessita de pouca informação externa além dos fatos relativos ao caso, o que a torna mais tolerante e mais imprecisa que os sistemas dedutivos. Esta característica faz o sistema comporta-se como uma caixa preta, já que não permite analisar os problemas do raciocínio intuitivo pragmático. Embora o Raciocínio Baseado em Casos supostamente possui uma vantagem sobre os SBR eliminando cadeias semânticas complexas, ele sofre de obstáculos de intratabilidade teórica, pois sem qualquer teoria adicional não pode ser avaliado quais características de um caso se mostrarão pertinentes. Muito freqüentemente, parâmetros legais são considerados importantes pelos programadores sem que haja fundamentação em qualquer teoria, embora a utilidade de tais sistemas dependa

---

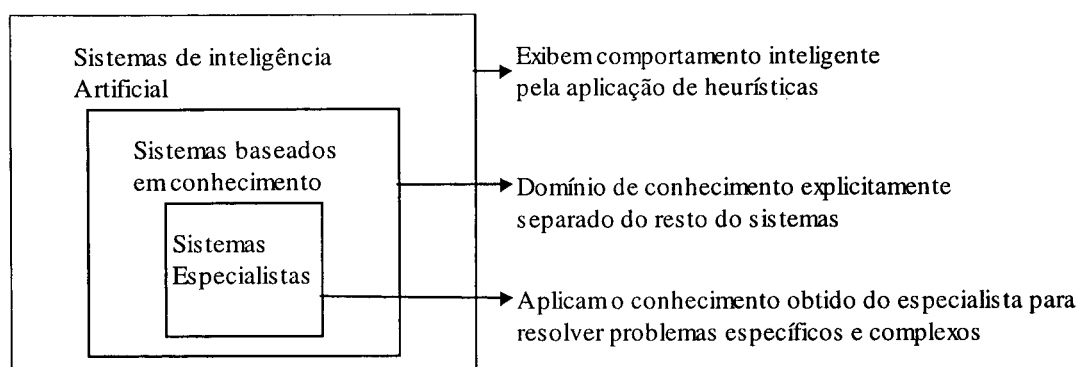
<sup>128</sup> KOLODNER, Janet L. Improving human decision making through case-based decision aiding. 1995.

criticamente daquele conjunto de atributos selecionados. Ambos, seleção de atributos e escolha de pesos associados são altamente arbitrários<sup>129</sup>.

O fato dos sistemas de Raciocínio Baseado em Casos procurar definir a similaridade relevante entre casos os torna um modelo indutivo. Neste caso, além de torná-los presos ao passado, suas conclusões nunca serão necessárias, dadas as premissas ou os casos similares e seus atributos.

#### 2.4.6 Sistemas Especialistas (SE)

Todos os SE são Sistemas Baseados em Conhecimento, mas a recíproca não é necessariamente verdadeira. Todos estes dois sistemas por sua vez, estão contidos na grande área da IA.



**Figura 2 - Relação entre a IA, os Sistemas Baseados em Casos e os SE<sup>130</sup>**

A idéia fundamental dos sistemas especialistas foi originada do sistema DENDRAL<sup>131</sup>, em que uma grande soma de conhecimento heurístico foi posto em regras, procurando resolver o problema de se inferir estruturas moleculares a partir da informação espectrográfica de massa.

Em 1976 SHORTLIFFE<sup>132</sup> desenvolveu o SE para a área médica MYCIN, o qual teve um papel crucial no desenvolvimento dos futuros sistemas especialistas baseados em regras. Desenvolvido para resolver o problema do

<sup>129</sup> KOWALSKI, Robert Andrzej. Case-based reasoning and the deep structure approach to knowledge representation. 1991.

<sup>130</sup> WATERMAN, Donald. A. A guide to expert systems. 1986.

<sup>131</sup> FEIGENBAUM, E. A. DENDRAL and meta-DENDRAL: Their applications dimensions. 1978.

<sup>132</sup> SHORTLIFFE, Edvard H. Computer-based medical consultations: Mycin. 1976.



diagnóstico e tratamento de doenças infecciosas do sangue, através de um conjunto de 400 regras, o sistema utilizava busca exaustiva com encadeamento para trás, combinado com funções heurísticas para ordenar as hipóteses inferenciadas.

<b>Características</b>	<b>SE</b>	<b>Rede neuronal</b>
Capacidade explicação	excelente	nenhuma
Aquisição de conhecimento	especialista humano	exemplos
Ambiente de desenvolvimento	Grande	pequeno
tempo de desenvolvimento	12 - 18 meses	semanas
Manutenção do sistema	Complexa	simples
Velocidade de processo	demorado	rápida

**Tabela 25 - Comparação entre SE e rede neuronal**

Existem vários conceitos de SE, dependendo das características que se deseja enfatizar. Mas, em geral, os SE são definidos como um ramo da IA que faz exten-

sivo uso de conhecimento especializado, para resolver problemas no nível de um especialista humano<sup>133</sup>. Se um programa é um conjunto de dados + algoritmo, um SE é conhecimento + conclusão.

#### **2.4.7 Sistemas computacionais híbridos**

Toda técnica de IA é um modo de explorar o conhecimento que deve ser representado de modo tal que possa:

1. capturar generalizações, isto é, situações que partilhem propriedades importantes deverão ser agrupadas (classificação), não necessária a representação separada de cada situação individual. Se o conhecimento não tiver essa propriedade, será necessário mais memória para representá-lo e mais tempo para mantê-lo atualizado;
2. ser compreendido por pessoas que necessitam supri-lo;
3. ser facilmente modificado para corrigir erros e para refletir mudanças no mundo e em nossa visão do mundo;

4. ser utilizado em muitas situações, mesmo quando não totalmente preciso ou completo;
5. ser capaz de trabalhar com grandes volumes, ao estreitar a faixa das possibilidades que deverão normalmente ser consideradas. Uma das técnicas de IA que melhor conseguiu resolver esses problemas foi o SE.

Toda técnica possui algum ponto fraco que não responde bem a alguma das características acima mas que pode ser suprido com a combinação vantajosa de outras tecnologias que permite a otimização e solução de diversos problemas. Combinam-se Sistemas Baseados em Conhecimento, SE, Raciocínio Baseado em Casos, redes neuronais, algoritmos genéticos. Alternativas de arquiteturas são muitas dentro da IA.

Os problemas que envolvem a construção de sistemas inteligentes são diversos: dificuldade no uso de informação, grande número de variáveis, número grande de acesso ao programa, restrições de variáveis. Uma boa solução é a integração de técnicas, numéricas, baseadas em conhecimento (SE) ou reativas (redes neuronais).

Isoladamente, cada técnica tem suas vantagens e desvantagens. A deficiência de um modelo é suprida pelo outro e vice versa. A principal desvantagem ao desenvolver modelos com técnicas numéricas está na dependência do modelo, já que este não serve para todas as situações em que o modelo poderia ser utilizado. Também há limitada escalabilidade. Utilizando-se dos SE o problema que surge é a limitada complexidade do domínio que inviabiliza modelos maiores. Contudo, podendo esgotar as possibilidades dentro dos parâmetros dados, sendo o modelo predizível, ele não cria novas regras e novas metas e dá boas respostas. Havendo possíveis deficiências nas regras é possível construir métodos de controle que supram essa dificuldade. Utilizando-se algoritmos genéticos a grande vantagem é que os cromossomos são modelos e a

---

<sup>133</sup> GIARRATANO, J. Expert System - Principles and Programing, 1989.

tarefa que se coloca é a busca de um conjunto de modelos, de cromossomos. A desvantagem é o elevado custo operacional na codificação. Dentro das metodologias baseadas em casos, há integrações com metodologias com conhecimento mais geral.

A preocupação com a construção de sistemas híbridos vem aumentando nas pesquisas de IA. Há um consenso de que este será o futuro dos sistemas que se propõem a realizar tarefas que anteriormente eram exclusivas de especialistas humanos.

### 3. SISTEMAS ESPECIALISTAS

#### 3.1 Definições, vantagens e distinções

Existem vários conceitos de Sistemas Especialistas (SE), dependendo das características que se deseja enfatizar:

1. como ramo da IA - que faz extensivo uso de conhecimento especializado, para resolver problemas no nível de um especialista humano;
2. tendo em vista os problemas que resolve - um programa computacional inteligente que utiliza conhecimentos e procedimentos para resolver problemas, que são suficientemente difíceis para requererem significativa experiência humana para a sua solução;
3. atuação em um restrito domínio - programa que tem uma grande base de conhecimento em um restrito domínio, e usa um complexo encadeamento de inferências para desempenhar tarefas, as quais um especialista poderia executar.

Uma característica que perpassa as três definições acima refere-se ao domínio restrito de conhecimento. A este conteúdo restrito do qual o SE possui uma base de conhecimento, é dado o nome de **domínio do conhecimento**; ao conhecimento relativamente mais amplo, e que não é tratado pelo domínio de conhecimento, mas que faz parte daquele conhecimento, **domínio do problema**. Tudo o mais, pertence ao ambiente circundante.

Sistemas especialistas são uma forma especial de informação, requerendo uma análise e uma metodologia de projeto que envolvem em sua construção conceitos usados pelo raciocínio simbólico tais como classes, objetos, relações, atributos, quadros, herança e hierarquia.

Esta especialização requerida pelos SE consiste do conhecimento sobre um domínio específico, bem como da compreensão do domínio do problema e habilidade para resolver alguns destes problemas. Portanto a especialização requerida pelos SE é formada não somente pelo conhecimento público disponível

em livros e manuais da área, mas também pelo conhecimento privado (ver página 36), obtido diretamente dos especialistas.

### **3.1.1 Características e vantagens**

1. disponibilidade de espaço para novos conhecimentos
2. custo relativamente reduzido;
3. registros permanentes, confiáveis e substituíveis;
4. múltipla perícia, ou seja, representação do conhecimento de mais de um especialista;
5. permite explicação, justificação mais elaborada dos passos e respostas dadas, listando as razões e conseqüências, as hipóteses e prognósticos possíveis;
6. rapidez e alto desempenho na resposta;
7. respostas estáveis, completas e não emocionais, subjetivas;
8. flexibilidade ao incluir, excluir e alterar o conhecimento;
9. utilização de raciocínio simbólico;

### **3.1.2 Uso apropriado**

O uso dos SE não é irrestrito, ou seja, existem problemas que são mais eficientemente resolvidos com programas procedimentais convencionais. Na verdade os SE devem ser utilizados em problemas que apresentem características específicas. Estas características estão relacionadas com o tipo de programação e conhecimento envolvidos. Existem tarefas que apontam para o uso dos SE<sup>134</sup>:

1. requer manipulação simbólica;
2. requer solução heurística;
3. a realização da tarefa exige certa dificuldade;
4. a tarefa tem valor prático;
5. a tarefa possui um tamanho realizável que possa ser realizada dentro de um tempo razoável.

Outras situações em que o uso dos SE são recomendados:

1. quando existe escassez de especialistas;

2. quando a informação disponível é pobre, parcial ou incompleta, ou quando o problema não é completamente definido;
3. quando o conhecimento é baseado em regras que somente podem ser aprendidas através da experiência;
4. quando o problema está sujeito a rápidas mudanças de regras e códigos;
5. quando o conhecimento é eminentemente analógico.

Programa Convencional	Sistemas Especialistas
Representação e uso de dados	Representação e uso de conhecimento
Busca por algoritmo	Busca heurística
Processo interativo, repetitivo	Processo de inferência
Manipulação de grandes bases de dados	Manipulação de grandes bases de conhecimento

**Tabela 26 - Distinções<sup>135</sup> entre sistemas convencionais e SE<sup>136</sup>**

### 3.1.3 Diferenças com os programas convencionais

Algumas das características que distinguem os SE dos programas convencionais, são:

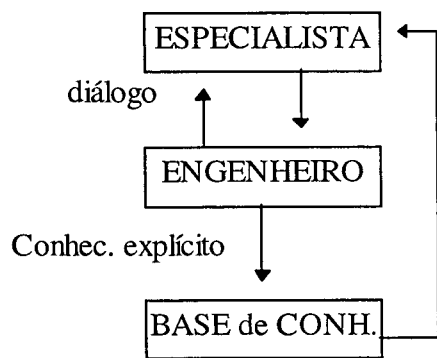
1. os sistemas especialistas trabalham com heurísticas declarativas e com processamento simbólico, e não com processamento numérico; também não são apropriados para trabalhar com conhecimento causal, mais complexo que o heurístico e que envolve uma série de domínios diferentes (definir as diferentes causas da dor de cabeça);
2. estes sistemas são dirigidos aos dados (*data driven*) ou dirigidos às metas (*goal driven*) e não aos procedimentos, como os programas convencionais;
3. Enquanto isto, nos SE há uma separação clara entre conhecimento e as rotinas que sobre ele serão disparadas;

<sup>134</sup> WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. 1986.

<sup>135</sup> WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. 1986.

<sup>136</sup> Ver a controvérsia sobre estes métodos em WINOGRAD, Terry. Frame representation and the declarative-procedimental controversy. 1975.

4. A construção do SE é um processo interativo entre o especialista e o engenheiro de conhecimento;
5. Há uma fase muito particular nos SE chamada aquisição do conhecimento.



**Figura 3 - Relação entre o especialista e o engenheiro de conhecimento**

Na verdade, para que um determinado problema seja eficientemente abordado e resolvido num SE, é necessário que o problema apresente certas características. De outra forma, o uso dos programas convencionais será mais conveniente.

#### 3.1.4 Diferenças com os especialistas humanos

Os SE são programas que emulam o conhecimento especializado de um especialista humano. Dessa forma, apresentam-se aqui as *qualidades* e as limitações dos SE, confrontando-as com as dos especialistas humanos, procurando-se justificar a utilização destes sistemas não em substituição ao especialista, mas sim como uma importante ferramenta de trabalho para uso do próprio especialista.

Especialista Humano	Sistema Especialista
Perecível	Permanente
Difícil de transferir	Fácil de transferir
Difícil de documentar	Fácil de documentar
Não previsível	Consistente
Caro	Baixo custo
Criativo	Sem inspiração
Adaptativo	Necessita de comando, ensinado
Experiência sensorial	Estruturas simbólicas
Visão ampla na resolução de um problema	Foco estreito
Senso comum	Conhecimento técnico

**Tabela 27 - Comparação entre SE e especialista humano<sup>137</sup>**

Além dessas vantagens outras se seguem, as quais justificam o uso dos SE para determinada classe de problemas:

**Disponibilidade** - Os especialistas em qualquer área do conhecimento humano não nascem especialistas, ou seja, eles se formam a partir de muito treinamento e através de muita experiência prática, resolvendo problemas técnicos da sua área e construindo suas heurísticas. Este tipo de conhecimento é raramente documentado, mas pode ser adquirido do especialista através do processo de aquisição do conhecimento. É importante pois, que este conhecimento que demorou anos para ser formado não se perca, mas seja transferido para o SE, podendo assim ser facilmente atualizado, incrementado ou manipulado.

**Consistência** - Mesmo o mais bem preparado especialista pode cometer erros que normalmente não cometeria, ou mesmo esquecer algum ponto importante. A explicação é simples: o especialista é um ser humano falível. Os sistemas especialistas por sua vez, não são emocionais e apresentam um comportamento constante e conseqüente, não estando sujeitos às condições do meio.



**Compreensão** - É muito difícil conseguir uma opinião de consenso entre especialistas, sobre um determinado problema técnico. Contudo, a base de conhecimento do SE pode conter todas as regras e heurísticas não conflitantes de vários especialistas. Desta forma o SE poderá inferir conclusões baseado no conhecimento de vários especialistas.

### 3.2 Componentes e construção de um Sistema Especialista

Tipicamente um SE é composto dos seguintes componentes: base de conhecimento, que inclui a memória de trabalho, e o mecanismo ou motor de inferências. Também é necessário uma interface que faça a mediação entre o sistema e o utilizador.

#### 3.2.1 Base de conhecimento

A Base de Conhecimento é o elemento que armazena o conhecimento, isto é, o conjunto de situações, hipóteses e convicções sobre o mundo e as relações entre essas entidades pertencentes à área ou domínio específico a ser representado. É aqui que são representados o conhecimento heurístico particular do especialista e o conhecimento de consenso (ver página 36) obtido nos livros e manuais. Portanto, é um elemento importantíssimo do SE. É o seu cérebro.

A Base de Conhecimento organiza de duas formas o conhecimento acima, na base de fatos e na base de regras.

A **base de fatos** contém os fatos que representam os aspectos de um domínio específico que são conhecidos *a priori* pelo SE e que não mudam: aspecto estático. Fazendo um paralelo com o cérebro humano, corresponderia à memória de longo prazo, enquanto que a memória de curto prazo seria a **memória de trabalho**, o conjunto de fatos que passam a ser utilizados pela máquina em uma determinada inferência. A memória de trabalho é o elemento que armazena o conhecimento concreto, ou seja, o conhecimento que pode ser considerado fato antes do processo de inferência ou durante o processo de consulta. Esta memória é

---

<sup>137</sup> WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. 1986.

de carácter transitório, pois sempre novos fatos são acrescentados e outros são apagados.

A **base de regras** contém as regras que representam as várias possibilidades de manipulação daqueles fatos ou as relações entre eles. São utilizadas pelo motor de inferências na medida em que este procede o encadeamento das mesmas, gerando novos fatos. É o aspecto dinâmico da Base de Conhecimento.

O conjunto dos fatos e das regras constitui a Base de Conhecimento e portanto, o conhecimento representado no SE. Os fatos contidos na memória de trabalho não constituem conhecimento por si só. Cabe ao motor de inferências interpretá-los utilizando as regras. Analogamente, um livro é uma fonte de conhecimento, mas se não houver um leitor, é apenas tinta sobre papel. O motor de inferências faz o papel do leitor.

Para armazenar o conhecimento utiliza-se um formalismo de representação do conhecimento e este é um dos elementos que define como a base é organizada. Normalmente a Base de Conhecimento possui uma base de regras formada por um conjunto de regras condicionais chamadas sistemas de produção.

O conhecimento armazenado nesse lugar bem delimitado, a Base de Conhecimento, pode ser modificado facilmente. Essa é uma das características que tornam os SE uma ferramenta especial na representação de problemas complexos.

### **3.2.1.1 Manutenção da verdade em base de conhecimento**

A manutenção da verdade (*Truth Maintenance System - TMS*) é um momento da representação do conhecimento que se constitui no processo de tomar conta das proposições e da sua ordem em uma Base de Conhecimento, sejam elas adicionais ou que necessitam ser retiradas da Base de Conhecimento, de forma a preservar a sua consistência, a sua verdade. Para tanto alguns objetivos devem ser alcançados:

1. gerir as dependências entre frases de tal modo que as operações sejam mais eficientes
2. produzir explicações de todos os passos dados pelo sistema
3. raciocinar por omissão (ver página 94)

Em uma Base de Conhecimento três operações são possíveis: acrescentar, perguntar e retirar. Eis algumas situações que podem ocorrer:

1. Se uma Base de Conhecimento tiver  $P$  e se acrescenta  $\sim P$ , o sistema poderá concluir quer  $P$  e  $\sim P$ . Se for retirado  $P$ , o sistema não concluirá nem  $P$ , nem  $\sim P$ .
2. Se for acrescentada a fórmula  $P \rightarrow P$  e  $Q$  à Base de Conhecimento, o sistema inferirá  $Q$ , a qual será acrescentada à Base de Conhecimento. Se for retirado  $P$ , o sistema removerá  $P$  e  $Q$  para manter a Base de Conhecimento consistente.
3. Mas, se existir outra razão independente para se acreditar em  $Q$ , por exemplo ter sido acrescentadas  $R$  e  $R \rightarrow Q$  à Base de Conhecimento, então  $Q$  não será removida.

A forma mais popular de TMS é a ATMS (*Assumption-based Truth Maintenance System*). Toma nota, para cada frase, de quais foram as assunções que a tornaram verdadeira. Isto é, cada frase tem uma etiqueta que consiste num conjunto de conjuntos de assunções. Representa todos os estados consistentes do mundo que foram considerados ao mesmo tempo. De outra forma, a etiqueta é um conjunto de ambientes e de explicações.

O ATMS tem que garantir as seguintes propriedades: consistência (todos os ambientes da etiqueta são consistentes), correção (todos os ambientes da etiqueta permitem derivar o dado), completude (não existem ambientes que permitam derivar o dado e que não contenham algum ambiente da etiqueta) e minimalidade (nenhum ambiente da etiqueta é subconjunto de outro).

Os algoritmos utilizados para construir as TMS são complicados. A complexidade computacional é pelo menos tão grande como a da inferência proposicional. A TMS não é uma panacéia (exceto para problemas pequenos).

Quando utilizada cuidadosamente (com uma escolha sobre o que é uma assunção e um fato) é uma parte importante do sistema lógico de raciocínio.

premissas	conclusão
João é um advogado. Os advogados são ricos. As pessoas ricas têm casas grandes. As casas grandes exigem muito trabalho de manutenção.	A casa do João exige muito trabalho de manutenção.

**Tabela 28 - Exemplo de frases em uma Base de Conhecimento**

### 3.2.1.2 TMS em problemas de síntese

Um exemplo é o planejamento de uma viagem que define o meio de transporte de ida e volta. A explicação de que tal é possível constitui o itinerário (plano de viagem). E, assim, podem constituir-se conjuntos de assunções baseados em alguns ou todos itinerários possíveis.

A explicação consistirá num grupo de assunções de planejamento que torna suficiente atingir um objetivo. A vantagem de um ATMS é que nunca devolverá um conjunto de assunções que seja inconsistente com o conhecimento básico que é impossível para alguém tomar dois vôos ao mesmo tempo. Isto significa que o plano satisfaz as restrições do domínio em questão. Em problemas de síntese quando há assunções em conflito sobre as ações a empreender é necessário incluir a devida informação para eliminar planos potenciais.

### 3.2.1.3 TMS em problemas de análise

O diagnóstico com ATMS parte dos primeiros princípios, isto é, raciocinar a partir de uma compreensão de como o dispositivo é suposto funcionar. Há o raciocínio para trás, ou seja, dos sintomas para a falha. É baseado num modelo completo e correto do sistema que está avariado.

No diagnóstico convencional se raciocina a partir das falhas para os sintomas que as causam. É baseado em expectativas ou regras de ouro (pois em geral não se conhecem esses modelos ou as regras de diagnóstico). É o caso do

diagnóstico médico em que não se conhecem todas as causas potenciais de uma dor de cabeça, mas na maioria das vezes é possível deduzir o diagnóstico correto. Usa-se descrições incompletas e possivelmente incorretas.

TMS	Doyle,1979
RUP	McAllester, 1982
MBR	Martins e Shapiro,1983
ATMS	Kleer, 1984 e 1986
ATMS em síntese	Finger,1987
ATMS em análise	diagnóstico convencional diagnóstico a partir dos 1ºs Princípios, Reiter, 1987 abdução, Poole et al, 1985
ATMS em atualização de bases de dados	Fagin et al, 1983

**Tabela 29 - Evolução das TMS<sup>138</sup>**

### 3.2.2 Motor ou mecanismo de inferências

Segundo uma conceituação mais tradicional na IA a existência de mecanismo de inferência, é uma das mais importantes características que distinguem os SE dos demais tipos de sistemas. Note-se que este mecanismo só existe em Sistemas Baseados em Regras, o que impede um conceito mais abrangente de SE, como por exemplo, os sistemas somente orientados a objetos.

A inferência ou encadeamento é um processo de derivar novas informações ou fatos a partir das já conhecidas ou disponíveis. O motor de inferências é uma das formas de manipulação da Base de Conhecimento em que há controle ou cálculo declarativo (não procedimental) do conhecimento. O motor de inferências é o processador ou interpretador de conhecimento. É considerado o coração ou núcleo do SE, estando presente, contudo, em outras técnicas como a lógica difusa e a lógica deôntica, na medida em que estas são consideradas extensões dos mesmos princípios usados naquele mecanismo, como o *modus ponens*. Nos SE é o programa que dispara o processo de implementação das de-

<sup>138</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. 1995.

duções a partir da Base de Conhecimento. A sua principal função é inferir conclusões e gerar novos fatos.

Consistiria então em simples ciclos repetidos do uso da memória de trabalho. As regras são esquadrihadas até que em uma todos os fatos elementares chamados na condição se encontrem na memória de curto prazo. Quando isso acontece é dito que a regra é disparada e a sua conclusão causa a modificação apropriada naquela memória. Como o conteúdo da memória de curto prazo modificou-se, o processo se repete até não encontrar outra regra que possa ser disparada. O processo pode ser visto como uma forma elementar de dedução.

De maneira simples, executa duas tarefas:

1. examina o *status* da base de conhecimento e da memória de trabalho, determinando quais fatos são conhecidos em um dado momento e adicionando qualquer novo fato tornado disponível;
2. faz o controle da sessão, determinando a ordem na qual as inferências são feitas. É um procedimento que tem por objetivo deduzir informações a partir das já conhecidas, calculando um fator de confiabilidade (FC) para as condições deduzidas. O raciocínio pode ser preciso (quando os FCs assumem valores V e F) ou impreciso (quando os valores são intermediários). O motor poderá adotar métodos diferentes conforme o tipo de processo de busca mais apropriado face ao sistema e ao problema a ser solucionado.

Em geral, o mesmo motor de inferências pode ser usado para fazer derivações sobre diferentes bases de conhecimento porque não contém um domínio de informação. É apenas um programa de cálculo ou de busca que roda a base e aplica as regras necessárias segundo a meta estipulada pelo sistema naquele momento.

A busca representa a descoberta de um caminho de solução para o problema posto, a partir de uma situação dada ou de um estado inicial, gerando, assim, uma outra situação ou ambiente ou estado final. Essa busca pode ser de vários tipos, tendo em vista a maneira como são tratadas as regras. Além disso

existem controles no processo de busca que evitam problemas, tais como a explosão combinatória. É possível definir um número máximo de ramos das árvores como também seqüências e conjuntos de tarefas de uma agenda. Eis as formas mais comuns<sup>139</sup>:

1. **seletiva** - segue em profundidade eliminando os nós em largura que não servem; se uma regra é verdadeira as outras são falsas;
2. **em profundidade** - não elimina as regras deixadas para trás;
3. **em largura** - verifica todas as regras ligadas ao nó.
4. **melhor caminho** - usa técnicas que guiam a busca entre os nós, tais como o ordenamento de metas e de premissas, meta-regras, prioridades e fatores de confiança em regras.

Por outro lado, tendo em vista a forma de encadeamento, ou seja, a direção das escolhas das regras, o motor de inferências pode usar a estratégia de busca para frente (*Forward-chaining*) ou para trás (*Backward-chaining*)<sup>140</sup>.

### 3.2.2.1 Encadeamento para Frente

Este método permite inferir fatos analisando todas as regras disponíveis na base. A busca para frente usa a regra da lógica proposicional *modus ponens*, que estabelece que se A implica B e se A é verdadeiro, então é possível concluir que B também é verdadeiro ( $A \rightarrow B, A, B$ ). O mecanismo de inferência aplica repetidamente essa regra sobre as regras de produção da base de conhecimento para derivar um valor particular ou um conjunto de valores determinados.

Como passa por todas as regras válidas para aquela inferência, verificando todas as informações aí contidas, é considerado um bom método quando se deseja saber o que pode ser concluído do conhecimento disponível. Pode ser considerado como consistindo em mensagens a serem propagadas ao longo de toda a rede. Um tal ponto de vista conduz a uma realização simples em

---

<sup>139</sup> DURKIN, John. Expert systems - design and development. 1994.

<sup>140</sup> DURKIN, John. Expert systems - design and development. 1994.

computadores com processamento em paralelo. Analogamente se parece à propagação de mensagens entre os neurônios do cérebro humano. Contudo, pode gerar muita informação que não é relevante.

### 3.2.2.2 Encadeamento para trás

Este método permite provar hipóteses ou metas. A busca para trás utiliza outra regra lógica muito importante para a IA, em especial nos princípios da prova automática de teoremas: a **resolução**. Do axioma  $(A \vee B) \& (A \vee C)$  é verdadeiro inferir  $(B \vee C)$ . Esta é uma maneira de efetuar provas, por refutação, ou seja, nega-se um fato e se vê se ocorre contradição, o que definiria a verdade daquele. A sua aplicação é um procedimento iterativo em que, a cada passo se comparam duas cláusulas pais, resultando numa única chamada resolvente. As cláusulas pais têm em comum um elemento, negado em uma, mas não noutra, para obter o resolvente.

Diferentemente do *forward*, este chama somente as regras relativas à meta definida, desconsiderando uma série de informações da Base de Conhecimento que não são relevantes para a prova da mesma. Se for importante a avaliação de todas as regras válidas, então este método não deve ser utilizado.

No caso da existência de variáveis probabilísticas há o inconveniente de fazer o cálculo da distribuição de probabilidades para apenas uma variável. Para além disso é necessário a repetição dos cálculos. Uma alternativa é memorizar as computações fazendo o encadeamento para frente a partir das variáveis de evidência. através de um bom controle da arrumação dos dados. Assim, toda a computação pode ser realizada em tempo linear.



<b>Encadeamento para Frente</b>	<b>Encadeamento para trás</b>
Dirigido aos dados (dados -> hipóteses)	Dirigido às metas (hipótese -> dados)
Presente para o futuro	Presente para o passado
Do antecedente de uma regra para o conseqüente	Do conseqüente de uma regra para o antecedente
Trabalha para frente para encontrar soluções, partindo dos fatos	Trabalha para trás para encontrar fatos que suportem as hipóteses levantadas
Os antecedentes das regras determinam a busca	Os conseqüentes da regra determinam a busca
Tipo de inferência causal, das causas para os efeitos	Tipo de inferência de diagnóstico, dos efeitos para as causas

**Tabela 30 - Características dos encadeamentos**<sup>141</sup>

Os fatores de **escolha de uma estratégia de busca** que deverão ser observados para decidir por qual processo optar são diversos, por exemplo:

1. existe mais estados iniciais ou finais? Se existir muitos estados finais é mais eficiente adotar o encadeamento para frente.
2. em que direção o fator ramificação é maior? Se a árvore de decisões for mais horizontal que vertical, adotar o encadeamento para frente.
3. o programa será solicitado a justificar o processo de raciocínio para o usuário? A justificação pode ser feita nos dois casos, mas é mais simplificada no encadeamento para trás.

Usa-se o encadeamento para frente, portanto, quando o propósito é trabalhar com os muitos dados disponíveis no sistema, direcionando as decisões, ao invés de ser orientado por metas. Neste caso é possível fazer uma análise mais rica e crítica das informações dadas.

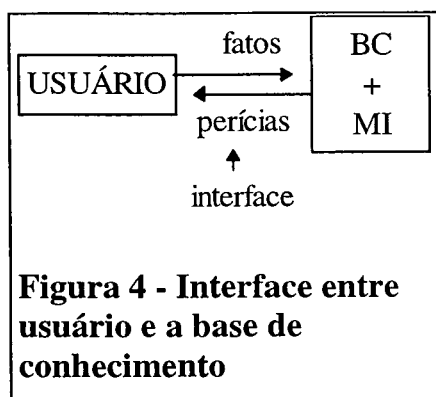
### 3.2.3 Interface homem máquina

Para finalizar, todo sistema computacional exige uma interface homem máquina, e os SE não poderiam ser uma exceção. Interessa aqui os dispositivos que permitem a comunicação entre a máquina e o usuário. Há duas formas básicas para essa comunicação, através de diálogo em linguagem natural ou de uma

<sup>141</sup> GIARRATANO, J. Expert System - Principles and Programing, 1989.

interface gráfica, com opções escritas ou escolhidas em *menus*, com ícones ou outras formas de representação gráfica de texto ou imagens.

Uma coisa é certa, os dados desta comunicação são na sua maioria dados técnico-lingüísticos expressos em linguagem natural, de difícil compreensão pela linguagem das máquinas, o que muitas vezes define como melhor opção as interfaces gráficas.



Nos SE a interface ganha contornos especiais, face ao caráter de documentação (citação dos textos em que se baseia a conclusão), acessibilidade (lingüística e técnica) e transparência (explicitação minuciosa dos procedimentos seguidos através de mecanismos de justificação ou *explanation facility*) dos conteúdos

da consulta<sup>142</sup>. Este último tópico merece especial atenção.

### 3.2.3.1 Justificação do raciocínio

Procurar conhecer a razão porque uma certa conclusão foi derivada pelo sistema é explicar a conseqüência lógica de uma base de dados lógica (dedutiva), e também de uma base de conhecimentos. Argumentando: a casa do João exige muito trabalho porque é uma casa grande. Por que é grande? Porque João é rico, e as pessoas ricas têm casas grandes. E, por que é que se sabe que João é rico? Porque é um advogado. E, como saber que ele é advogado? Porque o fato aparece explicitamente na base de dados.

Nesta explicação não é necessário dar qualquer informação sobre a ordem das informações feitas para se chegar à conclusão. Apenas se fornece a informação à base de dados. O fato de um grupo de frases implicar ou não uma certa conclusão p é independente da ordem das frases.

<sup>142</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. 1987.

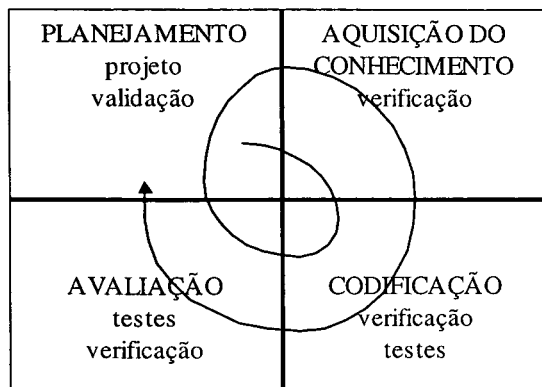
Qual a importância de se conhecer as assunções por detrás de uma conclusão? Se não há acordo com a conclusão do sistema de raciocínio precisa-se conhecer quais são os fatos subjacentes da base de dados para depois depurar a base de conhecimento.

Existe informação que não é difícil reportar porque parece natural assumir que a pessoa que exige uma pesquisa já a conhecia. É como se a base de dados fosse dividida em 2 conjuntos; um é o conjunto de fatos que são conhecimento comum e não necessitam ser repetidos; outro é o conjunto de coisas que não são conhecidas e sobre as quais se fornece informações que são relevantes para resolver um problema. Neste ponto os sistemas de manutenção da verdade acima exposto adquirem grande importância na medida em que diante de uma base de dados e de uma pesquisa qualquer, devolve alguma ou todas as explicações possíveis.

Finalmente, o importante é encurtar a distância do diálogo usuário e máquina, inventando regras de intermediação e de controle eficientes e amigáveis.

#### **3.2.4 Construção e fases de desenvolvimento de um Sistema Especialista**

Como qualquer projeto, a construção de um SE deve obedecer uma certa seqüência de etapas, as quais bem planejadas e executadas, garantirão o seu sucesso. A Figura 5 apresenta um modelo em forma de espiral, para representar as etapas de construção de um SE. Cada circuito do espiral adiciona alguma capacidade funcional ao sistema. O modelo salienta o fato de que todas as 4 etapas de construção sugeridas, devem ser repetidas seqüencialmente, até que o protótipo seja obtido, quando os testes e validações feitas em todas as etapas tiverem produzido os resultados esperados.



**Figura 5 - Etapas de construção de um SE<sup>143</sup>**

Existem vários esquemas de apresentação das etapas de construção de um SE. Eis mais detalhes<sup>144</sup>:

1. **Planejamento:** é a fase de identificação e validação conceitual e de suas relações. Fase inicial de construção de um SE em que se define as exigências do sistema e o projeto conceitual. Define-se aqui *o que* o sistema deve fazer, não *como fazer*, como

processar o conhecimento. Estabelece-se o problema a ser resolvido e de maneira especial se verifica se o problema de interesse pode ser resolvido, apropriadamente, de forma declarativa, ou seja, através de um SE, ou se um programa procedimental é mais conveniente. Aqui se analisa o domínio em estudo e se descreve o problema (objetivos: concretos, abstratos, genéricos, específicos; restrições e condições impostas aos objetivos; características da situação).

2. **Projeto** do sistema especialista: engenheiro de conhecimento e especialista definem os recursos necessários para o desenvolvimento do projeto (tempo, facilidades computacionais), bem como as metas e objetivos a serem alcançados.
3. **Seleção do grau de participação do usuário:** através do tipo de interface que deverá ser feita com o usuário, definindo assim o grau de interação que existirá entre este e o SE.
4. **Codificação:** Fase de implementação em que se define o **tipo de programação** a ser utilizada: o engenheiro de conhecimento deverá optar entre a utilização de um ambiente computacional pronto para a construção de SE, de uma concha<sup>145</sup>,

<sup>143</sup> GIARRATANO, J. Expert System - Principles and Programing, 1989.

<sup>144</sup> CASTILHO, E. Expert System : Uncertainty and Learning, 1991.

<sup>145</sup> Mesmo sendo o termo em inglês *shell* muito difundido, será adotada a sua tradução.

tal como: Nexpert, Kappa, Genesis, ou de uma linguagem de programação de alto nível, tal como: C++, prolog, lisp, smalltalk. No caso da escolha recair sobre uma concha, a construção do SE fica simplificada pois vários mecanismos já estão prontos, sua estrutura já está delineada, bastando o preenchimento desta com o conhecimento relativo à área a ser representada. De outra forma, o trabalho principal recai sobre a construção da Base de Conhecimento e da memória de trabalho. O motor de inferências já está pronto, bastando escolher o tipo de busca. Em uma linguagem de programação toda estrutura está por ser feita. Está disponível um conjunto de comandos em cuja sintaxe é definida uma filosofia que determina como construir qualquer programa. Na escolha entre uma linguagem e uma concha pesam fatores como: o tipo de problema, o tipo de formalismo de representação do conhecimento escolhido, a habilidade do engenheiro de conhecimento em trabalhar com determinada linguagem ou concha.

5. **Desenvolvimento de um protótipo:** é muito importante desenvolver o mais breve possível um protótipo; mesmo que simples, do SE proposto, pois assim se poderá obter uma discussão mais proveitosa com o especialista, motivando-o a participar do aperfeiçoamento da versão inicial.
6. **Validação do protótipo e avaliação do sistema:** deve ser feita inicialmente com sistemas acadêmicos e de pequeno porte. Quando o SE tiver trabalhado adequadamente com estes sistemas, deve-se então procurar testar o protótipo com sistemas reais. A validação deve recair sobre as características de estabilidade, operacionabilidade, qualidade e eficiência do sistema; sobre a escolha do problema (se o problema é próprio para o tipo de raciocínio); sobre as características organizacionais (se o sistema é adequado à operação dentro de uma organização); sobre as características econômicas (retorno do investimento, aumento na qualidade de serviços); sobre as características estratégicas (se a Base de Conhecimento pode ser vista como um ativo); sobre a

aprendizagem do sistema, se houver (se há aumento real de utilidade e eficiência).

7. **Refinamento e generalização:** esta etapa depende diretamente do *feedback* que o especialista dará ao engenheiro de conhecimento, quando da verificação da performance do protótipo.
8. **Manutenção da Base de Conhecimento:** envolve a incorporação de novas regras, ou mesmo a modificação de regras existentes. Esta tarefa fica amplamente facilitada no SE, em função de que as suas partes componentes ficam totalmente desconexas umas das outras.
9. **Atualização** do SE, ou seja, a sua base de conhecimento deve sempre estar contendo o conhecimento que represente o pensamento técnico e científico do momento.

#### 3.2.4.1 Dificuldades na construção de SE

A construção de um SE requer não somente investimento financeiro, mas também investimento de tempo, tanto do engenheiro de conhecimento, quanto do especialista. Além disto, este projeto requer de ambos muita disposição e persistência para esperar pelos primeiros resultados. Entretanto, se o problema em interesse for apropriado para o uso do SE (ver página 124) e se os recursos necessários para a construção do projeto estão disponíveis, todo o investimento inicial será recuperado. Mas, existem situações críticas no desenvolvimento de SE<sup>146</sup>:

1. O problema proposto é tão complexo que não pode ser totalmente abrangido num SE, devido principalmente às limitações dos recursos disponíveis. Para evitar isto, o engenheiro de conhecimento deve desenvolver inicialmente um protótipo, avaliando os resultados para poder decidir se vale a pena continuar ou não o desenvolvimento do sistema completo.

---

<sup>146</sup> WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. 1986.

2. O problema proposto é tão geral ou complexo, que é necessário um grande número de regras ou objetos para descrever o conhecimento e heurísticas do especialista. O número máximo de regras e objetos que podem ser representados em um SE, depende da limitação da concha ou da linguagem de programação escolhida. Contudo, é razoável que não exceda a 1000 regras.
3. O SE contém um grande número de regras altamente específicas, sobrecarregando a execução e aumentando a complexidade do sistema. Sempre que possível, as regras específicas devem ser colocadas para dentro de uma regra mais geral e simples. Isto tornará o sistema de regras de produção (ver página 160), mais compacto, eficiente e com maior facilidade de manipulação.
4. O engenheiro de conhecimento tem dificuldade de extrair regras do especialista. As interações com o especialista são difíceis e com pouco retorno. Neste caso, o cuidado recai na escolha adequada do especialista (ver página 147).
5. O especialista não se encontra motivado com o desenvolvimento do SE, achando o projeto desinteressante. Para evitar este tipo de problema, o engenheiro de conhecimento deve procurar manter uma regularidade de encontros com o especialista, procurando envolvê-lo diretamente na construção do sistema e mantê-lo informado dos resultados e da evolução do sistema.
6. Durante a fase de testes, a performance do SE é decepcionante, pecando em termos de qualidade e utilidade das respostas produzidas. As técnicas de validação devem ser planejadas já na fase inicial de construção do sistema. Deve ser estabelecida a performance mínima aceitável.

A potência de um SE depende diretamente do conhecimento contido em sua base de conhecimento, da qualidade do conhecimento adquirido, e não do tipo particular de formalismo ou da estratégia de inferência adotada.<sup>147</sup> Assim, tanto a etapa de aquisição do conhecimento, quanto a etapa de representação deste conhecimento, tem um papel fundamental no desenvolvimento do SE como um

---

<sup>147</sup> BARR, Avron. The Handbook of Artificial Intelligence. 1981.

todo. Aquela será à frente detalhada e a questão da representação do conhecimento é o foco central deste trabalho.

### 3.3 Aquisição do conhecimento

A aquisição do conhecimento é um processo de busca do conhecimento requerido por um SE<sup>148</sup>. Tal conhecimento deve ser adquirido ou através de um processo de transferência de conhecimento de um ou mais agentes ou especialistas, que já possuem tal experiência, ou através de algum tipo de processo de aprendizado, que observa exemplos e produz conhecimento. Inicia-se com a consulta de algumas fontes de conhecimento, tais como: livros, manuais, relatórios técnicos e depois parte-se para a aquisição do conhecimento dos especialistas.

É um processo de coleta, estruturação e formalização do conhecimento. Em outros termos<sup>149</sup>, consiste na coleta e análise de informações de um ou mais especialistas e qualquer outra fonte, possibilitando a produção de documentos, os quais formam a base de funcionamento da base de conhecimento. Em particular, se o conhecimento é obtido entrevistando o especialista, o processo é denominado de elicitación do conhecimento. Na página 147 são apresentados alguns pontos a serem ponderados na escolha do especialista.

Em termos gerais, diz-se que três são as etapas principais na construção de um SE: a definição do domínio e objetivos; a aquisição do conhecimento e a representação do conhecimento. Porém, é possível afirmar que a aquisição do conhecimento não é propriamente uma fase da construção de um SE, mas um processo que transcorre em todas elas. É um processo cíclico ou não linear em que se utiliza mais de uma técnica. Por isso, é uma tarefa demorada e que exige dedicação constante das pessoas envolvidas.

A aquisição do conhecimento nada mais é do que colecionar informações e organizá-las, isto é, obter, analisar, interpretar e precodificar conhecimento. Essa coleta e análise são realizadas por um engenheiro de

---

<sup>148</sup> PARSAYE, K. Expert Systems for Experts.1988.



conhecimento e as informações são adquiridas de um ou mais especialistas ou de qualquer outra fonte, possibilitando a produção de uma documentação ou de uma ordenação daquelas informações, que será traduzida para a Base de Conhecimento do SE. *É o processo de transformar dados de perícia em formalismo de implementação*<sup>150</sup>.

Esse processo de transferência e transformação de conhecimento pode ocorrer a partir de agentes que possuem a experiência que se quer obter, ou através de algum tipo de processo de aprendizado, que observa exemplos e produz conhecimento. A aquisição do conhecimento pode compreender também<sup>151</sup>, não só essa tarefa de redução de um exaustivo domínio de conhecimento num conjunto de fatos e regras preciso e facilmente modificado (Base de Conhecimento), mas também as ferramentas e métodos que suportam o desenvolvimento do SE. Mas, a tarefa básica da aquisição do conhecimento é aquela filtragem de todo o conhecimento, desprezando as informações que não são relevantes ao projeto, tarefa essa difícil de realizar.

### 3.3.1 Sujeitos do processo de Aquisição do Conhecimento

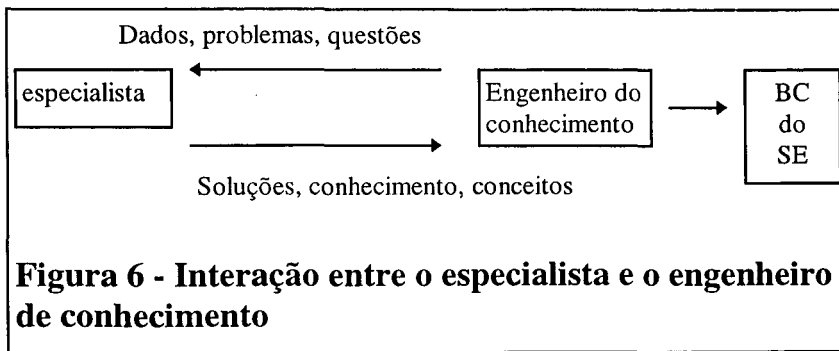
Chama-se de **especialista** a pessoa que dentro de um domínio específico de conhecimento, apresenta proficiência e eficiência nas ações e decisões tomadas, obtidas através de anos de experiência e treinamento. O perito, à medida que se familiariza com o campo de trabalho, dispensa esquemas de abordagem e adota a informalidade. Fixa-se no essencial, citando o periférico, apenas esporadicamente. Adota um comportamento intuitivo. Já o **engenheiro de conhecimento** é a pessoa responsável pelo processo de aquisição do conhecimento. É de sua responsabilidade a tradução desse conhecimento intuitivo para uma forma mais objetiva e manipulável pelo computador.

---

<sup>149</sup> GREENWELL, M. Knowledge for Expert System. 1988.

<sup>150</sup> RABUSKE, Renato Antônio. Inteligência artificial. 1995.

<sup>151</sup> MCGRAW, K. L. Knowledge Acquisition - Principles and Guidelines. 1989.



Para que o processo de aquisição do conhecimento tenha êxito, tanto o especialista quanto o engenheiro de conhecimento, devem possuir algumas características e realizar algumas tarefas básicas. Segue essa

exposição.

### 3.3.1.1 Engenheiro de Conhecimento

As principais **funções** do engenheiro de conhecimento são:

1. esclarecer o especialista sobre o processo interativo de aquisição do conhecimento, explicando (de preferência com um programa exemplo) o que é um SE, o que o SE pode fazer e o que ele não pode fazer;
2. gerenciar o processo de aquisição do conhecimento como um todo, estabelecendo metas e cronogramas, procurando interagir da melhor maneira possível com o especialista;
3. *elicitar* o conhecimento obtido, visando a construção da Base de Conhecimento. Esta elicitação poderá ser feita de várias maneiras, dependendo do tipo de representação de conhecimento adotada e poderá ser realizada em parceria com o especialista;
4. construir o SE propriamente dito.
5. fazer a validação do SE desenvolvido, com a colaboração do especialista;
6. desenvolver a interface com o usuário, bem como as justificações das inferências efetuadas e de todo o processo de tomada de decisão do SE;
7. treinar os prováveis usuários.

Para executar convenientemente estas funções, o engenheiro de conhecimento deve possuir as seguinte **características**<sup>152</sup>:

1. boa capacidade de comunicação - facilitará as muitas horas de discussão com o especialista;
2. inteligência - será necessária nos muitos momentos em que o engenheiro vai aprender com o especialista; para bom andamento do processo, este aprendizado deve ser rápido;
3. diplomacia e sociabilidade - para garantir a cooperação do especialista, procurando evitar ferir susceptibilidades;
4. empatia, paciência e tolerância - para permitir que o especialista desenvolva o seu raciocínio, tranqüilamente e sem interrupções. Deve-se levar em conta o *paradoxo da experiência*<sup>153</sup>: quanto mais competente o especialista se torna em seu domínio, mais incompetente ele é para descrever os raciocínios utilizados, ou seja, mais o seu comportamento é intuitivo;
5. persistência - os resultados podem surgir lentamente, ou mesmo demorar a surgir;
6. lógico - necessário para gerar uma Base de Conhecimento consistente, coerente e lógica;
7. autoconfiança e segurança - necessárias para motivar o especialista;
8. conhecimento da área de interesse - conhecer o assunto alvo da aquisição, antes de se encontrar com o especialista. Nesse caso, as fontes documentais ou secundárias são importantes, de forma que se possa adquirir algum conhecimento básico da área: jargão técnico, métodos usualmente utilizado pelos especialistas, problemas mais comuns, terminologia usada.

---

<sup>152</sup> HART, A. Knowledge Acquisition to Expert System. 1986.

<sup>153</sup> WATERMAN, Donald A. A guide to expert systems. 1986.

### 3.3.1.2 Especialista

Quando da escolha do especialista, o engenheiro de conhecimento deve levar alguns **pré-requisitos** e **qualidades** importantes em consideração<sup>154</sup>:

1. deve possuir obviamente o conhecimento especializado apropriado e a sua performance deve ser reconhecidamente superior à da maioria dos especialistas da área;
2. deve saber como usar este conhecimento efetivamente, e como reorganizá-lo em formas mais apropriadas;
3. deve ser capaz de reconhecer os limites do seu conhecimento, admitindo quando o problema está fora de sua área de competência;
4. deve ser capaz de refletir sobre o seu próprio processo cognitivo, bem como, saber sobre o seu próprio estado de domínio de conhecimento (*metaconhecimento*);
5. deve ter boa capacidade para expressar os seus conhecimentos e estar disposto a fazê-lo;
6. esteja motivado com o projeto e compreenda minimamente a sistemática de representação do conhecimento, sem contar que deve conhecer minimamente a potencialidade e limitações do computador.
7. deve dispor de tempo para desenvolver este trabalho.

Levando-se em conta o processo de formação de um especialista é possível dizer que *os especialistas são raros*<sup>155</sup>. Alguns motivos:

1. o treinamento é um processo a longo prazo;
2. a experiência é algo difícil de adquirir;
3. a experiência do especialista é confidencial ou excepcionalmente valiosa, e o especialista ou o seu gerente pode não desejar perder o controle disto.

---

<sup>154</sup> SLATTER, P. E. Building Expert Systems - Cognitive Emulation. 1987.

<sup>155</sup> FIRLEJ, M. Knowledge Elicitation - A Pratical Handbook. 1991.

### 3.3.2 Etapas da Aquisição do Conhecimento

Basicamente são cinco as fases importantes dentro do processo de aquisição do conhecimento<sup>156</sup>:

1. **Identificação** dos componentes chaves no processo de aquisição do conhecimento: o especialista, as características básicas do problema, os recursos que estarão disponíveis e as metas a serem alcançadas.
2. **Conceituação** e as relações entre os conceitos identificados na etapa anterior.
3. **Formalização**, na qual todo o conhecimento obtido nas fases anteriores é colocado dentro de uma representação formal.
4. **Implementação**, que envolve a representação do conhecimento previamente formalizado, utilizando a forma de representação do conhecimento mais conveniente para o problema específico.
5. **Testes** do protótipo desenvolvido no transcorrer das fases anteriores, utilizando casos, exemplos.

### 3.3.3 Métodos de Aquisição do Conhecimento

Existem várias técnicas ou métodos para se fazer a aquisição do conhecimento. Dependendo da área de interesse, ou mesmo do tipo de conhecimento que se quer adquirir, algumas destas técnicas serão as mais indicadas. Cabe ao engenheiro de conhecimento escolher aquela que seja mais adequada ao tipo de conhecimento que ele deseja adquirir, e o tipo de problema que ele deseja resolver com o SE.

Essa escolha é importante não só para a efetiva obtenção do conhecimento necessário para a construção do SE, mas também para conseguir a motivação e o interesse do especialista em participar do projeto. Existem diversos fatores que influem na seleção dos métodos de aquisição do conhecimento: natureza do sistema de representação, familiaridade do engenheiro de conhecimento com o domínio, familiaridade do especialista com a técnica de aquisição do conhecimento e a própria estrutura de desenvolvimento do SE.

---

<sup>156</sup> FIREBAUGH, M. Artificial Intelligence - A Knowledge Approach. 1988.

A aquisição do conhecimento pode ser **manual**, ou seja, o engenheiro de conhecimento interage diretamente com o especialista, ou pode ser **automática**, na qual programas computacionais específicos interagem com o especialista, ou mesmo para inferir conhecimento do exame de dados e exemplos. Na aquisição do conhecimento automática<sup>157</sup> a presença do engenheiro de conhecimento e do especialista é sensivelmente diminuída. Na aquisição do conhecimento manual ficam claras a atuação do especialista e do engenheiro; aquele participando do processo até a construção da Base de Conhecimento e este sendo responsável até o fechamento do mesmo.

Existem vários métodos para aquisição do conhecimento. Entre os mais conhecidos e interessantes pode-se citar os que seguem<sup>158</sup>:

1. **Entrevista** (ver discussão adiante).
2. **Think aloud** ou **observação direta** - neste método, o engenheiro de conhecimento observa o especialista executando suas tarefas e ao mesmo tempo explicando a sua metodologia e as heurísticas utilizadas, ou seja, o especialista pensa alto. Contudo, em momento algum neste método, o engenheiro pode interromper o especialista. É eficaz quanto à quantidade de informação, mas é demorado e dispendioso.
3. **Observação inquisitiva** - variação do método anterior em que o especialista executa as suas tarefas tão realisticamente quanto possível, mas o engenheiro pode interrompê-lo quando achar necessário.
4. **Simulação de cenários** ou **análise de protocolo** - o especialista comenta com o engenheiro de conhecimento, qual o processo de raciocínio que ele usará, para

---

<sup>157</sup> Existem diversos sistemas ferramenta à disposição no mercado. O sistema MOLE é um sistema de classificação heurística e que tem sido utilizado no desenvolvimento de sistemas de diagnósticos na área computacional (defeitos de equipamento). Ver ESHELMAN, L. MOLE: a knowledge acquisition tool that uses its head. 1986. Já o ETS (expert transfer system), desenvolvido por J. BOOSE em 1984, permite automatizar uma entrevista construindo as regras de produção a partir dos dados fornecidos.

<sup>158</sup> GREENWELL, M. Knowledge for Expert System. 1988.

resolver um determinado problema em seu trabalho. O conhecimento adquirido restringe-se ao caso proposto. Há uma descrição retrospectiva de casos típicos comuns ou de casos interessantes e raros.

5. **Brainwriting** - consiste na reunião de um grupo de pessoas em torno de uma mesa. Na mesa há folhas que tratam do tema com espaço em branco para se fazerem observações. Cada participante pega uma folha, lê o que está escrito e acrescenta algo a respeito, devolvendo a folha à mesa. Isto até que todos tenham analisado todas as folhas. Na fase seguinte, as idéias são classificadas por ordem de importância, comparando-as duas a duas. A partir desta classificação as informações são tratadas via computador. Alguns aspectos positivos: 1) todos os membros trabalham em paralelo, diferentemente das reuniões clássicas; 2) o silêncio, a presença do grupo e a leitura das observações dos colegas cria uma situação de tensão voltada para a produtividade; 3) a ausência de crítica verbal induz a uma reflexão franca; 4) tempo e tranquilidade para pensar; 5) todas as idéias são levadas em conta, sejam minoritárias, contraditórias e incompatíveis; 6) a escrita da informação permite uma análise mais acurada do problema, ausente na fala.
6. **Lista de fatos** - método em que engenheiro e especialista levantam o contexto do problema, listam livremente os fatos relacionados a ele, numerando cada elemento da lista e eliminando possíveis redundâncias, estabelecendo a precedência entre os componentes da lista. O objetivo final deste processo é elaborar as regras de produção a partir dessa precedência dos fatos.
7. **Decomposição de metas** ou **método das hipóteses terminais** - neste método busca-se determinar o processo de inferência utilizado, para, a partir de metas ou conclusões, chegar as suas premissas. Listam-se todas as metas em árvores ou taxonomia, desta forma estruturado o conhecimento é representado em regras de produção.

### 3.3.3.1 Entrevista

Na maioria dos métodos de aquisição do conhecimento há a inter-relação e interação entre o engenheiro e o especialista, sendo que em muitos casos, o especialista faz o papel de um professor, enquanto que o engenheiro representa o papel de aluno. Neste sentido, alguns fatores cognitivos e psicológicos podem afetar a aprendizagem do engenheiro, tais como diferenças individuais, compreensão de conceitos, predisposição, expectativas e concepções preconcebidas.

Historicamente a entrevista tem sido o método mais utilizado para a tarefa de aquisição do conhecimento, principalmente por ser uma técnica relaxante, o conhecimento pode ser elicitado rapidamente e é de fácil concordância pelas partes envolvidas. Contudo ela é altamente dependente do engenheiro, e freqüentemente consome muito tempo, tanto na preparação do plano da entrevista, quanto na transcrição das anotações obtidas.

A entrevista é a forma mais utilizada na aquisição do conhecimento diretamente do especialista porque constitui-se do esquema simples de perguntas e respostas. Exige do engenheiro, conhecimento do vocabulário do especialista e do especialista, informação, capacidade de elaboração e expressão do conhecimento. Seguem os principais tipos<sup>159</sup>:

1. **Entrevista focada** - similar a uma conversação normal, consiste no engenheiro de conhecimento perguntar ao especialista questões previamente elaboradas, focando especificamente no assunto de interesse. Os principais problemas relacionados com este método, incluem a perda de foco do problema de interesse e dependência da habilidade do especialista.
2. **Entrevista estruturada** - neste caso a informação requerida é muito mais profunda e específica do que a entrevista focada. O engenheiro de conhecimento deve preparar uma agenda, com uma lista de assuntos importantes que devem ser abordados, e não apenas questões pontuais. O pré-



requisito para este tipo de entrevista é que o engenheiro de conhecimento tenha habilidade para conduzir a entrevista.

No **primeiro encontro** o engenheiro de conhecimento deve deixar bem claro para o especialista a função de cada um no projeto, o que é o processo de aquisição do conhecimento, e como se pretende conduzir as entrevistas, pois o sucesso do processo de aquisição do conhecimento depende diretamente da participação do especialista. Assim, antes do primeiro encontro com o especialista, o engenheiro de conhecimento deve preparar e analisar:

1. o plano para desenvolvimento do projeto;
2. a terminologia padrão (jargões técnicos) utilizada na área;
3. uma metodologia de aquisição do conhecimento;
4. a agenda para a entrevista;
5. as funções a serem exercidas por ele e pelo especialista.

É muito importante para o andamento da entrevista prepará-la com antecedência. Uma preparação cuidadosa poderá melhorar a produtividade, além de poder reduzir a ansiedade tanto do engenheiro, quanto do especialista.

No primeiro encontro, o engenheiro deve esclarecer alguns pontos, que provavelmente parecerão obscuros para o especialista:

1. Dar a definição de SE, explicando o que ele é capaz e o que ele não é capaz de executar. Se possível, o engenheiro deve apresentar um exemplo prático de um SE, de forma que o especialista possa compreender a sua estrutura e o seu mecanismo de inferências.
2. Apresentar ao especialista as características típicas do problema de interesse, as quais recomendam a utilização de um SE, ao invés do uso de outro programa com filosofia diferente.

---

<sup>159</sup> GREENWELL, M. Knowledge for Expert System. 1988.

3. Por último, o engenheiro deve fornecer ao especialista uma visão geral do processo de aquisição do conhecimento e da posterior representação do conhecimento no SE.

Em todas as entrevistas, o engenheiro deve procurar obter do especialista, não só o conhecimento de consenso, mas também e principalmente o conhecimento heurístico (ver página 36), aquele que o especialista adquiriu durante anos de experiência e treinamento, desenvolvido através da intuição e julgamento.

### 3.3.3.2 Possíveis problemas

Normalmente o engenheiro de conhecimento não sabe o suficiente sobre a área na qual ele está adquirindo conhecimento. Desta forma, ele não pode julgar o que é importante e o que não é. Surgem vários problemas<sup>160</sup>:

1. **Sobrecarga de informações** - Isto normalmente acontece quando o engenheiro está ávido para adquirir o conhecimento do especialista, mas o processo de transferência de conhecimento não é bem dosado, e o engenheiro se encontra sob uma avalanche de informações. Quando a situação chega a este ponto, o engenheiro não consegue mais assimilar o que está sendo transmitindo, e o melhor a fazer é dar uma parada na sessão imediatamente. Deve-se cadenciar as sessões, de tal forma que a taxa de informações adquirida não seja tão alta, a ponto de prejudicar o entendimento. Da mesma forma, não é necessário conhecer detalhes minuciosos do problema, mesmo porque é pouco provável que se consiga entendê-los. O engenheiro deve procurar entender, de forma geral, como o especialista desenvolve as suas tarefas, e sempre que tiver alguma dúvida, pedir maiores esclarecimentos. Se o especialista permitir, gravar a entrevista. Em uma análise posterior garante a total assimilação do conteúdo, mas não deve se tornar um estorno durante a entrevista.

---

<sup>160</sup> SCOTT, A. C. A Practical Guide to Knowledge Acquisition. 1991.

2. **Foco sobre detalhes irrelevantes** - Engenheiros de conhecimento inexperientes tendem a focar a entrevista sobre detalhes mínimos, que as vezes não são relevantes ao desempenho da tarefa do especialista. Deve-se perguntar ao especialista questões que poderão ajudar a entender como o especialista desenvolve as suas tarefas. O comportamento do especialista é muitas vezes intuitivo, ou seja, diante de um problema específico, ele não pensa nos princípios e conceitos envolvidos, mas sim, ele reconhece o problema e o associa com uma solução já conhecida. Assim, não é interessante ocupar o tempo do especialista com os princípios e conceitos envolvidos e por ele aprendidos há muito tempo atrás, mas buscar o conjunto de raciocínios que desencadearam a solução do problema.
3. Os problemas que causam a queda de produtividade das entrevistas, podem ser gerados tanto pelo engenheiro de conhecimento, quanto pelo especialista.

**Em relação ao engenheiro**, de maneira geral, podem acontecer determinadas situações<sup>161</sup>:

1. ser insensível às necessidades do especialista, podendo não estabelecer uma boa relação com ele. O especialista não é apenas aquele que detém o conhecimento necessário para o projeto, mas é uma pessoa que deseja ser reconhecida como tal e como profissional;
2. não trabalhar de forma cooperativa com o especialista, decidindo tudo sozinho;
3. fazer questões não apropriadas, longas e não objetivas;
4. não tirar as dúvidas na hora apropriada, por algum receio;
5. não ouvir atentamente o especialista.

**Em relação ao especialista**, os mais prováveis problemas são<sup>162</sup>:

1. consciente ou não, toma o controle da entrevista e inadvertidamente impede a concretização das metas do projeto;

---

<sup>161</sup> SCOTT, A. C. A Practical Guide to Knowledge Acquisition. 1991.

<sup>162</sup> SCOTT, A. C. A Practical Guide to Knowledge Acquisition. 1991.

2. muda o corrente tópicos da conversação, parando de fornecer informação útil, dispersando;
3. leva a discussão longe do corrente tópicos, fornecendo informação útil, mas que o engenheiro não necessita naquele momento;
4. fornece informação mais rapidamente do que o engenheiro pode absorver;
5. não consegue descrever o conhecimento de forma precisa, completa e consistente, o que ocasiona desvios entre a maneira como o especialista representa o seu conhecimento, e a forma como este conhecimento é representado no SE. Por outro lado, este desvio pode ocorrer devido a falha na técnica de representação do conhecimento usada, em que os tipos de representação do conhecimento usados são limitados nas suas capacidades de expressão, sendo freqüentemente difícil ou até mesmo impossível caracterizar todo o conhecimento relevante ao problema, em um dado sistema de representação, mesmo quando o especialista é capaz de se comunicar fluentemente com o engenheiro de conhecimento.

### **3.3.3.3 Diálogo Recomendado**

A estrutura das entrevistas orienta, direciona o especialista para as metas da aquisição do conhecimento. Dentro de uma entrevista, a estrutura do diálogo tem o mesmo objetivo. A primeira etapa refere-se à parte introdutória do diálogo, a qual tem duas funções bem definidas:

1. deixar tanto o especialista quanto o engenheiro de conhecimento a par do presente foco de interesse;
2. estabelecer a relevância das questões que se sucederão.

A etapa de número dois está relacionada com a formulação de perguntas. É sugerido fazer questões fechadas quando se deseja detalhes específicos, e fazer questões mais abertas, quando se deseja informação mais geral.

Deve-se escolher palavras que o especialista possa entender, mantendo a simplicidade e evitando ambigüidades. A reação do especialista deve ser sempre observada, de forma que esta defina não só ritmo da entrevista e o balanço entre questões abertas e fechadas, mas também direcione o foco da entrevista.

Quando uma questão não produz uma resposta convincente, diz-se que ela é falha. Há vários motivos:

1. a questão é geral demais,
2. é específica demais;
3. o especialista não compreendeu a questão,
4. não vê relevância na questão;
5. o especialista não quer responder porque o assunto é controvertido,
6. porque se sente insultado de alguma forma pela questão,
7. porque não sabe a resposta.

Depois de colocada a pergunta, a etapa seguinte exige do engenheiro a máxima atenção na resposta. Durante esta etapa é possível que o especialista deixe algumas questões para o engenheiro responder. É importante pois estar atento para responder bem estas questões, melhorando assim o aprendizado e a relação com o especialista.

Finalmente, a última etapa envolve o fechamento de um determinado assunto, e o encaminhamento de um novo tópico, quando necessário. Porém, antes de se iniciar um novo tópico, o engenheiro deve resumir os pontos importantes do tópico encerrado, checando com o especialista se ele obteve todas as informações importantes e disponíveis sobre ele.

#### **3.3.3.4 Desvantagens da entrevista**

O engenheiro de conhecimento deve estar consciente de alguns problemas potenciais, associados ao uso da entrevista como forma de aquisição do conhecimento. A entrevista é um valioso instrumento para obtenção do

conhecimento do especialista, porém a sua interpretação é freqüentemente problemática<sup>163</sup> pois:

1. visa requisitar explicações verbais sobre um processo cognitivo;
2. seu objeto são informações verbais;
3. é necessário fazer as devidas correlações com outros dados existentes, mantendo a consistência das explicações verbais.

A entrevista é um acontecimento social com fins científicos e comerciais. Envolve pessoas que devem acomodar-se durante o processo, devem fazer propostas e pactos para tal. Isto requer flexibilidade e autocontrole das partes envolvidas.

### **3.3.4 Problemas e erros na Aquisição do Conhecimento**

Os problemas e erros típicos de gerenciamento do processo de aquisição do conhecimento são<sup>164</sup>:

1. má avaliação da meta e objetivos do projeto;
2. mal planejamento de tempo e recursos;
3. escolha não apropriada do domínio do conhecimento;
4. objetivos imprecisos;
5. insuficiente envolvimento da gerência da área;
6. falha para conseguir acordo de programação e objetivos;
7. inadequada documentação;
8. inexistência de metas intermediárias para checar se os objetivos estão sendo cumpridos.
9. pouco envolvimento do especialista no projeto por falta de tempo;
10. dificuldade de transmissão verbal de conhecimento, por parte do especialista;
11. conhecimento incompleto e/ou inconsciente, por parte do especialista;

---

<sup>163</sup> MCGRAW, K. L. Knowledge Acquisition - Principles and Guidelines. 1989.

<sup>164</sup> ADELI, H. Knowledge Engineering. 1990 e HAYES-ROTH, Frederick. Building expert systems. 1983.

Nem só das fontes primárias se constitui a aquisição do conhecimento. As **fontes secundárias** são muito importantes, mesmo que geralmente não sejam a principal. São todas aquelas que não envolvem o especialista do domínio, ou seja, informação codificada, textos, relatórios técnicos, diagramas, tabelas, estudos de casos, observação ou gravações de atividades e ambientes (físico e social), etc.

A etapa de aquisição do conhecimento é o *gargalo* no desenvolvimento de um SE<sup>165</sup>. É muito difícil extrair o conhecimento heurístico do especialista, que em geral é intuitivo, sem contar que o seu tempo disponível para o projeto é pequeno. Por isso, é necessário uma escolha apropriada tanto da técnica de representação do conhecimento, que possa representar melhor o conhecimento adquirido, como do especialista. Outra dificuldade é a grande quantidade de recursos necessários para a coleta, sem contar que os resultados são requeridos rapidamente.

Ademais, a aquisição do conhecimento só ultimamente tem adquirido importância central no processo de construção de um programa inteligente, haja visto, o número crescente de publicações recentes. A aquisição do conhecimento é uma fase difícil em qualquer sistema computacional inteligente. Isto acontece porque muitas vezes, o conhecimento não é bem definido, ou fatores não previstos podem surgir durante esta etapa. O bom desempenho de um SE é diretamente dependente do conhecimento contido em sua base de conhecimento, produto da aquisição do conhecimento. Desta forma, se o processo de aquisição do conhecimento no desenvolvimento de um SE for errôneo, ou mesmo insuficientemente, todo o projeto torna-se comprometido.

---

<sup>165</sup> HAYES-ROTH, Frederick. Building expert systems. 1983.

#### 4. REPRESENTAÇÃO SIMBÓLICA E ESTRUTURAL DO CONHECIMENTO

Um modelo de agente inteligente segue o esquema circular *percepção* → *raciocínio* → *ação* → *percepção*<sup>166</sup>, o que demonstra ser a experiência e o aprendizado fundamentais na sua construção a partir do mundo real em que o próprio agente se inclui, se insere. O mundo real é feito de fatos e regras e está em constante mudança. O mundo é mais rico que a capacidade de representação e a inteligência é uma forma de seleção natural interna. Qualquer agente realiza uma série de operações tais como percepção, planejamento, filtragem, armazenamento e recuperação. Para tanto foi necessário desenvolver um modelo limitando os meios para se perceber, já que perceber o mundo como ele é exigiria uma capacidade incrível de mecanismos. Há um modelo através do qual o agente pode tentar hipóteses que lhe possibilite agir. *A estrutura implícita do estatuto é tornada explícita, o que sempre acarreta uma perda na amplitude do domínio, mas um ganho em compreensão, em objetividade.*

O desenvolvimento de mecanismos de representação do conhecimento, de uma estrutura de conhecimento é tão importante quanto encontrar mecanismos que resolvam determinado problema. Para utilizar o conhecimento obtido do especialista é necessário representar formalmente o conhecimento e uma boa representação do problema inicia com a escolha de um modelo entre muitos paradigmas de representação. A forma de representação do conhecimento mais apropriada a uma determinada situação depende do tipo de conhecimento que se quer representar, bem como do tipo de aplicação de interesse. Neste sentido, existem as mais diferentes metodologias de representação do conhecimento, acima reunidas entre os paradigmas lógico, procedimental e estruturado (ver página 64). A preocupação aqui é com o último, dentro do qual estão relacionados os Sistemas Baseados em Regras, as redes semânticas e os quadros.

---

<sup>166</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial: algumas questões metodológicas. 1995.



A escolha pelo aprofundamento do estudo destes modelos, simbólicos e não conexionistas, estruturais e não procedimentais ou lógicos, se deve à constatação de que estes formalismos permitem construir um SEL de boa qualidade, garantindo uma fácil manutenção, principalmente quando a tarefa do mesmo restringe-se ao que neste trabalho denomina-se enquadramento legal.

Da mesma forma optou-se por trabalhar formas de representação simbólicas, ou seja, que garantam a existência de uma correspondência um para um, entre os símbolos do mundo da representação e os conjuntos do mundo a ser representado e quando para cada relação simples no mundo a ser representada há uma no mundo da representação. Não era o caso de se optar por modelos conexionistas, definitivamente não apropriados para o desenvolvimento do sistema proposto.

Outra hipótese deste trabalho é que o paradigma estrutural, é adequado para a representação do conhecimento jurídico em um SE. O paradigma lógico, por outro lado, servirá apenas de referencial para discussão da representação do conhecimento legal, isso porque tem a vantagem de possuir um caráter formal que aquele não possui.

Por modelo estrutural procura-se definir um conjunto de características comuns a algumas metodologias de representação do conhecimento, entre elas o fato de poderem ser descritas em estruturas bem definidas, da mesma forma que COELHO o fez para as linguagens de programação<sup>167</sup>. Estas estruturas são formadas por objetos e as relações entre eles. Isto fica claro para os quadros como para as redes semânticas, mas é possível dizer que o mesmo ocorre com a regras de produção.

#### **4.1 Sistemas Baseados em Regras**

São formados por regras com o formato *se A então B*, em cujos elementos podem ser utilizados conectivos lógicos, além da teoria das

---

<sup>167</sup> COELHO, Helder. How to solve it in Prolog. 1985.

probabilidades e dos conjuntos difusos. Para que o sistema funcione é necessário um motor de inferência que manipula as regras, de forma declarativa e não determinística. É este conjunto que se chama Sistema Baseado em Regras.

É o modelo estrutural mais conhecido e mais utilizado<sup>168</sup> e que por muito tempo foi sinônimo de SE. Denominados sistemas de produção ou simplesmente regras de produção por Emil POST em 1943, são o método de representação do conhecimento na IA mais utilizado. Isto se deve principalmente a sua facilidade de compreensão e programação, pois as regras fornecem uma maneira formal de representar diretivas e julgamentos próxima da linguagem natural e que permite descrever fatos dependentes do ponto de vista do contexto.

As regras de produção têm similaridade com as regras dedutivas ou a regra condicional lógica em que, sendo as premissas verdadeiras então a conclusão também é verdadeira. Fica evidente as três partes que compõem uma regra de produção:

1. o nome da regra, o qual será identificado pelo mecanismo de inferências;
2. a parte SE, a parte esquerda da regra, que é chamada de premissa ou antecedente de uma regra, na qual estão as condições para a aplicabilidade da regra. Se estas condições forem satisfeitas ou forem verdadeiras será desencadeada a parte direita da regra. Correspondem a um conjunto de restrições, o qual pode ser satisfeito através de fatos da Base de Conhecimento.
3. a parte ENTÃO, conclusão da regra, que descreve a ação a ser realizada. É chamada de conseqüente ou ação de uma regra, que pode criar, inferir novos fatos, mudar o *status* de fatos existentes ou mesmo apagá-los. Esta pode vir a ser uma premissa para outra regra, sendo portanto uma conclusão intermediária; caso contrário, é uma conclusão final. O sistema pode agir sobre a memória de trabalho, sobre a própria memória de regras, sobre ações de entrada e saída ou

---

<sup>168</sup> WATERMAN, Donald. A. A Guide to Expert System. 1986.

ações de controle, sobre o motor de inferência ou sobre uma ação para chamar um processo de inferência. Tudo isso à custa de um interpretador.

Esta metodologia de representação exige um conhecimento minimamente estruturado em que o processo de dedução ou de busca entre várias possibilidades é importante. Também exige um conhecimento que pode ser transcrito de forma taxonômica ou em árvore de busca, um conhecimento que seja monótono (ver página 94) e formado por módulos. A esses módulos podem estar vinculadas regras de dois tipos: ou diretivas que na realidade são meta regras ou instruções que indiquem, diante de certos fatos, qual o conjunto de regras deve ser utilizado (*se x então usar o conjunto de regras y*), ou não diretivas que manipulam diretamente os fatos.

A todo sistema de produção está vinculado um mecanismo de inferência que basicamente analisa as premissas das regras que tenham sido selecionadas, comparando com os fatos existentes. Diante da análise dos fatos determinadas premissas são consideradas verdadeiras e a regra que a contém é disparada e a ação contida no seu conseqüente é executada. O fato contido naquela ação é acrescentado à base de fatos. Este processo ocorre até que não existam mais regras a serem analisadas. Havendo problemas de conflito entre regras, o mecanismo de inferência deve estar preparado para optar por alguma regra mediante algum critério preestabelecido<sup>169</sup>.

#### **4.1.1 Construção de sistemas de produção**

Existem etapas que devem ser seguidas para se construir as regras, como definir vocabulário, propriedades, hierarquia, estrutura e tipos de objetos. Para tanto algumas estratégias de caráter genérico devem ser seguidas:

1. para domínios diferentes, bases diferentes;
2. dividir problemas complexos em tarefas menores;

---

<sup>169</sup> Para mais leitura sobre o tratamento de conflitos ver DAVIS, Randall. Meta-rules: reasoning about control. 1980.

3. sempre definir nas regras variáveis lingüísticas ou termos qualitativos (alto, normal, baixo) ao invés dos limites numéricos, que contudo devem ser mantidos na Base de Conhecimento, permitindo, assim que as devidas manipulações pelo sistema sejam feitas sobre estas variáveis. Para fazer esta transposição para variáveis lingüísticas é possível utilizar diversas técnicas tais como a lógica difusa<sup>170</sup>. É o caso de regras que tratam conhecimento impreciso: podem possuir premissas com incertezas, mas concluem certeza. *SE pressão alta, ENTÃO certamente choverá*;
4. iniciar a montagem da base de regras com as mais gerais seguindo para as mais específicas;
5. documentar as regras definindo comentários para cada uma;
6. em raciocínios não monótonos deve-se impedir que regras já disparadas entrem na agenda novamente (refração).

#### 4.1.2 Gerenciamento da base de regras e de conflitos

A complexidade de um sistema de produção tende sempre a aumentar, seja porque o número de regras aumenta, seja porque as partes esquerda e direita tornam-se mais complexas, ou devido ao uso de variáveis. Por isso há a necessidade do gerenciamento da base de regras, realizado através do controle das regras e da resolução de conflitos.

O controle das regras trata do acréscimo ou retirada definitiva de regras da base e é realizado durante o processo de construção do sistema. Deve levar em conta algumas estratégias práticas<sup>171</sup>:

1. **Movimento** - evitar a repetição das regras dentro do processo de inferência;
2. **Sistematização** - evitar a repetição de partes das soluções. A busca em largura ou em profundidade garantem uma solução, caso ela exista.

---

<sup>170</sup> ZADEH, L. A. *Fuzzy Sets*. Information and Control, Vol. 8, 1965, p 338-353.

<sup>171</sup> RABUSKE, Renato Antônio. *Inteligência artificial*. 1995.

3. **Estabilidade** - persistir na busca da solução, sem abandonar ramos da árvore de decisões (ver página 66) por mudanças de pequeno valor. Evita-se assim saltos desnecessários.
4. **Eficiência** - produzir uma resposta em tempo aceitável, o que significa nem sempre se obter a melhor solução ou aquela que seja resultado de todas as alternativas possíveis.

Já a **resolução de conflitos** entre regras consiste em evitar-se a produção de mais de uma conclusão possíveis mas incompatíveis. É realizada durante o processo de inferência e envolve a escolha de uma regra em um contexto em que existem várias regras candidatas para tal. Seguem critérios para resolver esses conflitos:

1. Fazer uma ordenação das regras. Pode-se organizá-las em módulos ou conjuntos que respondam a problemas específicos. A escolha das regras far-se-á de acordo com a seqüência organizada.
2. Aplicar às regras um valor de prioridade ou peso, de acordo com um grau de importância.
3. Adotar primeiro as regras mais específicas; depois as gerais.
4. Aplicar a regra que atenda aos elementos postos no ambiente de sistema (*LIFO* - *Last In First Out*).
5. Escolher uma regra arbitrária.
6. Adotar uma nova regra que fuja do ciclo vicioso de aplicação das mesmas regras.
7. O sistema define um conjunto de regras mais promissor e aplica-as.

Para melhor definir as dependências entre as regras é possível mostrar graficamente a rede formada. Esta é chamada de rede de inferência ou diagrama de controle ou de dependência.

Sistemas especialistas	Conchas
MYCIN	EMYCIN
PROSPECTOR	AGE
DENDRAL	OPS5
PUFF	ADVISE
INTERNIST	HEARSAY-III
XCON	AL/X
SACON	EXPERT-EASE
	KS 300
	KES
	PERSONAL
	CONSULTANT

**Tabela 31 - SE e conchas que utilizam regras de produção<sup>172</sup>**

#### 4.1.3 Vantagens e desvantagens

As vantagens<sup>173</sup>:

1. mais próximo ao raciocínio humano ou mais similar ao processo cognitivo humano;
2. separação nítida entre motor de inferência (controle) e o domínio de conhecimento;
3. modularidade das regras, ou seja, pequenos universos representados isoladamente constituindo uma peça de conhecimento independente, mantendo uma relativa independência em relação às outras regras. Nenhuma regra tem conhecimento das outras regras. É a característica predominante deste tipo de representação;

<sup>172</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial: algumas questões metodológicas. 1995.

<sup>173</sup> BENCH-CAPON, Trevor J M. Legal knowledge representation: what can be done with rules? 1994.

4. Facilidade de edição: facilidade de controle, expansão e modificação da Base de Conhecimento. Em consequência da modularidade, novas regras podem ser acrescentadas e antigas podem ser modificadas com relativa independência;
5. Transparência do sistema e simplicidade das regras: garante maior legibilidade da base de conhecimentos.
6. fácil tratamento de imprecisões (incerteza) através de recursos como a probabilidade;
7. podem representar informação pouco estruturada e/ou incompletamente especificada;
8. facilidade de justificação, explanação da escolha de determinada regra durante o processo de inferência;
9. permite verificar consistência com maior facilidade;
10. fácil formalização de heurísticas;
11. permite incorporar variáveis tornando a base mais geral.

**As desvantagens:**

1. necessita combinação exata dos termos que compõem as regras com os termos armazenados na Base de Conhecimento. No plano do usuário este problema é superado através de uma interface de linguagem natural traduzida posteriormente pela máquina.
2. as regras de produção não são apropriadas para todo tipo de representação da estrutura de conhecimento;
3. grande conjunto de regras torna ineficiente (lento) o mecanismo de inferência. O problema proposto é tão geral ou complexo, que é necessário um grande número de regras para descrever o conhecimento e heurísticas do especialista. O número máximo de regras que podem ser representados em um SE, depende da limitação da concha ou da linguagem de programação escolhida;
4. limitação das técnicas de resolução de problemas; difícil verificação e validação de grandes conjuntos. Se o SE contém um grande número de regras altamente específicas, sobrecarrega a execução e aumenta a complexidade do sistema;

5. difícil manutenção de grandes bases;
6. inexistência de uma metodologia de desenvolvimento;
7. insuficiência semântica;
8. incapacidade para descrever conhecimento temporal e de controle;
9. dificuldade em trabalhar com similaridades e analogias, mudança de contexto e integração de fragmentos de informação.

Enfim, o problema básico com os Sistemas Baseados em Regras está no modo simplista de resolver o problema, o que os torna, se usados isoladamente, sistemas projetados para apoio ao usuário que permanece responsável pela decisão. A integração com outras formas de representação, em especial os quadros, aumenta o seu potencial, ao ponto de ultrapassarem aquele limite. No protótipo construído foram testadas as duas possibilidades. Quando a integração foi implementada demonstrou-se ser especialmente fácil a construção e manutenção do sistema, mesmo havendo sido aumentada a sua complexidade estrutural.

#### **4.2 Sistemas orientados a Objetos**

Sistemas orientados a objetos surgem com o intuito de encontrar uma nova forma de fazer simulações. NYGAARD e DAHL<sup>174</sup> desenvolveram a linguagem *Simula* que descreve sistemas em termos de entidades e relações entre elas, organizadas em classes e subclasses. Se por um lado a nova fórmula era auspiciosa havia o problema do tempo elevado de execução dos programas. Com a evolução do *hardware* e o aumento da performance dessas linguagens a orientação a objetos é considerada hoje uma das melhores formas para projetar uma grande variedade de aplicações, entre elas os SE.

Um objeto é simplesmente um pacote de dados ao qual está relacionado um conjunto de ações que manipulam o estado desses dados. Nos Sistemas Baseados em Objetos o conhecimento é descrito com objetos (componentes) e

---

<sup>174</sup> DAHL, O J. SIMULA- an algol-based simulation language. s/d.



relações (propriedades) sobre as entidades a serem modeladas (conceitos, hierarquias de estruturas, descrições de classes e elementos e instâncias individuais ou componentes de objetos)<sup>175</sup>. Uma base de conhecimentos é uma coleção de objetos e de relações. Todas as interações com os objetos são feitas através das mensagens. Estas são enviadas a eles que decidem como respondê-las através de procedimentos próprios chamados métodos.

A orientação a objetos é uma metodologia adequada para situações prototípicas e raciocínio por omissão (capacidade não monótona) e por analogia, situações estas que envolvem o uso de informação contextual. Utiliza princípios de organização dos objetos como a generalização, a agregação e a classificação, que permitem o acesso à informação de forma mais rápida.

Em termos da construção de Sistemas Baseados em Objetos das fases que seguem duas são aquelas que lhe são específicas, quais sejam, a 3 e 5<sup>176</sup>:

1. Definir o problema;
2. analisar o domínio;
3. definir classes, subclasses e instâncias, regras, comunicações entre objetos (métodos e mensagens) e interface;
4. avaliar o sistema;
5. Expandir o sistema, aprofundando o conhecimento (ampliando o número de características) e estendendo o conhecimento (ampliando o número de objetos)

Tendo-se o objetivo de apresentar o modelo orientado a objetos procura-se antes apresentar uma arquitetura de representação, isto é, uma linguagem com uma teoria semântica e nada mais e não propor uma arquitetura computacional, tarefa que dá ênfase na modelagem computacional sem se preocupar com o domínio a ser representado. Computacionalmente, os quadros são dispositivos que servem para organizar o acesso de memória e as inferências. Em

---

<sup>175</sup> BOOCH, Grady. Object oriented design with applications. s/d.

<sup>176</sup> BOOCH, Grady. Object oriented design with applications. s/d.

termos representacionais a preocupação recai na construção dos objetos e seus atributos de um domínio específico.

#### **4.2.1 Modelo de objetos vs. modelo lógico**

O desenvolvimento de um sistema computacional que parte de uma metodologia de projeto e estruturação em princípio deve usar conceitos de modelagem orientada a objetos, isto é, orientada a dados estruturados e operações sobre dados. Este modelo exige mais tempo de análise, mas menos tempo de modelagem do domínio. Esta análise identifica estratégias que facilitam a compreensão do próprio conhecimento que está sendo estruturado, o que facilita a modelagem e portanto, aumenta a velocidade da construção do sistema e de sua manutenção.

A orientação a objetos não é tão formal quanto o modelo lógico e tem um ponto de vista mais intuitivo em termos de programação. Enquanto o formalismo lógico e os modelos numéricos trabalham com cadeias de caracteres (predicados) ou números e são bastante úteis para representar fatos simples, o modelo estrutural e em especial a orientação a objetos, de redes com notação gráfica, tem como base objetos e possuem a capacidade de representar realidades relativamente complexas.

modelo lógico	rede de objetos (semântica)
voa (X) $\leftarrow$ ave (X) $\wedge$ ~anormalb(X)	subclasse (avestruz, ave)
ave (X) $\leftarrow$ avestruz (X)	subclasse (tigre, mamífero)
~voa (X) $\leftarrow$ avestruz (X) $\wedge$ ~anormalb (X)	subclasse (baleia, mamífero)
penas (X) $\leftarrow$ ave (X)	certo (ave, coberto, penas)
anda (X) $\leftarrow$ avestruz (X) $\wedge$ ~anormalo(X)	certo (mamífero, coberto, pêlos)
cabelo (X) $\leftarrow$ mamífero (X)	omissão (ave, locomoção, voa)
anda (X) $\leftarrow$ mamífero (X) $\wedge$ ~anormalm (X)	omissão (avestruz, locomoção, anda)
mamífero (X) $\leftarrow$ tigre (X)	omissão (mamífero, locomoção, anda)
mamífero (X) $\leftarrow$ baleia (X)	omissão (baleia, locomoção, nada)
nada (X) $\leftarrow$ mamífero (X) $\wedge$ ~anormalw (X)	instância (tweety, ave)
ave (tweety)	instância (fred, avestruz)
avestruz (fred)	instância (hobbes, tigre)
tigre (hobbes)	instância (moby, baleia)
baleia (moby)	

**Tabela 32 - Exemplo formalizado em lógica e em uma rede semântica**

Qualquer rede ou quadro pode ser definido com frases de uma lógica ou mesmo não são mais que lógica elaborada<sup>177</sup>. A questão que surge: o que é melhor, uma cadeia de caracteres ou uma notação gráfica? Há situações em que a compreensão é maior em uma notação, ocorrendo o inverso em outras situações. Contudo, não existe qualquer necessidade em fazer opções, como durante muito tempo se pensou, pois pode-se passar de uma notação à outra, e vice-versa<sup>178</sup>. Escolhe-se a notação que estiver mais à mão, podendo recorrer-se à outra notação por razões de ser mais fácil servir a intuição. Veja-se o caso do projeto CYC<sup>179</sup> que fornece interface para as duas formas de representação.

<sup>177</sup> HAYES, Patrick J. The logic of frames. 1979.

<sup>178</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial: algumas questões metodológicas. 1995.

<sup>179</sup> LENAT, Douglas B. Building Large Knowledge- Based Systems; Representation and Reasoning in the Cyc Project. 1990.

Contudo, o modelo de objetos parece ser mais eficaz em termos computacionais que o modelo lógico<sup>180</sup>. O homem normalmente não usa a lógica no sentido de um raciocínio dedutivo, expresso nas regras de produção, mas retira da memória uma situação similar feita de imagens e construções anteriores, um modelo mental<sup>181</sup>. Na computação o que mais se parece a esse modelo é o paradigma de objetos.

Ao contrário daquele, o cálculo de predicados permite axiomatizar o comportamento de qualquer sistema computacional, mas a evolução do aprendizado é difícil devido a sua notação e estilo. Uma lógica é um instrumento poderoso para a representação e o raciocínio, mas consiste apenas na sintaxe, na semântica e na teoria da prova. Não oferece qualquer ajuda em como expressar substâncias, objetos, nomes múltiplos, quantidades, objetos coletivos<sup>182</sup>. Nesta tarefa a ontologia, a representação em objetos com seus conceitos gerais, suas identificações ou representações múltiplas (saber entender e conhecer significações diferentes), faz melhor.

Exemplo disto é o princípio de identidade em que há dificuldade de nomear um indivíduo em situações de nomes ou códigos de identificação múltiplos. Em lógica de primeira ordem, o problema da identificação múltipla é ignorado. Cada entidade no domínio é suposta ter apenas um nome lógico, o qual é único dentro do alcance da lógica. Na ontologia aqueles nomes identificam de forma inequívoca um indivíduo, distinguindo entre identificadores externos e internos. Para uma entidade conhecida internamente como x1716 pode-se vincular vários identificadores externos como: *últimonome* (x1716) = *rover*, *identidade* (x1716) = 2314562233, *masis* (x1716) = 1562.

---

<sup>180</sup> WOODS, Willian A. Important issues in knowledge representation. s/d.

<sup>181</sup> JOHNSON-LAIRD, P N. The computer and the mind: an instruction to cognitive science. 1989.

<sup>182</sup> VISSER, Pepijn. On Mismatches between ontologies: a first investigation into knowledge fusion. 1996.

Além disso, o modelo lógico começa a explodir na medida em que aumentam as regras. Possui boa expressividade, mas pouca eficácia computacional (tratabilidade). Um bom mecanismo de recuperação, além de ter um processo de unificação padrão, deve possuir uma teoria de agrupamentos e uma rede de similaridade, o que este modelo possui. Pensar nas coisas (aves, tigres, e baleias) não como predicados, mas como objetos permite outro tipo de agrupamento. A descrição por objetos é extensa, mas é mais clara e mais simples de ser ampliada com mais classes (objeto em um nível mais alto), subclasses, e instâncias (objetos individuais). Esses conceitos acima possuem características funcionais semânticas, definidas a partir de uma seqüência hierárquica de elementos ou objetos.

Na orientação a objetos há um conjunto de conceitos (uma abstração que envolve vários predicados relacionados) ligados por uma relação de generalização (taxonomia) e cada conceito tem uma estrutura interna. A capacidade de generalização da taxonomia pode criar um operador que trabalhe com objetos bem diferentes e recordar ou identificar que alguns dos elementos percebidos são instâncias de uma situação já conhecida (instância de um conceito). É claro que tais combinações precisam dar-se de maneira formalmente permitida, isto é, através de regras sintáticas permitidas pela similaridade da taxonomia.

A representação orientada a objetos possibilita criar um tratamento uniforme dos aspectos dinâmico e estático do problema definindo os processos e as entidades como tipos de objetos e relações entre eles. Isto faz com que esses modelos de representação sejam facilmente utilizados para resolver problemas. Para tanto, possuem um conjunto de regras de inferência que, ao contrário dos modelos lógicos, não dispõem de rigor formal mas levam em conta a necessidade de eficiência computacional.

Por isto, a orientação a objetos é uma abordagem de representação que dificilmente constrói um modelo semântico do mundo, como é próprio das lógicas. É construído apenas um modelo a partir dos componentes da situação, no qual todos os objetos e todas as relações estão explicitamente definidas, sem haver

redundância de informação. Não há uma semântica clara. Frequentemente, o utilizador é deixado à vontade para induzir a semântica de linguagem a partir do comportamento do programa (realização). Por isso, muitos pensam nas redes no nível da realização, em vez de optarem pelo nível lógico ou ainda pelo nível do conhecimento. De qualquer maneira, é sempre possível definir a semântica em Lógica de 1ª ordem. Para reificar as relações lógicas basta transformar os predicados em objetos. Esta via parece ser superior à lógica na medida em que se aproxima do raciocínio analógico.

#### 4.2.2 Triplas objeto-atributo-valor

As triplas objeto-atributo-valor são úteis tanto para representar o conhecimento na base de fatos como na base de regras, especialmente nos antecedentes das regras. Podem ser representadas por proposições complexas. Apresenta a **vantagem** da simplicidade de representação e da eficácia e similaridade à linguagem natural.

É um formalismo usado principalmente quando se trabalha com regras de produção. Os objetos são considerados fatos elementares, constituídos por atributos que por sua vez representam suas características ou qualidades. Da mesma forma, a cada atributo estará vinculado um conjunto de valores. Ao menos que exista uma evidência do contrário, é assumido que todos os membros de uma classe herdarão todas as propriedades dos objetos da classe superior.

<b>Objeto</b>	<b>atributo</b>	<b>valor</b>
Carro	número de rodas	4
Meu_carro	número de portas	2

**Tabela 33 - Exemplo de uma tripla objeto, atributo e valor**

atributos em si [*Carro\_vermelho(x)*] ou [*Carro(x) e Vermelho(x)*] e indicando o tipo ou parâmetro do valor do atributo [*Comprimento\_rodovia(x, em\_km)*] ou

No nível ontológico é possível fazer escolhas quanto às diferentes formas de conceituar as relações entre entidades no mundo, ou seja, indicando ou representando a relação, os termos ou nomes dos

[*Comprimento\_rodovia(x, em\_milha)*]]<sup>183</sup>. A boa escolha desses termos definirá a eficiência e longevidade do sistema.

#### 4.2.3 Formas de organizar e hierarquizar objetos

Observe-se que no exemplo da tTabela 33 há o objeto *meu\_carro* que é na verdade uma instanciação do objeto *carro*, isto é, representa um indivíduo ou instância de carro. Este processo de organização dos objetos faz parte da preocupação de se definir esquemas, uma estrutura hierarquizada de informações que parte de concepções genéricas para mais específicas. Qualquer forma de organização ou classificação é um esquema de abstração que denota as características essenciais de um objeto para distinguí-lo de outros<sup>184</sup>. Da mesma forma que nas relações no nível dos objetos (atributos e valores) é importante definir claramente as escolhas, aqui ocorre o mesmo quanto aos objetos em si mesmos. Existem três esquemas de organização dos objetos<sup>185</sup>:

1. **categorização ou generalização ou classificação por especialização**, em que as subclasses são objetos *é tipo de* ou *é instância de* em relação à classe; não se realiza através da relação de herança de atributos mas através da relação entre objetos; geladeiras e congeladores são subclasse de equipamentos de refrigeração;
2. **por agregação ou particularização**, em que há níveis de abstração do tipo *é parte de* ou *é componente de* (propriedades) em relação à classe; termostatos e compressores são parte de congeladores;
3. **por associação**, em que certas idéias promovem a lembrança de outras idéias relacionadas, em que uma classe tem atributos que associam características comuns a outras classes diferentes; a associação proporciona meios de navegar pelas informações e de recordá-las; comer alpiste e voar está associado a pássaro. Montanhas e pistas está associado a esqui.

<sup>183</sup> Utiliza-se nos exemplos predicados por sua facilidade de compreensão e descrição.

<sup>184</sup> BOOCH, Grady. Object oriented design with applications. s/d.

<sup>185</sup> DURKIN, John. Expert systems - design and development. 1994.

#### **4.2.4 Características básicas da orientação a objetos**

As características típicas da orientação a objetos passa pela apresentação dos diversos esquemas de abstração que descrevem um objeto para distinguí-lo de outros. Como o modelo trabalha com classes/objetos fica evidente que a idéia de hierarquia é importante, na medida em que esta é uma forma de ordenação das abstrações<sup>186</sup>.

##### **4.2.4.1 Herança**

Um objeto pode pertencer a uma ou mais categorias e pode herdar propriedades ao longo desses caminhos. A capacidade de herança nada mais é do que a transmissão de propriedades comuns entre os objetos, sejam essas propriedades atributos, valores, métodos. Neste caso são chamados de gerais pois foram herdados anteriormente de uma classe); não é o caso dos locais que são específicos do objeto e ocorrem quando surge a partir do objeto corrente ou quando há uma manipulação de exceção, ou seja, quando há a mudança do valor/atributo/método herdado.

Existe a herança simples, quando apenas um objeto herda propriedades, ao contrário da herança múltipla, quando um objeto pode pertencer a mais de uma categoria e pode herdar as propriedades ao longo de várias caminhos. Em linguagens de programação orientadas a objetos a herança múltipla é comum, enquanto que nos quadros é normalmente implementada a herança simples.

##### **4.2.4.2 Métodos (message passing)**

Os objetos comunicam-se entre si e com o ambiente através das mensagens que são respondidas através de procedimentos internos chamados métodos. As mensagens contém o nome do objeto cujo método desejado está relacionado e o nome do método que se quer executar. São um dos principais componentes de mudança que se expressam através de funções ou regras que funcionam localmente no nível de objetos. São também conhecidos como serviços.



Os métodos têm a capacidade exclusiva de manipular os dados privativos dos objetos e podem ainda enviar mensagens para outros objetos para realizar operações. Neste caso têm condições de manipular variáveis que tornam o procedimento mais direto e mais geral.

Geralmente eles contêm restrições como a delimitação dos valores possíveis (x não ocorre enquanto y não acontecer) e é expressa em uma linguagem de especificação ontológica. Esta linguagem é usada para definir qual informação pode ser especificada nos atributos da estrutura. Para tanto, há diferentes linguagens tendo em vista diferentes tipos de expressões necessárias para preencher aquela estrutura. Por exemplo, há expressões não temporais sobre o domínio, há as referências temporais, há as que se referem a atos e outras que se constituem na metalinguagem, em nível temporal ou não.

#### 4.2.4.3 Polimorfismo

O polimorfismo é um método de implementação segundo a qual as mensagens enviadas para os objetos possuem a capacidade de obter respostas específicas de acordo com cada objeto que responde, utilizando métodos herdados com mesmo nome e função. Isto permite tratar objetos de diferentes classes de maneira uniforme.

Por exemplo, a classe movimento de conta corrente que exige cálculos diferentes para atualizar o saldo. Para isso há um método chamado saldo que nesta classe não executa nada. Abaixo desta classe há a subclasse financiamento que possui por herança o método saldo, que agora terá um cálculo específico. O mesmo se aplica a outros tipos de movimentação como depósitos em poupança e aplicações financeiras. Ao pedido do saldo da conta corrente será chamado cada um dos métodos das classes inferiores para realizar o cálculo.

---

<sup>186</sup> Para aprofundar o estudo destes conceitos que seguem ver BOOCH, Grady. Object oriented design with applications. s/d.

#### 4.2.4.4 Encapsulamento

O encapsulamento é outro método de implementação pela qual se escondem características de uma classe, mostrando apenas o indispensável que geralmente é bem simples. As ações executadas por métodos sobre os objetos só podem se realizar sobre aqueles aos quais pertencem. Toda manipulação de um objeto pode vir somente dele mesmo e não é visível fora dele. Por este motivo, é preciso saber apenas como enviar a mensagem apropriada ao objeto para realizar determinadas ações conhecidas e associadas aos objetos. Estes é que devem saber como responder ao pedido. É uma forma de modularidade que separa os componentes em unidades relativamente isoladas e restringe as modificações.

Por exemplo, a classe dos carros composta pelas classes motor, rodas, suspensão, carroceria, etc. Trata-se de uma classe com excesso de informações para as concessionárias que precisam conhecer pouco mais que o ano, modelo, cor e acessórios. Através do encapsulamento o desenvolvedor cria a classe dos carros de concessionária, disponibilizando nela somente as informações necessárias.

#### 4.2.5 Redes semânticas

Foram originariamente projetadas como um meio de representar os significados de palavras inglesas<sup>187</sup>. A representação em redes inspirou-se no modelo psicológico da memória humana associativa. O termo rede semântica é usado para descrever uma estrutura de rede formada por nós (elementos primitivos) conectados por arcos. Os nós podem representar objetos, conceitos ou eventos e os arcos definem as relações hierárquicas existentes entre os nós (*É um, Tem um, Tipo de, maior que*) ou definem novas entidades (altura, cor). O objetivo de uma rede é a definição de um conceito a partir do que está relacionado (envolvente semântica).

Os nós dos níveis hierárquicos mais baixos (*tokens*) denotam indivíduos ou instâncias, e são conectados por arcos *É\_UM*. Os nós de níveis hierárquicos

---

<sup>187</sup> QUILLIAN, M Ross. Words concepts. 1967.

mais altos (*types*) representam classes ou categorias de indivíduos. São abstrações definidas sobre *tokens* que captam generalizações úteis daqueles.

Sendo uma simples coleção de nós e arcos, é uma estrutura semântica menos complexa que os quadros, empregada com um conjunto de regras de inferência especialmente projetadas para tratar de modo correto os tipos específicos de arcos presentes na rede (procedimentos de manipulação). É um método particularmente útil para representar o conteúdo de frases declarativas que descrevem diversos aspectos de um evento, na forma de predicados de dois argumentos.

Marco é um homem	éUm(Marco, Homem);
a cadeira tem cor castanho	cor(cadeira, castanho).
João deu o livro para Maria	Agente(X,João), éUm(X,dar), éUm(X,livro), beneficiário(X,Maria).

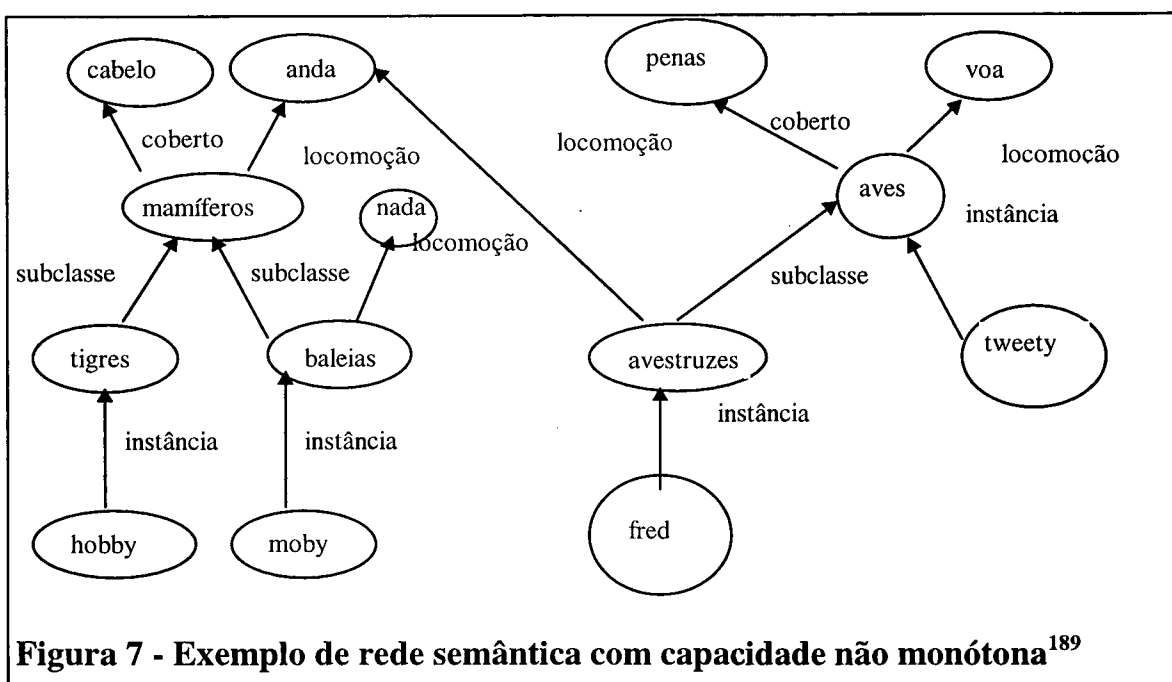
**Tabela 34 - Frases formalizadas em uma rede semântica**

A potência da representação em uma rede semântica<sup>188</sup> aumenta a medida em que a complexidade do formalismo aumenta. Isto significa que para não se ter problemas de reconhecimento de caminho e de informações conflitantes por parte do Motor de Inferência, deve-se aumentar o número de relações semânticas ou arcos. Para dar maior potencialidade às redes semânticas, podem ser utilizadas as triplas *objeto-atributo-valor*.

Dessa forma, as redes semânticas, como os quadros, são estruturas de finalidade geral, nas quais conjuntos particulares de conhecimento específicos de domínio podem ser encaixados. Os detalhes da operação variam com os tipos específicos de conhecimento que o sistema será chamado a realizar.

Adicionar **capacidade não monótona** ao sistema complica as coisas, pois as omissões sobre certos objetos podem entrar em conflito. Na rede semântica apresentada na fFigura 7 é fácil concluir que as aves voam e *Tweety* também e que *Fred* é um avestruz e portanto *Fred* anda. Mas, como *Fred* é avestruz e ave,

existem duas extensões possíveis. Em uma ele é um avestruz normal e anda, e na outra é uma ave normal e voa. É claro que a extensão correta é a primeira. É preciso afirmar que para cada objeto *O* e atributo *A* só pode haver um valor *V* possível. É necessário declarar explicitamente as condições sob as quais um objeto é diferente do outro adicionando o axioma *diferente* (*anda, voa*). Neste caso, a informação sobre subclasses (avestruz) deve ser preferida à informação sobre classes (aves). Isto quer dizer que algumas modificações para considerar os valores de omissão nos atributos da classe devem ser feitas na medida em que os valores relativos à subclasse tem preferência sobre os daquela.



As **vantagens** das redes semânticas dizem respeito às associações poderem ser feitas de modo explícito e sucinto (grande variedade de relações representadas), isto é os fatos relevantes acerca de um objeto ou conceito podem ser deduzidos dos nós a que eles estão ligados diretamente, sem uma procura através de uma extensa base de dados, à existência de metodologias de desenvolvimento e a representação natural. Além disso é:

<sup>188</sup> BONET, A. *Artificial Intelligence - Promise and Performance*. 1985.

<sup>189</sup> COELHO, Helder. *Inteligência artificial: algumas questões metodológicas*. 1995.

1. compacta (nem sempre determinante)
2. intuitiva
3. fácil de trabalhar: compreender e modificar
4. raciocínio mais eficiente do que na lógica de 1ª ordem (aceleração do processo de raciocínio)

As **desvantagens** são:

1. a interpretação (semântica) das redes depende somente do programa que as manipula, isto é as inferências geradas pela manipulação da rede não são seguramente válidas, no sentido em que o são nos esquemas baseados na representação lógica;
2. a definição das relações pode ser ambígua e não padronizada, dificultando assim a compreensão do objetivo da rede, bem como a sua consistência e há falta de métodos de resolução bem definidos;
3. em alguns casos, dependendo do problema analisado, pode ocorrer explosão combinatória na busca dos nós;
4. podem dar margem a diferentes interpretações, causando diferentes inferências;
5. não é possível fazer muitas distinções (possíveis na lógica matemática).

Dessa forma, a virtude das redes semânticas, ser uma simples coleção de nós e arcos<sup>190</sup>, cujas informações estão armazenadas neles de forma direta, torna-se um fator de fragilidade do formalismo quando objetos bem mais complexos fizerem parte do domínio de conhecimento a ser implementado. Tendo-se essa informação, nem procurou-se implementar qualquer teste de rede semântica no Direito. Partiu-se logo para uma estrutura semelhante, porém mais poderosa, os quadros.

#### **4.2.6 Quadros (*frames*)**

A representação por quadros é uma das variantes do paradigma estrutural simbólico e é um modelo particular de orientação a objetos. São estruturas de dados que inclui informação declarativa e procedimental em relações

internas predefinidas. Os conhecimentos relacionados são arquitetados em estruturas discretas que têm propriedades individuais.

É organizado de forma semelhante a uma rede semântica agrupando toda a informação sobre qualquer objeto particular em um só lugar. Por outro lado, os quadros são ainda mais orientados semanticamente que as redes semânticas. Estas consistem numa simples coleção de nós e arcos, cujas informações estão armazenadas neles de forma direta, enquanto que aqueles são objetos bem mais complexos e projetados para representar os recursos comuns das coisas, podendo conter descrições de valores por omissão. Nos quadros, as informações estão disseminadas em diversos dispositivos como os atributos<sup>191</sup> e seus valores, os métodos a eles vinculados e todas as configurações possíveis desses dispositivos. Por isso esse tipo de representação é bem mais pesado que o modelo das redes semânticas.

O conjunto de quadros é uma estrutura de preenchimento apresentada por MINSKY<sup>192</sup> em 1975. Parte da evidência de que as pessoas não analisam situações novas a partir do zero e depois constróem novas estruturas de conhecimento para descrever essas situações. Procura-se fazer então uma coleção de estruturas representando o conhecimento anterior e permitindo que sejam preenchidos os detalhes do evento atual. Uma nova situação (uma quebra da ordem, do padrão estabelecido) não é muito diferente das situações conhecidas. A novidade exigirá uma mudança no quadro, ou seja, um aprendizado, sempre a partir do resultado de experiência e conhecimento anteriores. É uma estratégia de organização e estruturação da base de conhecimento em que situações estereotipadas são representadas, e não uma estratégia de solução de problemas, como é o caso da *orientação para eventos*.

---

<sup>190</sup> SOWA, John F. Principles of semantic networks. 1991.

<sup>191</sup> Nesta representação o termo mais divulgado para atributos é o termo em inglês *slot*, mas por opção procurar-se-á utilizar os termos em português propriedades, escaninhos e atributos.

<sup>192</sup> MINSKY, Marvin L. A framework for representing knowledge. 1975.

Segundo MINSKY<sup>193</sup> o quadro é uma das estruturas mais flexíveis para representação do conhecimento. O quadro refere-se a uma maneira especial de representar conceitos e situações. É uma rede de nós e relações (interligações) organizada de forma hierárquica, em que os nós do topo (de níveis mais altos) são fixos e representam coisas que são sempre verdadeiras sobre a situação suposta (conceitos gerais) e os nós inferiores (de níveis mais baixos) representam instâncias ou objetos mais específicos destes conceitos e por isso, têm muitos nós terminais. Esta é uma rede de similaridade (coisas semelhantes, mas não iguais) em que cada nível inferior é uma especialização do superior, que serviria de foco. Estes focos sozinhos são raramente úteis porque são muito gerais.

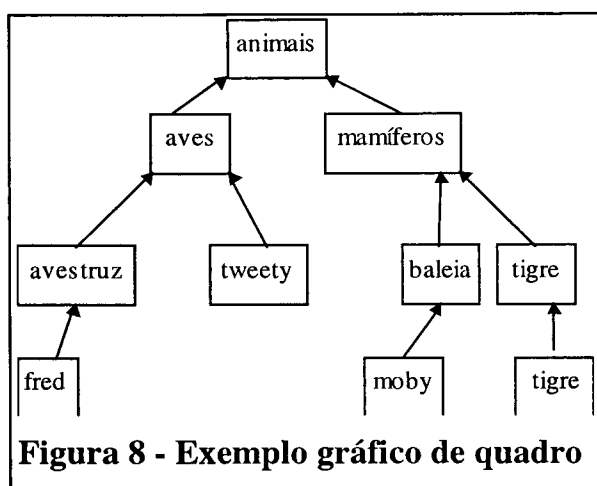
A representação por quadros constituem-se em pequenas bases de dados que colecionam bocados relacionados de informação de modo estruturado. Anexadas estão vários tipos de informação sobre como usar o quadro. Deve-se ter grande conhecimento sobre o cenário a ser representado na medida em que são representadas explicitamente todas as questões envolvidas. Além disso, todas as questões devem estar associadas ao quadro. Um quadro é uma coleção de questões relativas a uma situação hipotética.

Um quadro é um conceito mais restrito de objeto. É composto por uma coleção de escaninhos preenchidos por valores, podendo este preenchimento estar submetido a condições definidas em métodos, que por sua vez, apenas referem-se a determinados escaninhos (escalável). O preenchimento dos valores pode ser definido como padrão ao descrever casos típicos (fatos que não mudam). Aqui os valores são herdados aos demais quadros e não devem sofrer alterações. Os valores também podem ser obtidos por inferência do sistema ou através do preenchimento pelo usuário, situação em que os quadros são suficientemente genéricos para que conjuntos particulares ou detalhes de um evento (fatos que mudam) sejam representados.

---

<sup>193</sup> MINSKY, Marvin L. A framework for representing knowledge. 1975.

Cada atributo ou escaninho possui uma série de características que são chamadas de *facets*<sup>194</sup> ou conhecimento estendido que podem ser preenchidos de acordo com as características do escaninho e permitem um maior controle sobre os valores dos atributos. É possível limitar os valores disponíveis para um conjunto de possibilidades (*valores disponíveis*), restringir o tipo de dados (*string*, *numérico*, *booleano*), definir um comentário (*prompt*), definir que ações tomar quando um valor é necessário ou quando esse valor é modificado, entre outros.



Um quadro fornece uma representação estruturada de um objeto ou de uma classe de objetos e facilita a descrição dos seus tipos através da inclusão de protótipos, de padrões considerados verdadeiros (confirmados pelo sistema) e herdados aos demais quadros. Além disso possui a capacidade de inclusão de expectativas

e outros tipos de suposição, como valores por omissão, ou seja, possui **capacidade não monótona**. É o caso das atribuições por defeito ou por falta (*default*) que também expressam valores padrões, mas que são omissões. Esse preenchimento padrão representa estereótipos de ação utilizado para criar uma descrição dos objetos por defeito que pode ser substituída a medida que os valores reais são obtidos. Contudo, nesta situação não existe qualquer indicação na descrição do quadro sobre se os escaninhos correspondem a verdades ou omissões. Importa é que a informação sobre subclasses (avestruz) deve ser preferida à informação sobre classes (aves), como ocorre nas redes semânticas. Haverá modificações dos valores de omissão nos atributos da classe que não serão herdados à subclasse. O

<sup>194</sup> DURKIN, John. Expert systems - design and development. 1994.



escaninho locomoção preenchido com o valor voa na classe aves será preenchido com o valor anda na subclasse avestruz. Este tem preferência sobre aquele.

Objeto	classe do objeto	Escaninhos e valores
animais		coberto: locomoção:
aves	subclasse : animais	coberto: penas locomoção: voa
mamíferos	subclasse : animais	coberto: pelos locomoção: anda
avestruz	subclasse : ave	coberto: * locomoção: anda
tigre	subclasse: mamífero	coberto: * locomoção: *
baleia	subclasse: mamífero	coberto: ? locomoção: nada
tweety	instância: ave	coberto: * locomoção: *
fred	instância: avestruz	coberto: * locomoção: *
hobbes	instância: tigre	coberto: * locomoção: *
moby	instância: baleia	coberto: * locomoção: *

**Tabela 35 - Escaninhos e valores do exemplo acima**

nível não foram preenchidos com valores.

Por sua vez, a classe dos mamíferos pode conter várias sub-classes que compartilham características comuns, e além disto podem ter características próprias. Neste nível foram preenchidos os escaninhos com valores representativos de cada classe (nadar, andar e voar, e pelos e penas). Finalmente, cada subclasse pode possuir instâncias, que estão no nível de indivíduos, sendo a máxima

Como pode ser observado na Figura 8 e na Tabela 35, os quadros são organizados em forma hierárquica, na qual as classes e instâncias inferiores herdam as propriedades das classes superiores (aqui sinalizadas com o sinal de asterisco (\*)).

Assim, pode-se ter, para a super-classe animais, um conjunto de escaninhos representando algumas características do reino animal, as quais valeriam para todas as subclasses. O exemplo são os atributos da locomoção e da cobertura, que nesse

particularização possível que pode ser feita. São os casos de *moby*, *hobbes*, *fred* e *tweety*, marcados no gráfico com linhas pontilhadas.

O quadro tem um compromisso ontológico e uma teoria do raciocínio inteligente baseado na cognição humana e na organização do conhecimento na memória<sup>195</sup>. Seu principal compromisso ontológico é ver o mundo em termos de descrições de estereótipos, isto é, de conceitos que descrevem o mundo em termos do que é tipicamente verdade. Isto é particularmente apropriado em situações em que categorias raramente têm especificações precisas em termos de condições necessárias e suficientes, e nas quais exceções abundam e mudanças são freqüentes.

A teoria de raciocínio embutida nos quadros é uma forma de reconhecimento em que há o casamento de estereótipos tendo em vista fatos ou instâncias individuais. A organização de conhecimento está baseada na convicção de que a informação na memória humana é rica e explicitamente interconectada, em lugar de estruturada como um conjunto de fatos independentes ou implicitamente conectados. Assim, nos quadros, as inferências são produzidas pelo casamento de estereótipos e pelas instanciações.

A representação por quadros, diferentemente da programação lógica, provê uma computação eficiente já que substitui a dedução pelo casamento de estruturas e descreve os conceitos do mundo indicando as suas propriedades típicas e não fazendo declarações sobre o que é verdade ou falso.

#### 4.2.7 Vantagens e desvantagens

São várias as **vantagens** da representação por quadros, principalmente:

1. a representação em termos de objetos é mais próxima dos modelos do mundo real respondendo bem ao isomorfismo dos domínios de conhecimento;
2. isto permite a facilidade de entendimento, modificação e manutenção quando se obtém nova informação; além disso sendo

- um modelo simples e expressivo de relação entre diversas partes de um sistema permite a reutilização e extensividade desses seus componentes;
3. há ótima representação do conhecimento procedimental e permite representar a propagação da informação pelo sistema;
  4. coligem toda a informação disponível sobre um objeto particular ou sobre uma classe de objetos em um só lugar, o que responde bem à busca de modularidade na representação dos domínios de conhecimento.

Por isto tudo, os quadros são particularmente úteis para representar o conhecimento relacionado a eventos ou conceitos padronizados. Em termos computacionais é indicado quando o estado de objetos influencia no de outros, ou seja, quando a comunicação (relações) entre os objetos é fundamental na estrutura de conhecimento<sup>196</sup>.

As **desvantagens**: Existe falta de definição consistente entre níveis e de metodologias de desenvolvimento, e também a sua característica unidimensional limita o número das relações descritas. Também não representa bem heurísticas e dificulta o processo de depuração do sistema (*debugging*).

A orientação a objetos só agora tem adquirido status de linguagem de IA. Isto porque nos anos 80 a maioria dos SE era baseada em regras e em quadros; já nos anos 90 boa parte era formada por conchas híbridas e baseada em objetos.

---

<sup>195</sup> MINSKY, Marvin L. K-lines: a theory of memory. 1980.

<sup>196</sup> COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. 1995.

40's		primeira idéias
1896	Charles Peirce	propôs uma notação gráfica, denominada grafos existenciais, que ele previu como <i>a lógica do futuro</i> , e deu início, de fato, a um debate, sem fim à vista, entre os defensores da Lógica e os defensores das Redes (anti-formalistas)
60's	Dahl e Nygaard	ALGOL SIMULA 67- superset do ALGOL
1961	Ross Quillian	propôs as Redes Semânticas, atualizando as idéias de Pierce
1970	Woods	língua natural
1975	Minsky	percepção
1977	Schank e Abelson	Scripts, planejamento, metas e compreensão
1979	Fahlman Shapiro	Formalização do raciocínio NMR {herança} SnePS
1983	Brachman	KRYPTON
1984	Gordon	Modula 2
1985	Brachman e Schmolze	KL-ONE STEFIK, Mark; ZDYBEL
1986	Stefik, Zdybel	Extensões do LIPS: Scoops, Flavor, LOOPS
1987	Horty	algoritmos especiais
1989	Patel- Schneider	Complexidade, elegância e prudência
1990	Steele MacGregor Guha e Lenat	Common Lisp LOOM CYC
1991	Kautz e Selman	Complexidade, elegância e prudência
1992	Geffner e Pearl	Problema da herança como instância do problema da extensão múltipla.
1994	Moss	PROLOG++
Mais recentes		C++ Pascal Object

**Tabela 36 - Orientação a objetos - evolução**

### 4.3 Sistemas híbridos de representação

Conclui-se este capítulo com a idéia geral de que a construção de um SE quase sempre exige a adoção de formas diferentes de representação de

conhecimento, tendo em vista as deficiências que estas, isoladamente, possuem. Sistemas híbridos, considerados em geral e dentro da literatura de IA, são produtos da combinação tanto de técnicas como de formalismos de representação diferentes. Aqui trata-se do segundo caso, tendo em vista que a técnica pressuposta na discussão são os SE.

Regras de produção e quadros são dois esquemas contrastantes e complementares por representar tipos diferentes de conhecimento. As regras são apropriadas para representar implicações lógicas nas quais é possível associar ações com condições. Os quadros são apropriados para definir termos e descrever objetos e as relações entre eles.

Combinar estes dois métodos vai além da simples complementação de um pelo outro na medida em que, sinergicamente, as vantagens de ambas as técnicas estarão reunidas e as desvantagens eliminadas. Este sistema híbrido aumenta o poder do sistema de produção tornando o casamento simbólico de padrões em semântico, organizando as regras em classes de regra tendo em vista a funcionalidade delas, e deduzindo as várias relações entre regras, que facilita a representação do conhecimento de controle.

Quando o objetivo é combinar representações é preciso focar a atenção tanto nas formas (como as teorias poderiam trabalhar juntas e os tipos de raciocínio e sua combinação), bem como nos mecanismos, regras, procedimentos e objetos computacionais os quais dão realidade ao sistema. Normalmente, a maior parcela da responsabilidade de construir um sistema de IA cabe aos engenheiros de conhecimento. Este fato tem levado a que a preocupação maior recaia sobre a segunda parte, mais computacional, o que tem produzido sistemas com pouco conhecimento do domínio e muito restritos<sup>197</sup>. Por isso a necessidade do trabalho conjunto entre especialista e engenheiros do conhecimento bem como a consciência de que é importante dar valor às teorias que procuram explicar o

---

<sup>197</sup> GREINKE, Andrew. Legal expert systems: a humanistic critique of mechanical. 1992.

domínio de conhecimento. Felizmente, o Direito é um dos poucos domínios em que existe uma tradição de descrição e documentação de seu objeto.

## 5. SISTEMA JURÍDICO E SISTEMAS ESPECIALISTAS LEGAIS

*O nexó entre coerência e completude está em que a coerência significa a exclusão de toda a situação na qual pertençam ao sistema ambas as normas que se contradizem; a completude significa a exclusão de toda a situação na qual não pertençam ao sistema nenhuma das duas normas que se contradizem. Diremos "incoerente" um sistema no qual existem tanto a norma que proíbe um certo comportamento quanto aquela que o permite; "incompleto", um sistema no qual não existem nem a norma que proíbe um certo comportamento nem aquela que o permite.<sup>198</sup>*

Neste capítulo o objetivo é focalizar essencialmente questões relativas ao mundo do Direito (primeira parte) e aos aspectos computacionais da sua representação (segunda parte). Mesmo dispostos em partes distintas, estes dois ângulos de estudo estão profundamente interligados, tendo em vista o objetivo principal desta tese em demonstrar a necessidade de busca de uma forma de racionalidade para o Direito tendo como principal caminho sua representação em computador.

### 5.1 A lógica do Sistema Jurídico

Antes de adentrar na questão lógica do Direito cabe uma discussão sobre o caráter sistêmico do Direito. Na concepção de KELSEN o Direito positivo não se constitui enquanto sistema, mas sim enquanto um fenômeno passível de estudo sistemático pela Ciência do Direito. Seria, assim, uma aplicação da teoria do conhecimento de KANT:

*A teoria do direito de KELSEN também possui influências do neo-kantismo, evidentes no seu ideal de "ciência pura". Nos capítulos iniciais de sua obra, mantém pressupostos kantianos, que se mesclam com os neo-positivistas, pouco a pouco (cap. sobre "ciência do direito"). O ideal de pureza implica em separar o conhecimento jurídico, do direito natural, da metafísica, da moral, da ideologia e da política.*

---

<sup>198</sup> BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. 1990. p 116.

*Por isso, KELSEN tem como uma de suas diretrizes epistemológicas basilares, o dualismo kantiano, entre ser e dever ser, que reproduz a oposição entre juízos de realidade e juízos de valor. KELSEN fiel a tradição relativista do neo-kantismo de Marburgo, optou pela construção de um sistema jurídico centrado unicamente no mundo do deve ser. Tal ênfase, acarretou a superestimação dos aspectos lógicos constitutivos da teoria pura, em detrimento dos suportes fáticos do conhecimento).<sup>199</sup>*

Portanto, para KANT o universo e a realidade são um todo desordenado e caótico, cabendo ao observador a criação abstrata de uma ordem. Assim sendo, o sistema estaria na concepção e modo de ver do observador e não na realidade intrínseca do objeto observado. Por outro lado, é possível afirmar que ambos os níveis, da ciência e do Direito, são sistêmicos. Para tanto é preciso admitir, como o faz CARVALHO<sup>200</sup>, que o Direito também é constituído de proposições, neste caso prescritivas. Este seria o elemento lógico ou sistêmico do Direito.

Entre a lógica e o Direito há aproximações e grandes diferenças. O Direito serve-se da lógica, mas as leis lógicas não são elementos constitucionais da ordem jurídica. A linguagem formal do cálculo de proposições admite a implicação material:  $p \rightarrow q$ ,  $\sim q \rightarrow r$ . Por outro lado, faz-se lógica do Direito e não uma ontologia. A validade do Direito é posta de antemão e não depende da indução ou generalização do mundo dos fatos ou do ser do Direito. Os sistemas parciais estatais no Direito se excluem enquanto que na lógica há uma recíproca pertinência. As leis lógicas estruturam o Sistema Jurídico no que tange à linguagem, evitando o sem sentido e o contra sentido. A lógica, porém, não se confunde com aquelas leis tornadas normas, pois trata dos cânones sobre o cálculo abstrato no nível meta - lingüístico. São descritivas enquanto as normas são prescritivas. Para KELSEN<sup>201</sup> os conflitos não são propriamente lógicos,

<sup>199</sup> ROCHA, Leonel Severo. Direito, Complexidade e Risco. p 3.

<sup>200</sup> CARVALHO, Paulo de Barros. Curso de direito tributário. 1991.

<sup>201</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do Direito. 1984.



procedimentais, mas de natureza material. Por outro lado, no que tange à construção de uma lógica deôntica, afirma ele que não existe uma lógica jurídica específica, diferente da lógica formal e geral. As entidades e relações desta podem ser perfeitamente utilizadas naquela.

Uma proposição, termo central na lógica clássica também o é para o Direito, na medida em que se comporta como uma entidade lógica composta de partes, termos, sujeito e predicado. Possui uma estrutura relacional entre dois termos que são diferentes. Representam sujeitos de direito diferentes em uma relação intersubjetiva (não pode alguém ser locador e locatário ao mesmo tempo), irreflexiva e assimétrica. Para toda relação em que S' tem direito em relação a S'' (S R S'') há outra relação conversas, equivalentemente contrária à relação não conversas, em que S'' tem dever em relação à S' (S'' Rc S'). A estrutura relacional do operador deôntico torna impossível uma só proposição deôntica no sistema (obrigatório), visto que há sempre a sua conversas (permitido). Desta forma, tais operadores são interdefiníveis:  $V(p) = O(\sim p) = \sim p(p)$ . O operador modal *deve ser* (D) opera como uma relação (R) entre sujeitos especificados nas constantes relacionais O, P, V (proibido). Esta relação é apenas sintática e portanto, não valorativa.

A partir desse formalismo é possível afirmar que o Sistema Jurídico é lógico? Ora, este somente poderá ser considerado lógico se as relações que expressa puderem ser organizadas de forma a respeitar vários princípios lógicos, entre eles os da Identidade, do Terceiro Excluído e da Contradição.

### 5.1.1 Busca de racionalidade

O pensamento sistemático, aquele que dá preponderância ao sistema, isto é, uma série de deduções explícitas, opera necessariamente com uma seleção de problemas, tendo em vista que adota uma verdade, um ponto de vista. Segue um procedimento lógico predeterminado que conduz a conclusões indiscutíveis em si mesmas. Tal processo deve finalizar-se, pois é a garantia da produção de

uma teoria verdadeira, ou seja o único controle sobre o produto que o torna passível de aplicação é a certeza do método lógico experimental.

LEIBNIZ, influenciado pelo surgimento do método científico, quer conceber a jurisprudência como ciência, substituindo a tópica pelo sistema. Para tanto seria necessário conservar os resultados já obtidos, sistematizando um catálogo de tópicos jurídicos e fazer com que produzam decisões unívocas através da dedução, através de cálculo e não de interpretações. Os fatos deveriam se moldar ao sistema e não o contrário.

O pensamento tópico ou dialético<sup>202</sup> vê a Teoria do Direito como uma teoria da prática. É uma técnica de pensamento voltada a problemas, ou seja, é uma organização teórica que gira em torno de problemas, em torno de dúvidas. Parte de proposições opináveis, que possibilitem formar silogismos, tendo em conta a solução de determinado objetivo. É pois, um modo de atuar em que se dá a luta do pró e do contra. A tópica visa resolver problemas e exige flexibilidade, legitimada através da aceitação dos interlocutores que se persuadem da necessidade das premissas. O Direito, desde sua origem romana, é visto como uma construção, fruto responsável e racional na ação de criar. Do conjunto de soluções catalogadas e da estrutura que dele decorre, surge uma unidade necessariamente provisória, pois face aos novos problemas que surgem, os catálogos que aos poucos se aprimoram podem, dessa maneira, ser ampliados e completados sem dificuldades.

Problemas e sistema estão ligados. O sistema se estabelece com a seleção de problemas. Essa seleção é essencialmente busca de racionalidade e chega ao mais alto nível na tentativa de construir uma axiomática, isto é, transformar o estilo tópico em metodologia, em objeto da ciência. O Direito visto como um sistema dedutivo. Ora, não é o caso de se identificar racionalidade com sistema dedutivo, mas esta é a possibilidade mais clássica e melhor discutida. As

---

<sup>202</sup> VIEHWEG, Theodor. Tópica y Jurisprudencia. 1964.

outras possibilidades são o uso de lógicas indutivas de algum tipo, a busca de uma forma de verdade, a abertura para revisões e crítica, entre outras<sup>203</sup>.

Eis aqui a vantagem do campo jurídico em relação às ciências sociais, como a economia e a ciência política: sempre houve uma preocupação pela estruturação do conhecimento numa tentativa de construir uma teoria geral do Direito. Esta vem discutindo a idéia de Sistema Jurídico, procurando delimitar as suas fronteiras e as da própria ciência jurídica. Por outro lado a teoria da decisão, que se desenvolveu muito fortemente naquelas outras áreas e que vem ajudando a entender e a organizar melhor o conhecimento da realidade voltado mais para um modelo programático, é praticamente desconhecida na teoria do Direito. Este modelo programático vai além do modelo descritivo, pois requer um objetivo ou um modelo da realidade que se deseja obter.

A ciência do Direito e o próprio ordenamento jurídico com suas normas dogmáticas procuram construir uma ordem, dizendo algo sobre si mesmo, criando regras que eliminem contradições e vazios - lacunas. Porém, nenhum modelo ou sistema é perfeito e completo e todas estas estratégias, próprias do mundo jurídico, não permitem eliminar de todo os problemas de consistência e de completude do sistema, duas questões que serão aqui analisadas.

Parece inevitável concluir-se pela inexistência da pretendida univocidade dos textos jurídicos, pela difícil construção de um sistema eficiente e realista para o Direito, o que efetivamente, permite sérias críticas ao modelo analítico voltado para o Direito:

*Na verdade, existe uma ilusão de univocidade fornecida pela inalterabilidade da instância sintática dos textos legais. Por desconhecer tal fato, produz-se no Direito uma febre legislativa, decorrente da falsa crença de que produzindo-se uma alteração nas palavras da lei, transforma-se mecanicamente as práticas sociais e os sentidos normativos. Ocultam, assim, o fato de que se a ideologia dos intérpretes das normas continua inalterada, a transformação legislativa*

---

<sup>203</sup> Ver COSTA, Newton C. A. da. Ensaio sobre os fundamentos da lógica. 1980.

*é uma ilusão e, rapidamente, os novos significantes voltarão a adquirir as velhas significações. A univocidade significativa pressupõe sempre uma prévia coincidência ideológica.*<sup>204</sup>

Por outro lado, parece não haver fator determinante na obrigatoriedade de sistematicidade na elaboração do Sistema Jurídico:

*La coherencia es vista pragmáticamente como requisito para que un sistema de prescripciones puedan cumplir cabalmente su función motivadora. No está dicho ni probado que un Sistema Jurídico o moral necesite ser elaborado sistemáticamente para cumplir con mayor eficacia su función de control social, de ingeniería social.*<sup>205</sup>

Se por um lado a crença ideologicamente organizada na univocidade normativa produz uma visão acrítica e paralisante sobre as ações dos intérpretes da lei, por outro tem uma função importante na solução das expectativas da sociedade, o que reafirma a necessidade de modelos racionais que respondam mais eficientemente à crescente complexidade da sociedade atual:

*A inalterabilidade dos significantes é o que permite sustentar o ideal de uma norma jurídica racional, como uma das principais condições asseguradoras dos efeitos sociais da lei na sociedade.*<sup>206</sup>

A história demonstra o avanço da exigência de racionalidade e controle sobre as ações no mundo:

*Sucede que el ideal de construir un sistema, jurídico o moral, consistente es un ideal racional de gran importancia en la cultura occidental.*<sup>207</sup>

Até mesmo num plano pré-científico houve a tendência de postular a axiomatização das normas morais: haveria certos princípios morais básicos, de hierarquia superior ao restante das normas do sistema. Assim, todo o conjunto de enunciados morais seria um majestoso edifício racional no qual a lógica, como

<sup>204</sup> WARAT, Luis Alberto. O Direito e sua linguagem. 1984, p 63.

<sup>205</sup> VERNENGO, Roberto Jose. Curso de teoria general del derecho. 1976, p 300.

<sup>206</sup> WARAT, Luis Alberto. O Direito e sua linguagem. 1984, p 63.

<sup>207</sup> VERNENGO, Roberto José. Curso de teoria general del derecho. 1976, p 301.

mecanismo dedutivo, teria a função de outorgar validade aos enunciados normativos consistentes com os princípios.

É possível que a discussão sobre a racionalidade no Direito vá além da *inalterabilidade dos significantes*, bem como da crença social, ideologicamente fundada, da função motivadora. Mas, não é possível esquecer a importante função da codificação das leis no mundo do Direito, numa tentativa bem sucedida de racionalização do mesmo. Se na sua origem a proposta napoleônica defendia grandes codificações hoje vê-se o fenômeno do desdobramento da estrutura codificada em microsistemas. É o caso, no Brasil, dos exemplos do Código de Defesa do Consumidor e do Estatuto da Criança e do Adolescente.

Parece claro que se faz necessário discutir qual o grau de racionalidade que a sociedade hodierna exige para o Sistema Jurídico, fator que determina a sua sobrevivência e manutenção. As dificuldades que envolvem o mundo jurídico quanto à sua sistematização não deve significar que as expectativas de racionalidade devam ser abandonadas, e que se devesse ir de encontro à realidade sem dispor de critérios objetivos e mais claros.

### **5.1.2 Direito e ciência do Direito, normas e proposições jurídicas**

Fala-se em linguagem jurídica sem muitas vezes se distinguir o Direito da Ciência do Direito. São duas estruturas de linguagem, uma com a função de informar e descrever a ordem jurídica, outra com o objetivo de prescrever e regular condutas, isto é, de controle da realidade social e não fator de mudança social.

A ciência é um sistema de proposições que apresenta critérios que permitam decidir se dada proposição pertence ou não ao sistema, coerência interna ou compatibilidade entre elementos e completude. Outras características são apresentadas: delimitação do campo do conhecimento, unidade metodológica, finalidade teórica e estrutura formal. A ciência do Direito é **formal** no sentido que segue uma estrutura de linguagem sem ater-se aos conteúdos ou estar preocupada

com o valor verdade dos fatos e é **deôntica** no sentido de ser uma sintática ou ter um sentido lógico.

O Direito é um sistema composto de normas as quais integram um determinado domínio jurídico. As normas são enunciados sintaticamente bem formados e visam regular as condutas dos cidadãos na sociedade. Essa função diretiva ou prescritiva expressa-se na sua pretensão de impor uma determinada conduta ou sua omissão.

A Ciência do Direito tem como objeto de estudo a ordem normativa que constitui o Direito. A ela compete sistematizar, interpretar e descrever as normas vigentes em uma sociedade, formulando um conjunto homogêneo de proposições racionalmente controláveis. Aqui a linguagem tem função descritiva, mas também meta - lingüística, já que a Ciência do Direito coloca-se num plano distinto do seu objeto: está em uma situação de observadora.

KELSEN<sup>208</sup> fez essa distinção no campo jurídico utilizando as noções de linguagem objeto e meta - linguagem e os termos *regras de Direito e normas*. Aquelas são regras ou leis lógico normativas, expressões de uma meta - linguagem, ou seja, da Ciência do Direito. Por outro lado, o discurso normativo não é um conjunto de proposições, mas de enunciados modais deônticos que constituem as normas. Estas são essencialmente prescritivas, mas também são definidoras de competências.

No dizer de KELSEN, o Direito, em sua essência prescritiva, é uma ordem de coerção, isto é, uma ordem estatuidora de atos de coerção. Não interessa ao Direito a conduta lícita do indivíduo. As normas só brilham, quando são violadas, porque o ilícito é condição do Direito. Já as proposições jurídicas que descrevem o Direito tomam a forma de afirmações segundo as quais, sob certas condições e pressupostos pela ordem jurídica determinados, deve executar-se um ato de coação pela mesma ordem jurídica especificada. Portanto, no plano lógico-

---

<sup>208</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do Direito. 1984.

formal, dada uma hipótese, deve haver uma conseqüência, que neste caso inclui uma sanção. Porém, não há consenso neste tópico, na medida em que renomados juristas<sup>209</sup> afirmam que a sanção não está presente na estrutura bipolar da proposição normativa. A sanção é conseqüência de outra hipótese, ou seja, do não cumprimento do dever jurídico estatuído.

As normas, por outro lado, também podem aparecer sob diferentes modos gramaticais, como imperativos (amai vossos inimigos), proposições do dever ser (tu deves honrar teu pai e tua mãe), proposições que não possuem o verbo dever ou poder (o furto é punido com pena de prisão), proposição-enunciado (fecha a porta: eu desejo que tu feches a porta). Assim, a definição de uma norma não está na sua forma lingüística, mas no seu sentido, que depende da opinião daquele que se serve da expressão lingüística. Como prescrição a norma é ato de vontade dirigido à conduta de outrem, que assim, deve conduzir-se de determinado modo. As normas prescrevem condutas devidas. Essas prescrições atribuem direitos e deveres e são estabelecidas pela autoridade jurídica. Por isso, não podem ser nem verdadeiras nem falsas, mas apenas válidas ou inválidas, valor este determinado em função da norma integrar ou não um determinado ordenamento:

*...não existe analogia entre verdade de um enunciado e validade de uma norma, porque validade ou não-validade de uma norma não é qualidade de uma norma, assim como verdade ou falsidade é qualidade de um enunciado. A validade de uma norma é sua específica existência ideal, e uma norma não-válida, uma norma nula, é norma não existente; enquanto um enunciado falso é um enunciado existente.<sup>210</sup>*

A verdade é qualidade de um enunciado, o qual será verdadeiro se corresponder aos fatos sobre os quais ele anuncia alguma coisa. Uma norma, sendo válida, pode ser cumprida ou não. O cumprimento de uma norma não é qualidade da norma, mas de uma conduta, de um fato. Do cumprimento de uma

---

<sup>209</sup> VILANOVA, Lourival. As estruturas lógicas e o sistema do direito positivo. 1977 e CARVALHO, Paulo de Barros. Curso de direito tributário. 1991.

norma diz-se que é bom, correto, juízos de valor sobre uma conduta efetiva. Do incumprimento de uma norma há a violação da conduta descrita na norma, mas isso em nada a prejudica.

Também para VON WRIGHT<sup>211</sup> as normas jurídicas são prescrições e, como tal, definem a obrigatoriedade, a permissividade ou a necessidade da ação prescrita. Essas três características estão presentes em outros gêneros de normas. Além dessas características, as prescrições podem ser classificadas em referência aos seus componentes específicos, que são: a autoridade - quem emite a prescrição; o sujeito - a quem ela dirige - e as circunstâncias e o tempo, lugar e modo em que resolve a prescrição.

Alf ROSS<sup>212</sup> propõe um sistema onde o Direito subjetivo, a permissividade, a possibilidade e a autorização podem reduzir-se ao conceito de obrigação. Fundamentalmente, há dois enfoques lógicos, dos quais derivam as normas de conduta e as normas de competência.

Também para HART<sup>213</sup> o sistema normativo é formado por um conjunto ordenado de normas e meta-normas ou, de regras primárias e secundárias. O Direito para HART é um fato institucional que pode ser descrito sem se recorrer a considerações de ordem valorativa. Por outro lado afirma que o Direito necessita, para sua compreensão, de interpretação. Além disso, ele se distancia do positivismo de estatuição de KELSEN, quer quanto às matrizes filosóficas presentes (em HART a Filosofia da Linguagem Ordinária, em KELSEN o neopositivismo lógico), quer quanto ao problema da ontologia das regras, que em HART é mais alargada<sup>214</sup>.

---

<sup>210</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do Direito. 1984. p 266.

<sup>211</sup> VON WRIGHT, Georg Henrik. Norm and action. 1963.

<sup>212</sup> ROSS, Alf. Sobre el derecho y la justicia. 1977.

<sup>213</sup> HART, H. L. A. O conceito de Direito. 1975.

<sup>214</sup> KOZICKI, Kátia. H. L. A. Hart: A hermenêutica como via de acesso para uma significação interdisciplinar do direito. 1993.



### 5.1.2.1 Regras primárias e secundárias

HART identifica na estrutura do Sistema Jurídico duas classes de normas, as quais denomina normas primárias e secundárias. As primeiras seriam regras de obrigação, uma vez que impõem condutas ou a abstenção de certos atos, independentemente da vontade do sujeito a quem se destinam. No entanto, estas normas contêm defeitos que são corrigidos pelas normas secundárias, que especificam os modos nos quais as regras primárias podem ser averiguadas, introduzidas, eliminadas.

As regras secundárias são de três espécies: regras de reconhecimento, de alteração e de julgamento. As regras de reconhecimento estabelecem critérios segundo os quais uma norma primária é identificada. As regras de alteração conferem poderes a pessoas ou órgãos para que modifiquem, retirem ou acrescentem novas regras ao Sistema Jurídico. Já as regras de julgamento dão poder para decisão sobre caso concreto, definindo quem é competente e qual o processo.

Num Sistema Jurídico complexo com várias fontes o que confere o estatuto de Direito ao produto destas é justamente a regra de reconhecimento. Exemplo disto são os artigos da Constituição Federal que estabelecem a competência legislativa das diferentes pessoas jurídicas de Direito público. Contudo, na maior parte das vezes, a regra de reconhecimento se manifesta na prática dos participantes do sistema, ao identificarem o Direito.

Em última análise, todos os autores citados possuem uma ontologia normativa mais ou menos complexa e concordam no carácter prescritivo das mesmas. Por sua vez, esse conjunto de normas prescritivas ou de controle são objetos da Ciência do Direito, composta de proposições que descrevem aquelas. Neste caso, a Ciência do Direito é passível de adquirir as características de um sistema lógico consistente e completo, haja visto que, os princípios lógicos podem ser aplicados às proposições jurídicas.

Do ponto de vista da lógica clássica o Direito não é lógico. Isso vale para quem admite serem as normas sujeitas aos valores verdadeiro-falso, como para quem admite os valores válido e não válido, pois existem de fato antinomias e lacunas no Sistema Jurídico que determinam a sua inconsistência e sua incompletude.

### 5.1.3 Indeterminação semântica ou textura aberta do Direito

HART foi um dos autores que bem discutiram esta questão, conforme o texto de ROCHA:

*Neste contexto, as contribuições do "conceito de direito" de Hart, abordando o discurso jurídico conjuntamente desde um ponto de vista interno e externo, a partir de suas críticas a Austin, abriram um importante espaço para a compreensão da "open texture" da instituição jurídica.<sup>215</sup>*

Segundo HART há uma insuficiência da linguagem jurídica tendo em vista seu caráter simbólico. Além disso, o Direito é sistema fechado que visa a regulação de vastos conflitos e interesses. Assim, não é verdade que as regras jurídicas possuam um significado único, revelado inequivocamente pelo legislador. Ao contrário, elas se revestem de uma ampla área de incertezas.

A textura aberta existe na indeterminação de sentido na linguagem que não pode jamais ser eliminada. Podem ser tomadas inúmeras determinações acerca do sentido de um termo, mas sempre existirão possibilidades em que o conceito ainda não foi delimitado. Além disso, o significado de uma expressão só é obtido em função do seu uso dentro de um determinado contexto. As principais imprecisões de sentido que podem atingir um termo são a vagueza e a ambigüidade (ver página 33).

Dependendo as fontes de Direito, prevalecem dois modelos, um baseado na lei, outro nos precedentes. Estes constituem-se em exemplos dotados de autoridade. Essa comunicação de padrões de conduta através do precedente traz

---

<sup>215</sup> ROCHA, Leonel Severo. Em defesa da teoria do Direito. p 53.

consigo uma grande zona de imprecisão, no tocante aos sujeitos atingidos e quanto às condutas pretendidas.

Ao contrário, a regra de conduta comunicada através da legislação, que usa formas explícitas de linguagem, seria (...) *clara, certa e segura*.<sup>216</sup> O Direito seria capaz de estabelecer situações inequívocas, em relação às quais a incidência do padrão de conduta contido na regra não deixe dúvidas, bem como solucionar as questões que só podem ser resolvidas quando surgem no caso concreto. Nesta situação não ocorrem dificuldades na situação comunicacional porque trata-se de casos paradigmáticos (ver página 33).

O problema reside na área da textura aberta, na qual o conteúdo normado não é suficientemente explícito. A legislação está submetida aos limites gerais da linguagem e por conseguinte é impossível prever-se antecipadamente todas as situações que podem ocorrer (relativa ignorância de fato) e a maneira de as regular (relativa indeterminação de finalidade).

#### **5.1.4 Complexidade, unidade e validade no ordenamento jurídico**

A complexidade do Sistema Jurídico pode ser expressa de diversas maneiras. Contudo, grande volume de conhecimento do domínio legal, relacionado com as constantes alterações no sistema e o estreito vínculo com o Poder Público são as suas principais macro características. Sem exceção, esta complexidade existe também em qualquer um dos ramos do Direito, seja ele Administrativo, Ambiental, Civil, Comercial, Consumidor, Penal, Trabalhista ou Tributário, entre outros<sup>217</sup>.

É possível falar-se também em complexidade institucional. O Poder Judiciário não dispõe de recursos materiais e humanos adequados e suficientes

---

<sup>216</sup> HART, H. L. A. O conceito de Direito. 1975. p 138.

<sup>217</sup> Os juristas em sua atividade doutrinária classificam as normas em grupos segundo seu conteúdo: civis, penais, processuais. Os critérios são aqui extremamente vagos e respondem, geralmente, a tradições arcaicas. Outra classificação é aquela que distingue normas de níveis diferentes: normas superiores e inferiores, hierarquicamente ordenadas.

para suportar o número sempre crescente das demandas oriundas das constantes transformações sociais. O Poder Legislativo, por sua vez, não está aparelhado de corpo técnico competente para elaborar leis mais apropriadas à integração do Sistema Jurídico. Se, a primeira vista, esta situação é caótica, a sua solução não exigiria muito além de uma boa reengenharia e muita vontade política. Restaria ainda o problema formal das normas jurídicas e o sistema que delas é formado. Este sim marcado por complexidades de difícil resolução.

A definição de Direito como um conjunto de normas que regem a sociedade, é um conceito operacional que permite a integração das normas num conjunto, dentro do qual é possível identificá-las como normas jurídicas válidas, isto é, como normas que devem ser observadas e aplicadas. Os valores válido e inválido são definidores da qualidade das normas. Essa integração das normas através do fundamento de validade é o elemento que forma a chamada unidade do Sistema Jurídico. A garantia de unidade do Sistema Jurídico é preservada pelo ponto de partida único de uma norma fundamental constitucional e pela auto regulação do sistema no seu processo de formação e transformação. O Direito é auto explicativo, diz algo sobre si mesmo. Da mesma maneira, o Sistema Jurídico procura qualificar tudo a partir de uma única fonte: o Estado e seus códigos. Isto pode demonstrar o caráter fechado do Sistema Jurídico que procura ser rígido nas mudanças do sistema, determinando tudo que pode ocorrer no seu interior.

Naturalmente, o problema da unidade do Direito não é tão simples, a começar pelo fato de que o Direito também pode ser visto como um sistema aberto em que tem por fonte a sociedade. Por isso, é essencialmente contraditório e parcializado na medida em que não é completo e imutável, mas algo se fazendo. Isto, porém, não impede a estabilidade e a ordem. A maioria dos sistemas dinâmicos tende à estabilidade, bem como possui uma ordem, um padrão, apesar das múltiplas oscilações.

Dessa forma, o Direito é aberto e fechado (visão quântica). Do ponto de vista estático o ordenamento se fecha na medida em que qualifica tudo

juridicamente, mas é aberto e dinâmico ao definir um espaço jurídico vazio de liberdade de fato, à margem do Direito. É o caso do operador deôntico da permissão que na maioria das vezes não está expressa.

Além dessa questão filosófica mais geral há outras mais específicas que demonstram a sua complexidade em termos de definição da sua unidade. Não existe um único ordenamento, mas vários, definidos a partir dos limites impostos pelas soluções dos conflitos. Exemplo de um Direito que vai além daquele vigente em um certo país é o Direito Internacional.

Existem diversas formas de conceber a unidade do Sistema Jurídico e portanto o próprio Direito e o seu fundamento de validade. Por conseguinte, existem diversos níveis de hierarquia entre as normas. Segundo KELSEN<sup>218</sup>, existe uma estrutura escalonada de diferentes camadas de normas jurídicas, cuja unidade é produto da dependência entre elas, isto é, uma norma é válida por ter sido produzida de acordo com outra e assim sucessivamente, até chegar à norma fundamental, que dá validade a todas as normas. Esta norma fundamental seria uma ficção podendo ser expressa desta forma: *A sociedade deve obedecer às normas estabelecidas pelo poder constituinte*. Para BOBBIO<sup>219</sup> a norma fundamental é desnecessária posto que no ápice está um ato de obediência, um poder eficaz.

Em KELSEN a validade das normas é uma relação preponderantemente sintática, em que se manifesta a relação de subordinação de uma norma em face de outra; aqui, uma norma é considerada válida se pertencer a um sistema de normas: se a norma existe, ela é válida. Não se preocupa com a aplicação, mas com as relações de norma para norma, com a subordinação de uma à outra.

Em HART a validade de uma norma primária é dada pelas normas de reconhecimento. A validade jurídica é consequência da conformidade da regra primária à regra de reconhecimento, secundária. A regra de reconhecimento

---

<sup>218</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do Direito. 1984.

<sup>219</sup> BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. 1990.

outorga validade ao identificar, na prática, as regras do sistema. Em KELSEN, a norma fundamental é fonte de validade objetiva do sistema por ter outorgado competência ao primeiro constituinte, cuja Constituição vai validar as demais normas. Já em HART a existência da regra de reconhecimento é uma questão de fato, uma vez que ela se revela na e enquanto prática do sistema.

Em Alf ROSS<sup>220</sup> existe uma relação semântica já que a norma tem validade na medida em que possui uma prescrição e concorda com a realidade, o que não acontece com a proposição *a hipotenusa pediu divórcio dos catetos*. Norma válida é aquela aplicada socialmente e especificamente, pelas autoridades. É uma norma aplicável (validade pressuposta).

Na visão pragmática de FERRAZ<sup>221</sup>, a validade é a expressão da relação entre a autoridade e o sujeito de Direito. Aqui, o que importa são os usos, os contextos dentro de um processo de comunicação em que o emissor manda duas mensagens simultâneas, o conteúdo em si e o modo como deseja que deva ser entendida. O receptor da mensagem pode confirmar, ignorar ou desconfirmar a mesma. A autoridade não pode permitir a desconfirmação já que isto representaria tornar aquela norma inválida.

Para FERRAZ o Direito é um fenômeno social de comunicação e visa regular expectativas, cognitivas e normativas. A fronteira entre normativo e cognitivo nem sempre é facilmente encontrada. A evidência é o mais forte regulador cognitivo e a sua ausência produz insegurança e conseqüentemente, regulação. Em uma sociedade complexa esta ocorre a todo momento produzindo mutabilidade constante do Direito. Esse seu padrão relativamente instável não pode ser resolvido através do velho costume nem tampouco o conceito de legitimidade dá algum suporte teórico. Ao contrário, é o conceito de validade, que

---

<sup>220</sup> ROSS, Alf. Sobre el derecho y la justicia. 1977.

<sup>221</sup> FERRAZ JR. Tércio Sampaio. Introdução ao estudo do Direito: técnica, decisão, dominação. 1988.

se mostra mais apropriado para dar conta das contradições das rápidas mudanças da sociedade atual.

O Direito possui a característica básica de não pertencer ao mundo da natureza, ao mundo do ser, mas pertencer ao mundo da cultura, do comportamento humano, do dever-ser. É este dever-ser, cuja função é controlar o comportamento dos homens, é esta normatividade o fundamento da validade de todo o Sistema Jurídico. Aqui o valor verdade-falsidade das evidências no mundo da natureza não é o critério de validação do sistema em sua completude e consistência. O problema da validez das normas sempre é uma preocupação meta - lingüística e não de linguagem-objeto sujeita aos valores verdade-falsidade:

*As propriedades que uma norma necessita para ser considerada válida com relação a uma linguagem-objeto determinada (o Direito positivo de que se trata) são caracterizações meta - lingüísticas, por intermédio das quais se verifica se uma norma forma ou não parte de um Direito positivo determinado.* <sup>222</sup>

#### 5.1.4.1 Critérios de soluções

Muitos dos problemas do Direito são ou podem ser resolvidos através de **soluções lingüísticas**. A procura pela universalização do discurso tem levado à substituição de parte das linguagens naturais ou ordinárias por linguagens artificiais. O Direito segue este mesmo caminho; busca precisão e delimita alguns conceitos dando-lhe uma definição jurídica, que deverá ser adotada por todo corpo jurídico, seja doutrina, legislação ou mesmo jurisprudência. Este processo de tecnicização da linguagem do Direito se confunde com a própria construção da ciência jurídica e tem na precisão dos conceitos utilizados a sua grande estratégia.

Dessa forma, o Direito utiliza uma linguagem de características especiais. Em parte é uma linguagem técnica, especializada, e neste sentido possui um certo nível de rigor. De outra parte, nela estão presentes diversos símbolos próprios da linguagem natural os quais podem adquirir sentidos diversos daqueles

---

<sup>222</sup> WARAT, Luis Alberto. O Direito e sua linguagem. 1984, p 39.

que se lhes atribui a linguagem quotidiana. Mas, caracteristicamente, o Direito possui uma linguagem, técnica, capaz de ser transformada em uma linguagem formal, ponto de partida na construção da lógica deôntica e dos sistemas de regras de produção. Para traduzir a linguagem técnica em **linguagem formal** é necessário recompor a estrutura da norma num enunciado categórico, colocando um verbo deôntico e transformando-a em uma estrutura hipotética. O fundamento geral da lógica deôntica foi desenvolvido por VON WRIGHT<sup>223</sup>, a partir de uma lógica modal baseada na possibilidade e necessidade.

A **linguagem técnica** divide o Direito em partes, cria classificações, faz distinções que repercutem positivamente nos formalismos de representação do conhecimento. Essa tarefa, contudo, não fez com que a linguagem do Direito se tornasse universal e oferecesse um sentido único e claro para tudo o que pretende comunicar. É composta por signos vagos e ambíguos que formam enunciados igualmente indefinidos. São estas imperfeições que levam os cientistas do Direito a buscarem formas que unifiquem a linguagem utilizada e a definirem parâmetros e estruturas para a linguagem do Direito. Essa tarefa é basicamente interpretativa, semântica e constitui o limite mais claro da possibilidade de representação científica do Direito. Nos termos de MARTINO,

*falta encontrar formas más adecuadas al nivel del análisis lingüísticos, de modo que resulte facilitado el momento de la representación del conocimiento.*<sup>224</sup>

Várias soluções foram dadas ao problema da textura aberta do Direito, cujo conteúdo prescritivo não poder ser determinado de forma conclusiva. HART responde ao problema pragmaticamente, reconhecendo um poder discricionário ao intérprete das normas jurídicas e afirmando que há casos em que até mesmo as regras de interpretação precisam ser interpretadas:

*A textura aberta do Direito significa que há, na verdade, áreas de conduta em que muitas coisas devem ser deixadas*

<sup>223</sup> VON WRIGHT, Georg Henrik. Norm and action. 1963.

<sup>224</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales, p 171.



*para serem desenvolvidas pelos tribunais ou funcionários, os quais determinam o equilíbrio, à luz das circunstâncias, entre interesses conflitantes que variam em peso, de caso para caso.*<sup>225</sup>

Por outro lado o formalismo procura minimizar a existência desta área de imprecisão das normas. As regras gerais seriam suficientes para comunicarem o padrão de conduta exigido, fixando precisamente os seus termos, de forma que o seu significado fosse o mesmo em todas as situações que fossem aplicadas. O risco aparece quando, em prol de uma segurança e certeza inquestionáveis, fica sob seu domínio casos que ainda não ocorreram e acerca dos quais não se conhece detalhes. A solução de HART está no compromisso entre: primeiro, outorgar segurança ao sistema, através de regras precisas de comportamento; segundo, garantir que cada caso seja apreciado pelos tribunais de acordo com suas particularidades.

De qualquer forma continua sendo um desafio enorme para a maioria dos Sistemas Jurídicos tornar a proposta de enunciação rigorosa do Direito realidade, da qual o grande expoente foi BOBBIO<sup>226</sup>. Segundo o **positivismo lógico**, do qual fazia parte, há uma exigência de elucidação da linguagem da ciência, exigência da construção de conceitos unívocos (*explicatum*), ou seja de um processo de especificação de sentido, através do qual tornam-se unívocas significações usadas na linguagem natural (*explicandum*). CARNAP estabeleceu quatro critérios para o processo de elucidação:

- 1) *O 'explicatum' deve ser semelhante ao 'explicandum';*
- 2) *O 'explicatum' deve ser integrado a um sistema de conceitos, pois nenhum conceito isolado é exato;*
- 3) *o 'explicatum' deve ser fecundo, pois dele deve derivar um número maior de leis do que as que possam ser extraídas do 'explicandum';*

<sup>225</sup> HART, H. L. A. O conceito de Direito. 1975. p 148.

<sup>226</sup> BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. 1990.

*4) o 'explicatum' deve satisfazer a exigência de simplicidade, entendida esta sob dois prismas: simplicidade na forma de definição dos conceitos e simplicidade na forma de leis que conectam os conceitos entre si.* <sup>227</sup>

Por fim há a **solução lógica** que utiliza os métodos formais da lógica clássica e das recém surgidas lógicas deônticas. A construção da lógica deôntica segue via diferente da construção de uma linguagem técnica, mais específica e desvinculada da linguagem natural. Aqui não se busca a definição rigorosa de conceitos, mas a substituição dos enunciados ou termos jurídicos por variáveis proposicionais, variáveis estas desprovidas de qualquer carga emocional e sentido intrínseco. Aqui, o que importa não é o conteúdo da proposição nem os termos utilizados. Importa somente a forma do argumento. A lógica deôntica estuda o Direito a partir de uma linguagem simbólica que transmite aquilo que a linguagem jurídica quer comunicar. Aqui também busca-se eliminar as imperfeições decorrentes do uso da linguagem natural.

A função do sistema não é resolver um problema em particular, mas construir um quadro problemático decompondo o problema em uma série de operações e elegendo os aspectos mais representativos e relevantes da situação. A natureza dos dados jurídicos apontam para essa direção analítica e sistemática na medida em que o Direito possui uma forma lógica e uma linguagem técnica que proporcionam a construção de estruturas normativas hierarquizadas. Isto ocorre em diversos momentos como na própria organização dos artigos da lei e entre as normas de diferentes âmbitos de competências. Esta sistematização das condições de validade dos enunciados normativos do Direito também tem sua correspondência na hermenêutica jurídica que visa sistematizar as condições de validade dos raciocínios com vistas à decisão concreta. Nesta tarefa a aplicação das normas ganha em complexidade, pois vai além da simples busca de coerência formal:

---

<sup>227</sup> WARAT, Luis Alberto. O Direito e sua linguagem. 1984, p 47.

*A ordem jurídica não é somente a coerência formal que procura preservar a hierarquia das normas de Direito; não se reduz também à coerência material, que consiste em regular os dados da vida social de maneira não contraditória; ela é também a coerência axiológica, que se constitui pela harmonização das valorações normativas contrárias aos princípios gerais do Direito, que são as valorações básicas da ordem jurídica.*<sup>228</sup>

### **5.1.5 Coerência e consistência, conflitos e redundância**

Novas normas são criadas para regular novas situações, podendo criar situações anômalas no sistema normativo tais como:

1. redundância em que uma norma não é nada mais que uma duplicação de uma norma já existente ou quando uma norma subsume ou é subsumida por uma norma existente;
2. conflito entre normas.

O segundo caso é o mais complexo para o Sistema Jurídico que como um todo ordenado exige a não coexistência de normas incompatíveis ou contraditórias e, em as havendo, uma das duas, ou ambas, devem ser eliminadas. Ou seja, as normas devem ser coerentes e o sistema consistente. Esta realidade é possível na ciência do Direito, descritiva e sujeita ao critério de verdade-falsidade. Já no nível da ordem jurídica fica difícil defender coerência e consistência.

A presença de contradição no Sistema Jurídico demonstra que não é um sistema científico mas um sistema homogêneo de proposições prescritivas. A lei lógica é transformada em norma, e deve ser levada em conta para se poder eliminar a contradição. Neste caso a lei lógica torna-se fundamento da norma. *Note-se que não existe uma teoria universal que produza conclusões corretas sem que as vezes produza conclusões irracionais. Contudo, estas são mais comuns em sistemas não formais e não científicos.*

---

<sup>228</sup> COELHO, Luiz Fernando. Lógica jurídica e interpretação das leis. 1981. P 210.

Há contradição de normas quando, em iguais condições de espaço e tempo, uma proíbe (Vp) enquanto outra permite (Pp) ou quando uma proíbe (Vp) e a outra obriga (Op) um sujeito uma mesma conduta. Dito de outra forma, o conflito normativo aparece quando um ordenamento fixa uma conduta p e outra ~p, quando uma norma atribui e outra nega a um mesmo objeto a mesma determinação predicada na mesma unidade objetiva. Aceitando-se uma estrutura condicional das normas, o antecedente seria a parte constituída pelos fatos e o conseqüente pelos efeitos legais. Duas normas estão em conflito se elas provêm efeitos legais incompatíveis sendo os fatos compatíveis (se A então B, se A então C, B e C incompatíveis).

No âmbito do Sistema Jurídico não se trata de estabelecer qual das regras é válida, pois ambas valem, mesmo porque para que haja conflito de normas é necessário que elas existam. A questão consiste em saber qual das duas normas perde a validade. Entre normas contraditórias (Op e P~p) ou (Vp e Pp), se uma é válida a outra é inválida; entre incompatíveis (Op e Vp) ambas podem ser inválidas mas não podem as duas ser válidas. No primeiro caso, duas normas contraditórias não podem conviver e uma delas deve ser expelida do sistema; no caso da incompatibilidade, no entanto, esta não quebra o sistema, mas tão somente uma ou as duas normas que são contraditórias.

A existência de normas incompatíveis em um mesmo sistema caracteriza a presença de antinomias, desde que elas possuam o mesmo âmbito de validade material, espacial, pessoal e temporal. O conflito de normas entre diferentes ordenamentos (jurídicos, morais), é irrelevante tanto lógica quanto juridicamente: apenas valem as normas que integram um ordenamento determinado. Para FERRAZ antinomia jurídica é

*a oposição que ocorre entre duas normas contraditórias (total ou parcialmente), emanadas de autoridades competentes num mesmo âmbito normativo, que colocam o sujeito numa posição insustentável pela ausência ou*

*inconsistência de critérios aptos a permitir-lhe uma saída nos quadros de um ordenamento dado.*<sup>229</sup>

Em termos de comparação, aqui é possível a analogia entre a contradição de proposições e a contradição de normas. Duas normas podem ser contraditórias como podem ser duas proposições. Contudo, não se verifica uma contradição lógica, mas uma oposição teleológica. O conteúdo de duas normas não é logicamente incompatível, pois as duas podem coexistir no mesmo ordenamento e quando uma delas é obedecida a outra é violada. As duas são válidas, mas criam uma situação indesejável para um ordenamento que vise resolver conflitos. Este deverá ser eliminado não por razões lógicas, mas por razões práticas. Portanto, a analogia acima exposta é apenas aparente: os conceitos de verdade lógica e validade jurídica são bem diferentes; o princípio lógico de não contradição é uma meta - regra, enquanto que no ordenamento jurídico as regras que resolvem o problema de conflito de normas são norma positiva.

#### 5.1.5.1 Critérios de solução

O processo de ab-rogação é um processo de racionalização dos sistemas normativos por ação do legislador e se caracteriza pela introdução de normas que determinam a eliminação total de uma norma vigente no sistema e que esteja em conflito com outras normas. Por outro lado, se houver a coexistência das normas em conflito ocorre a chamada derrogação ou ab-rogação parcial. Ambas situações resultam em uma diminuição na esfera de aplicabilidade da norma que, no caso da ab-rogação, é circunscrita ao tempo e é aplicável aos casos que acontecem antes do ato de ab-rogação; com a derrogação a esfera de aplicabilidade da norma derogada é limitada aos casos que não podem ser subsumidos pela norma derogadora. Nos dois casos não se prescreve uma determinada conduta, não se estatui um dever-ser, mas um não-dever-ser. Cumprida a função de eliminação do conflito, estas também perdem sua validade.

---

<sup>229</sup> FERRAZ JR. Tércio Sampaio. Introdução ao estudo do Direito: técnica, decisão, dominação. 1988. p 189.

Estas tarefas não cabem ao aplicador da norma que não é autorizado para eliminar uma norma do sistema normativo só porque está em conflito com outras normas em um caso concreto. A ab-rogação em sentido próprio só pode ser realizada pelo legislador. O intérprete pode realizar um ato interpretativo e dessa forma, um ato de natureza cognoscível que não pode tirar a validade de uma norma jurídica. O que o órgão aplicador do Direito faz na hipótese de um conflito entre normas é decidir por uma solução particular, num ato de vontade; não soluciona no entanto o conflito existente entre as normas.

Realiza aquele ato interpretativo através do uso de regras específicas providas pelo próprio sistema normativo no plano das regras secundárias que definem os critérios hierárquico (*lex derogat de inferiori de legi superior*), temporal (*lex derogat de anteriori de legi posterior*) e o de especialidade (*lex specialis legi generali derogat*).

O critério hierárquico apresenta o princípio da *lex superior*. Havendo duas normas contraditórias de diversa hierarquia deve prevalecer a de nível superior, por exemplo, a norma constitucional tem prioridade sobre a lei ordinária.

No critério temporal prevalecem os atos normativos mais recentes; é o princípio da *lex posterior*.

Finalmente o critério de especialidade que aplica o princípio da *lex specialis*. Este prescreve que se dê preferência à norma específica que está em conflito com uma cujo campo de referência é mais geral (*lex posterior generalis non derogat legi priori speciali*).

Estes critérios são insuficientes quando há um conflito entre dois destes critérios. Outras regras são necessárias. Normalmente, o critério hierárquico prevalece sobre ambos critérios, temporal e de especialidade. Este último prevalece ao critério temporal a não ser no caso em que a norma geral subsequente é uma enumeração exaustiva que explicitamente exclui toda exceção.

Quando as normas têm a mesma hierarquia, foram editadas ao mesmo tempo e referem-se ao mesmo campo de ação ocorre a antinomia real, em que não

há critérios para solucioná-las. Resta então fazer uma interpretação ab-rogante, eliminando uma das normas em conflito ou ambas (quando forem contrárias:  $O_p$  e  $O_{\sim p}$ ); ou ainda, as conservando, eliminando, por um artifício da interpretação, não as normas incompatíveis, mas a incompatibilidade. Realiza, assim, uma interpretação corretiva a qual realiza alguma modificação no texto, evitando assim a ab-rogação.

Tudo fica mais claro quando exceções são definidas na própria legislação. Uma situação real é quando uma regra primária particular expressamente afirma que não se aplica a uma determinada situação. Outra, quando em uma determinada situação, uma qualificação legal particular impede a aplicação de uma classe de normas. Exemplos destas qualificações legais são: a falta de capacidade legal, a falta de capacidade para agir e a incapacidade mental. Além disso, estas qualificações legais são vistas como falta de pre-condições para aplicar as normas legais.

#### **5.1.6 Completude do Sistema Jurídico**

Outra propriedade é a completude do Sistema Jurídico, realizada quando nele não existem lacunas; é incompleto quando está presente pelo menos uma lacuna. Esta ocorre quando o ordenamento não apresenta uma solução normativa, não há previsão normativa para um determinado caso; a ação não está positiva ou negativamente regulada; não é obrigatória, proibida e tampouco permitida. Do ponto de vista formal um sistema é completo quando, para todo enunciado  $p$ , é integrante do sistema  $p$  ou  $\sim p$ . É incompleto quando um desses enunciados não se verifica. É o *princípio do terceiro excluído*, a partir do qual toda fórmula construída com fundamentos nos axiomas do sistema é verdadeira ou falsa ( $p$  ou  $\sim p$ ), sem a possibilidade da existência de vazios ou lacunas, sem a possibilidade de um terceiro valor. Semanticamente o sistema  $S$  é completo considerando o universo da conduta humana. Sintaticamente porque há apenas três modos deônticos que se interdefinem.

Algumas teorias tentam dar conta deste problema. A teoria do espaço vazio de Karl BERGBOHN<sup>230</sup> afirma que a atividade do homem ou é regulada por normas jurídicas (espaço jurídico pleno) ou é livre. Até onde o Direito alcança não há lacunas; além disso há espaço jurídico vazio. Aqui há uma identificação do jurídico com o obrigatório e do permitido com o indiferente. A questão que fica é que não existe conduta juridicamente irrelevante.

Segundo E. ZITTELMANN<sup>231</sup> existem normas particulares que regulariam determinados comportamentos e normas gerais exclusivas que regulariam aquilo que não está compreendido pela primeira. Além dessas haveria uma norma geral inclusiva que regularia os casos não compreendidos na norma particular, mas semelhantes a eles. A partir dessa construção não ocorreriam mais lacunas, mas permitiria a redundância normativa, e por conseguinte, a incoerência do sistema.

KELSEN<sup>232</sup> defende a posição mais difundida, a de que um ordenamento jurídico não é lacunoso porque tudo o que não está proibido ou obrigatório está permitido (princípio da clausura). Ainda que não haja previsão normativa de uma conduta, ela é regulamentada negativamente, pois está permitida pelo ordenamento. Aqui não há lacuna, mas ação livre do sujeito. O ato de realizar ou não uma conduta, de qualquer forma, é aplicação do Direito vigente, porque permitido. Em casos especiais, contudo, a despeito do princípio da clausura, a falta de uma disposição legal pode levar à alegação de uma lacuna, que poderá ser decidida conforme as convicções do aplicador da lei.

O princípio da clausura que fundamenta a tese de KELSEN apresenta uma ambigüidade formal, na medida em que a expressão *permitido* traz um duplo sentido que não é explicitado. Significando *não proibido* ( $\sim Vp$ ) o princípio de clausura ficaria: *Tudo aquilo que não está proibido, não está proibido*, um

---

<sup>230</sup> BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. 1990.

<sup>231</sup> BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. 1990.

<sup>232</sup> KELSEN, Hans. Teoria pura do Direito. 1984.



enunciado tautológico. O segundo sentido expressa uma autorização positiva (Pp), ou seja, é permitido realizar tal ação, já que *se não há uma norma que proíbe p, outra norma permitirá p*.

A completude no Direito é uma pretensão de exaustividade em que no sistema não há lacunas, claramente defendida pelo formalismo lógico:

*...decimos que un sistema científico es completo cuando comprende la totalidad posible de los enunciados verdaderos relativos a su campo objetivo. Esta condición, empero, difícilmente puede ser satisfecha por los sistemas contruidos para elaborar científicamente los conocimientos de un campo fenoménico y menos para una ciencia normativa.*

*Las propiedades de consistencia o completud de un conjunto de enunciados pueden ser acreditadas, más bien, en aquellos sistemas ideales o abstractos contruidos para servir de modelo a sistemas reales.*<sup>233</sup>

Esta plenitude lógica dos ordenamentos é uma ficção doutrinária de ordem prática que permite enfrentar os problemas de decidibilidade com um máximo de segurança. O Direito deve prever soluções para todas as situações conflitantes possíveis na sociedade. Não admite lacunas no ordenamento. Trata-se de uma ficção porque o ordenamento é efetivamente lacunoso ou porque o ordenamento que, por princípio é completo, pode admitir nova formulação caso seja insatisfatório em determinados casos. Todas as hipóteses possíveis podem ser reguladas pelo sistema, pertencem ou devem pertencer a ele. Na prática, a completude do Sistema Jurídico permite que se decida qual entre duas normas postas é afirmada pelo mesmo, e qual é negada. Esta é uma decisão que cabe aos órgãos aplicadores do Direito.

#### 5.1.6.1 Soluções

O exercício da função jurisdicional

*se faz apenas mediante a subsunção dos fatos à norma legal, numa operação de lógica formal alética. O raciocínio do*

---

<sup>233</sup> VERNENGO. Curso de teoria general del derecho. 1976. p 382.

*juiz, nesse tipo de operação, toma uma forma silogística, enunciando uma proposição prescritiva, uma proposição descritiva e outra proposição prescritiva, com as quais trabalha os fatos e o Direito a eles aplicáveis.*<sup>234</sup>

A exigência de prestação jurisdicional é uma necessidade de todo ordenamento positivo. Ao juiz não é permitido deixar de julgar alegando ausência de lei. É o **princípio do *non liquet*** expresso no artigo 126 do Código de Processo Civil brasileiro:

*O juiz não se exime de sentenciar ou despachar alegando lacuna ou obscuridade da lei. No julgamento da lide caber-lhe-á aplicar as normas legais; não as havendo recorrerá à analogia, aos costumes e aos princípios gerais de Direito.*

O ordenamento jurídico positivo não consegue ser formalmente completo e admite a necessidade de critérios de solução do problema da completude, prevendo formas de preencher as lacunas normativas. É o caso dos critérios extra lógicos expressos na possibilidade de uso da analogia e da equidade. Há também o princípio meta-lingüístico que afirma que tudo o que não está proibido, está permitido. Além disso há os princípios gerais do Direito e os costumes que podem servir de fonte subsidiária na decisão.

Raciocinar por **analogia** é captar, por inferência, elementos essenciais idênticos em assuntos diversos e dar-lhes tratamento assemelhado. É necessário que a identidade seja nos elementos essenciais, pois a similitude em elementos acessórios, marginais, não conduz necessariamente a uma boa solução. Por exemplo<sup>235</sup>, se o fato A escapa ao enquadramento de uma norma legal precisa, procura-se identificar nele alguns elementos relevantes que existem no fato B, regrado pela norma C. Por analogia, aplica-se a norma C no fato A. Como esse processo pode levar a iniquidades existem alguns limites no seu uso. No Direito civil a analogia é recebida condicionalmente; no Direito penal, onde bens

---

<sup>234</sup> RUFINO, Humberto D`Ávila. A informática jurídica e a prestação jurisdicional trabalhista - uma proposta concreta. 1985.

inestimáveis estão em jogo, como a liberdade individual e a própria vida, a analogia é formalmente proibida, imperando o princípio de tipicidade (*nullum crimen sine lege*).

Dessa forma, no Sistema Jurídico não existe completude formal, mas uma ficção prática que afirma ser o ordenamento capaz de sempre dar uma resposta aos conflitos. O princípio do terceiro excluído é uma impossibilidade ontológica, sistemática e formal. É perfeitamente possível que uma certa conduta não esteja ordenada nem proibida, não valendo nenhuma norma concernente a essa conduta.

Por outro lado, se existe um sistema minimamente completo e consistente em termos formais este é o que descreve o ordenamento jurídico, a ciência do Direito. Há que se pensar, no entanto, na possibilidade da construção de sistemas normativos também consistentes e completos, ou pelo menos, mais próximos dessa realidade.

### **5.1.7 Raciocínio jurídico: o papel da interpretação no Direito**

O Direito visto como um conjunto de normas contingentes e não necessárias possui uma série de problemas que são resolvidos em termos no interior do seu próprio sistema. Isto quer dizer que boa parte das soluções somente são encontradas no momento derradeiro da decisão judicial, por natureza discricionária (uma escolha entre várias possíveis), e na qual o papel da interpretação é muito importante. Esta interpretação decorre basicamente de um processo de argumentação jurídica sempre bipolarizada: defesa vs. acusação, normas vs. fatos.

A complexidade no argumento legal advém da própria complexidade do ordenamento jurídico, cujo objeto são as ações humanas e os conflitos de interesse que delas decorrem. Além disso o sistema de normas não é uma formulação simples sem contar que é informado por casos já decididos e outras

---

<sup>235</sup> Utilizando a lógica simbólica: Se A então? Se A então PGD; Se B então PGD; Se PGD então N; Se B então N; Se A então N.

fontes. Mas, aquele é ainda menos analítico. O discurso jurídico pode ser *fuzzy*, vago (sintagmática), mas a doutrina legal deve ser clara e precisa, sistemática e racional (paradigmática) sem, contudo, ser consistente como um corpo de silogismos lógicos. Em contraposição, cabe derradeiramente à argumentação legal a redução daquela complexidade de conflitos, persuadindo o juiz a adotar uma análise particular e única do caso.

Os juizes sempre têm alguma margem de escolha na aplicação da lei, já que o significado de um texto legal, como de um caso anterior, não será determinado somente a partir do seu texto mas do corpo total de informações legais, que podem mudar com o passar do tempo. Dessa forma, há a necessidade constante de interpretar e reinterpretar esse material e dependendo do maior ou menor grau de racionalidade permitido nesse processo, pode-se vislumbrar duas grandes vertentes, uma racional, outra irracional.

A doutrina tradicional, racionalista, afirma que o processo interpretativo relaciona-se à aplicação da lei aos fatos, que já estão prontos no processo. A lei, em princípio, é sempre um texto escrito e sobre ele se exerce a interpretação afetiva, gramatical e logicamente. As escolas se inclinam em identificar a interpretação jurídica com a interpretação lógica racional do texto legal. É uma orientação marcadamente racionalista e positivista que admite ser o Direito representado em um determinado corpo de regras.

A doutrina voluntarista, irracionalista, admite que tanto os fatos como o Direito chegam ao juiz através de filtros, isto é, fatores irracionais, emotivos, ideológicos, valorativos, não calculáveis, que impedem a visão das coisas tais como são suas formas puras. Como etapa final do processo o juiz reconstrói todo esse material fático e normativo através de sensibilidade espiritual ou compreensão intuitiva, resultando daí, a decisão judicial. As decisões jurídicas seriam mais resultado de uma preferência pragmática que de um argumento teórico.

Contudo, nem mesmo em uma interpretação mais aberta, há total liberdade e indeterminação. A tolerância da indeterminação<sup>236</sup> é relativa, por exemplo, aos tipos de normas envolvidas na decisão jurídica. Admite-se alto grau de imprecisão nas ações civis, enquanto isto não é verdadeiro nas penais e tributárias. Criam-se mecanismos e regras que diminuem o custo das provas e da aquisição da informação. No Direito penal existem diversos limites que realizam esse objetivo, como a definição de idades mínimas.

O grau de tolerância da indeterminação depende também dos sistemas normativos adotados pelos Estados Nacionais. É menos naqueles baseados em normas nos quais utiliza-se a doutrina e o texto legal e sua interpretação científica, mais concisos e presos a um quadro de referência. Há mais tolerância nos sistemas baseados em casos ou em precedentes porque são mais imprecisos. Porém é um processo de classificação que necessita de pouca informação externa além dos fatos relativos ao caso. É um processo de definição de similaridade relevante entre casos, em que estes compartilham uma mesma estrutura.

Enquanto a tradição americana vê os argumentos como sendo uma forma natural de construir um sistema normativo, na tradição dos Sistemas Baseados em Regras, predominante na Europa, o argumento é visto menos como um fim em si mesmo e mais como meio de analisar noções problemáticas como conflitos normativos e não monotonicidade.

A partir deste modelo pode-se distinguir três vertentes importantes<sup>237</sup>. Na primeira os argumentos são vistos como meios de apresentar resultados, e por isso há uma preocupação com os aspectos retóricos. As metas essenciais de todos os sistemas são organizar a produção para maximizar o seu entendimento e demonstrar os diferentes papéis dos elementos daquela produção. A segunda se preocupa com problemas que surgem em Sistemas Baseados em Regras como o

---

<sup>236</sup> SMITH, J C. An introduction to artificial intelligence and law: or, can machines be made to think like lawyers?. s/d.

<sup>237</sup> BENCH-CAPON, Trevor J M. Argument in Artificial Intelligence and law. 1995.

conflito de regras e a introdução da não monotonicidade no sistema. Está predominantemente preocupada com contexto, e com procedimentos que podem mudar o contexto. O terceiro enfoque está na interação, reivindicando que uma interação dialética é um modo útil de usar sistemas legais. Aqui, o procedimento é mais importante, embora o contexto e aspectos retóricos também estejam envolvidos. Trata de como um argumento é administrado, através da escolha de uma formalização do conjunto de regras que alertam todos os participantes sobre seus Direitos e obrigações, permitindo interpretar os movimentos feitos pelos outros participantes.

Em todos os casos acima é possível afirmar que as decisões jurídicas são fruto de um processo argumentativo resultado de escolhas judiciais feitas de acordo com regras de prioridade nem sempre numa consequência lógica. As prioridades entre regras e argumentos não são absolutas e são avaliadas à luz do contexto, no qual elas são apresentadas. Contudo, os elementos fundamentais para uma decisão são o conjunto de fatos e regras primárias, as regras de interpretação e as meta regras interpretativas<sup>238</sup>, que controlam a aplicação das regras de interpretação. De acordo com essas escolhas e regras de interpretação são geralmente traçadas 4 categorias de argumentos<sup>239</sup>:

1. **filológico - lingüístico - gramatical - literal** - leva em conta o significado ordinário e técnico de palavras;
2. **lógico - teleológico** - vai além das palavras, procurando adaptar a lei aos fatos correntes. É também o raciocínio é baseado em políticas e fins, o que permite uma argumentação ilimitada, pois não se baseiam na estruturação legal;
3. **sistemático - sistêmico** - o preceito legal é considerado parte de um sistema mais amplo que o envolve ou, em outras palavras, é levado em conta o contexto;

---

<sup>238</sup> POULIN, Daniel. Legal Interpretation in expert systems. 1993.

<sup>239</sup> COELHO, Luiz Fernando. Lógica jurídica e interpretação das leis. 1981.

**4. histórico - transcategorial** - a argumentação procura reconstruir o seu conteúdo original, procurando estar em conformidade com o intento legislativo.

Naturalmente, há uma espécie de hierarquia entre esses métodos de interpretação. Geralmente partem-se dos argumentos lingüísticos. Os argumentos teleológicos são os últimos a serem avaliados. Dependendo da forma como esses métodos são utilizados é possível se produzir uma interpretação extensiva ou restritiva. Partindo do princípio de que toda interpretação é uma transformação do texto, esta poderá ampliar ou restringir seu conteúdo gramatical e lógico, com imediatos reflexos na sua aplicação. Será extensiva quando o intérprete vai além do texto; restritiva quando o intérprete congela o texto, retraindo o seu conteúdo. Muitas manobras semânticas e sintáticas facilitam a interpretação extensiva ou restritiva da norma, sempre dentro de um contexto.

Em suma, entre a generalidade da lei, que se substancia em não se referir a casos específicos nem prover nenhuma direção de como as regras devem ser usadas, e a especificação fatural, o intérprete tomará sua decisão buscando obter resultados socialmente mais equilibrados.

#### **5.1.8 Direito Jurisprudencial vs. Direito estatutário**

Em termos lógicos, a experiência jurídica se expressa de duas formas abrangentes: o Direito como norma e o Direito como decisão, isto é, o plano normativo, dogmático, com abrangência nas leis, e o plano da atividade jurisprudencial, do juiz e sua atividade de resolução de fatores conflitantes, com base no Direito. Desta separação é possível afirmar a existência de dois campos, o da lógica jurídica proposicional relativa ao Direito estatutário ou ao paradigma legal-analítico e o da lógica jurídica decisional relativa ao Direito jurisprudencial. A primeira trabalha com a validade dos enunciados normativos do Direito. A lógica jurídica decisional é a lógica que se relaciona diretamente com a hermenêutica jurídica, incluída, nesta, a interpretação, a integração e a aplicação do Direito. Da relação entre estes dois campos teóricos surge a observação de que a lógica proposicional oferece um protótipo, parâmetro ou esquema que possibilita

ordenar a fundamentação jurídica dando-lhe clareza e obviedade seqüencial, mas nada diz sobre a certeza, verdade ou justiça de uma decisão.

Essa distinção acima também é observada em termos políticos a partir da teoria da repartição de poderes, na qual há o entendimento em que, aos tribunais cabe a interpretação da norma para decidir sobre um caso concreto enquanto que toda função legislativa cabe exclusivamente ao legislador. A este não cabe interpretar nem àquele cabe produzir ato cuja fonte principal não seja a lei. Acontece que esta última exigência não é totalmente seguida em alguns sistemas ditos anglo-saxões, que podemos chamar sistemas de Direito jurisprudencial.

De acordo com o Direito Jurisprudencial os casos decididos em tribunal se tornam parte do próprio Direito. Não são apenas uma explicação que os juizes podem adotar ou podem rejeitar. O perigo deste arranjo é que o Direito pode ficar completamente inflexível, na medida em que as novas interpretações não levem em conta o contexto presente, mas apenas o passado, o que leva a afirmar que julgamentos aparentemente aceitáveis podem constituir mais o veículo de perpetuação de erros do que soluções dos velhos e novos problemas da sociedade.

Em contrapartida há o velho Direito romano e continental, do qual o Brasil faz parte, que não dá, às decisões dos tribunais, força de lei para futuras decisões, mas servem apenas como uma referência para o raciocínio. Naturalmente que todo problema legal sério incluirá tanto a interpretação legal como a jurisprudencial, na medida em que nenhum fato tem significado sem teoria e nenhuma teoria é relevante sem fatos. A certeza é que nestes sistemas a lei é a base. O seu caráter geral impede que uma decisão particular torne-se paradigma para todas as demais decisões. Dessa forma, o Direito continental é idealista, procurando explicar globalmente as situações normatizadas, sem se apegar em demasia ao passado dos casos. Por outro lado, pode ocorrer a falta de agilidade do legislador em aprimorar o sistema de leis vigentes; o que dificulta a resposta aos novos problemas e torna muitas vezes lenta a resposta aos velhos.



### 5.1.9 Tarefas realizadas pelos operadores do Direito

Atividades dos operadores jurídicos necessariamente envolvem, no Brasil a utilização da lei. Outra fonte de conhecimento é a pesquisa jurisprudencial, necessária no processo argumentativo e decisional, de aplicação, interpretação e integração do Direito. Essas atividades envolvem situações em que se exige entendimento, interpretação ou compreensão do domínio de conhecimento jurídico em jogo, indistintamente, e indicam diversos campos de atuação:

1. **Enquadramento:** É a tarefa jurídica mais geral que todo operador do Direito realiza, inicialmente, em qualquer situação. Dado um problema este é classificado segundo um conjunto pré enumerado de soluções jurídicas. De outra forma, consiste numa descrição de um caso, na seleção de conteúdos, fatos, fins, valores, tendo em vista a construção de uma categoria legal. Há uma descrição de estados e transições de estados que parte dos fatos para chegar a uma visão legal do mundo. Para cada conjunto de estados reais há a possibilidade de uma interpretação legal ou conclusão institucional (premissas  $\Rightarrow$  conclusão), o que conduz a uma rede de categorias. Quem realiza essa tarefa no seu estado puro, ou seja, não vai além dela, são os fiscais de tributos e delegados.
2. **Planejamento legal:** tarefa um pouco mais específica que realiza a análise das consequências de diferentes cursos de ação dentro de um intervalo de tempo. Está presente de maneira geral em todas as atividades jurídicas, mas de modo especial na elaboração de inventários e contratos e na consultoria.
3. **Argumentação jurídica:** é a tarefa principal dos advogados e promotores públicos e envolve a construção da argumentação em situação em que está presente o contraditório, ou seja, ocorre o conflito entre partes e o objetivo é provar que uma delas está com a razão e, por isso, pedir que esta tenha a seu favor a decisão legal. O raciocínio parte dessa interpretação legal favorável para

então levantar cada conjunto de estados reais a ela necessariamente vinculada. (conclusão  $\Rightarrow$  premissas).

4. Decisão legal: tarefa realizada no julgamento e na arbitragem. O julgamento, tarefa de juizes, envolve as ações de decidir e sentenciar em face a um pedido de resolução de conflito entre partes. A arbitragem envolve a construção de uma sentença arbitral que visa resolver um determinado conflito entre partes, as quais, em face desse problema, constituem especialmente e de comum acordo um agente especializado, um árbitro.
5. Ensino e pesquisa do Direito: atividade que envolve a transmissão e compreensão de informações jurídicas normalmente armazenadas em textos legais e decisões judiciais. Exige a compatibilidade entre o grau de profundidade da lição e o seu receptor.
6. Elaboração da lei: atividade preponderante dos legisladores e que envolve principalmente a capacidade de previsão de situações que devem ser normatizadas, visando sempre a coerência e consistência do Sistema Jurídico como um todo.

A partir dos campos de atuação acima designados, pode-se sugerir um vasto número de sistemas que servem para realizar e assessorar as diversas tarefas que derivam destes campos. Naturalmente, a representação do conhecimento envolve a sua especificação de acordo com propósito ou tarefa definidos. O núcleo dos sistemas legais baseados em conhecimento é similar em todos os domínios. Porém, há diferenças substanciais quando os sistemas possuem tarefas diferentes na medida em que mecanismos de raciocínio específicos são geralmente necessários<sup>240</sup>.

Essa dependência entre a representação e a ação a ser realizada limita o uso daquela representação à tarefa proposta, o que caracteriza o problema de

---

<sup>240</sup> HAAN, Nienke den. Towards Support Tools for Drafting Legislation. 1993.

interação<sup>241</sup>. Isto ocorre porque, ao representar o conhecimento, são feitas determinadas seleções e simplificações em relação à estrutura do conhecimento, tendo em vista exigências da tarefa proposta. O resultado final é um amontoado de diferentes tipos e fontes de conhecimento. Este problema dificulta o objetivo de representar um conhecimento que possa ser aplicado de forma mais geral a diversas tarefas. As técnicas de IA vão nessa direção, na medida em que procuram separar o conhecimento sobre o domínio, do conhecimento de como aplicar aquele para realizar diversas tarefas (conhecimento de controle).

## 5.2 A lógica dos Sistemas Especialistas Legais

### 5.2.1 Formalização, modelagem e algoritmização do Direito

A legislação em geral tem uma estrutura padronizada e isto exige uma substancial formalização, cujo grau de dificuldade depende das características do domínio legal. É possível afirmar, então, que toda a parte do Direito suscetível de ser enunciada de modo rigoroso, e passo a passo, assim como as relações existentes entre os diferentes subsistemas de um Sistema Jurídico, são matéria teoricamente passível da informatização jurídica analítica. Como afirmou Martino:

*No hay parte del derecho que no sea, teóricamente, algoritmizable, pero sólo la parte algoritmizable (racional) puede ser objeto de un SEL.*<sup>242</sup>

Para tornar algoritmizável qualquer realidade é necessário um modelo racional e este, quando construído, deveria:

1. advertir os conflitos antes que ocorram;
2. propor meios alternativos para influir sobre os indicadores em conflito, meios que sejam mais fáceis de implementar na medida em que o diagnóstico seja mais precoce;
3. permitir a visualização das conseqüências do uso daqueles meios, através da simulação.

---

<sup>241</sup> CHANDRASEKARAN, B. Generic tasks for knowledge-based reasoning: the right level of abstraction for knowledge acquisition. 1986.

É importante não esquecer que não é fácil equacionar a realidade jurídica (como muitas outras) e que muitas vezes por detrás de uma solução algoritmizada estão problemas de modelagem muito sérios, como o esquecimento de variáveis ou hipóteses importantes e a supervalorização de outras.

Por outro lado, existem argumentos acerca da inconveniência do projeto racionalista para o Direito. É possível levantar dois, sendo um ponto de vista epistemológico e outro axiológico.

O primeiro parte da formação humanista tradicional, que não só tende a negar a possibilidade de uma identificação entre as ciências naturais e as sociais, senão que também a repudiar todo intento de tratar o homem e a sociedade com a frieza com que se estudam os fenômenos físicos e químicos. Confundem o conceito moral e político de liberdade com a idéia metafísica de indeterminismo e temem a quantificação e a previsão dos fenômenos humanos, como se estes devessem ser preservados de uma pretensa contaminação matemático causal capaz de conduzir o homem à robotização.<sup>243</sup>

O segundo ponto de vista, axiológico, consiste em assinalar que um projeto racionalista exitoso permitiria ao Estado adiantar-se aos desejos e necessidades dos cidadãos e prevenir assim que surja qualquer discordância ou rebeldia. Deste modo, o sistema permaneceria igual no essencial sem dar lugar às grandes mudanças. Diz-se então, que este projeto é conservador. Ora, todo Estado e governo são conservadores, no sentido de querer manter seguros princípios que no momento são adequados. Ademais, qualquer projeto racionalista, qualquer sistema voltado para o controle de indicadores sociais, políticos e jurídicos não pode ser perfeito, haja visto o número de variáveis envolvidas.

São argumentos frágeis diante da complexidade da sociedade atual e da constante necessidade de intervenção do homem na condução da mesma. Está claro que quanto maior o conhecimento da realidade que se maneja e quanto mais

---

<sup>242</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. 1987, p 142.

<sup>243</sup> GUIBOURG. El fenómeno normativo. 1987, p 187.

precisa a técnica para chegar ao fim proposto, tanto menor é a quantidade de energia mal gasta, e com certeza, mais justiça realizada.

*Os temores acadêmicos sobre a automatização do homem por obra da automação nos parecem absurdos. As máquinas de informação, os servo-mecanismos, os automatismos de todo tipo, libertarão o homem, não só do trabalho braçal, mas do que há de 'servil' no trabalho de supervisão ou de controle. Libertarão seu cérebro, assim como as máquinas de grande potência começaram a libertar seus músculos. Hão de libertá-lo precisamente por multiplicar seu poder.*<sup>244</sup>

O Direito é um campo especialmente atrativo para a IA, e em especial para os SE, mesmo com as dificuldades em manipular a sua linguagem. Eis alguns motivos que o torna particularmente preparado para a sua automatização:

1. o Direito tem uma tradição de examinar seu próprio processo de raciocínio;
2. seu raciocínio é estilizado, sua linguagem mais precisa e mais circunscrita;
3. grande parte do conhecimento é facilmente acessível, sendo que alguns estão codificados - estruturados;
4. grande parte do conhecimento utilizado na argumentação jurídica é de alguma forma indexado no Sistema Jurídico, mantendo registros detalhados dos casos e comentários;
5. a ciência jurídica é uma das ciências mais estruturadas dentre as ciências sociais, dotada, portanto, de uma linguagem técnica bastante precisa e universal;
6. o conhecimento legal pode levar em conta uma quantidade ilimitada de problemas usando um limitado número de regras e de vocabulário<sup>245</sup>;
7. embora o número e conteúdo das regras flutuassem ligeiramente com o passar do tempo, o tamanho geral das regras permanece consistente.

---

<sup>244</sup> RUYER, Raymond. A cibernética e a origem da informação. s/d. p 11.

<sup>245</sup> KAGAYAMA, Shigeru. The rational basis for the development of a legal expert system. s/d.

Constatação mais recente, contudo, vem mostrando que os SEL não tem sido adotados genericamente nos diversos campos do Direito. Alguns motivos são possíveis:

1. existência de muito conhecimento informal que ajuda a entender o conhecimento legal formal;
2. há uma grande variedade de processos de raciocínio<sup>246</sup>;
3. a textura aberta do Direito é muito freqüente, fazendo com que a mesma palavra seja freqüentemente usada de modos diferentes, às vezes, no mesmo estatuto;
4. a legislação, em particular nos últimos tempos, vem sofrendo constantes alterações, o que dificulta a manutenção de qualquer sistema informatizado, especialmente, os SEL;
5. os juristas, os especialistas do Direito, não acreditam nos benefícios do uso de SEL;
6. os operadores do Direito possuem pouca ou nenhuma perícia em programação;
7. em contrapartida, existem muitas ferramentas de base de dados que permitem o acesso a muita informação jurídica;
8. os SEL não são suficientes em atividades de alta complexidade; mais suporte é necessário, e isto somente será resolvido com um sistema mais amplo de apoio à decisão, no qual estarão integrados SE, sistemas de Raciocínio Baseado em Casos e sistemas de bases de dados diversos, componentes de um sistema mais geral de gerenciamento de informação.

### **5.2.2 O uso da Lógica Deontica em sistemas computacionais**

Existem fortes relações, e a vários níveis, entre os sistemas computacionais e legais<sup>247</sup>. As organizações implementaram sistemas computacionais tendo em vista a administração de regras e regulamentos<sup>248</sup>, o que fez surgir a necessidade de se recorrer a ferramentas formais baseadas em lógicas

---

<sup>246</sup> TYREE, Alan L. Expert systems in law: the dataLex project. 1987.

<sup>247</sup> NIBLETT, Bryan. Computer science and law: an advanced course. 1980.

<sup>248</sup> STAMPER, Ronald K. LEGOL: Modelling legal rules by computer. 1980.

deônticas para a análise e especificação de problemas em diversas áreas, como a especificação de sistemas tolerantes a falhas<sup>249</sup>, a análise de problemas de segurança nos sistemas computacionais<sup>250</sup> e do controle ao seu acesso<sup>251</sup>, a especificação do comportamento de sistemas de bases de dados<sup>252</sup>.

A lógica deôntica tem tido interesse por parte de várias classes de aplicações que não se restringem às diretamente relacionadas com o domínio legal. Seu objetivo é formalizar conceitos (normas) que têm a ver não só com a prescrição de comportamentos desejados, mas também, e isto é essencial, com a necessidade de admitir que os comportamentos se podem desviar do ideal, e de prescrever o que fazer em tais circunstâncias.

Na área da computação o interesse pelas lógicas deônticas é relativamente recente e as principais contribuições para o seu desenvolvimento têm fundamentalmente a ver com a incorporação nelas das lógicas dinâmicas de ações. Segue-se uma panorâmica de algumas das aplicações e projetos que têm surgido em certos domínios.

Na IA os trabalhos desenvolvidos foram sobre a representação da lei em computadores e o interesse incidiu sobretudo na análise do carácter vago dos conceitos, da estrutura aberta dos sistemas legais e na discussão da adequação de várias técnicas de representação de conhecimento (as quais, contudo, estão ainda longe de permitirem captar a dimensão normativa da lei).

A lógica deôntica tem sido também aplicada ao próprio ato de contratação<sup>253</sup>, sendo apontado que a automação de transações eletrônicas (emissão de bilhetes, ordens de pagamento) não se limita a um mero armazenamento de informação sobre os fatos ocorridos, envolvendo problemas

---

<sup>249</sup> RYAN, M. Defaults and revision in structured theories. 1991.

<sup>250</sup> GLASGOW, J. Security by permission in databases. 1989.

<sup>251</sup> MORRIS, P. Security and normative rights. 1991.

<sup>252</sup> MINSKY, Marvin L. Ensuring integrity by adding obligations to privileges. 1985.

<sup>253</sup> KIMBROUGH, S O. Performative, Informative and Emotive Systems: The First Piece of the PIE. 1984.

delicados de delegação de poder e de mudança das permissões, proibições e obrigações entre os diferentes agentes. Esta observação motivou investigações no sentido de usar as lógicas deônticas para especificar as políticas de administração que regulam as transações. Esta representação dos contratos envolve também o estudo das lógicas temporais, tendo em vista a representação de obrigações com prazo e periódicas<sup>254</sup>.

Nesta área é de referir o trabalho pioneiro de McCARTY, cujas origens remontam ao projeto TAXMAN<sup>255</sup>. A partir deste projeto definiu-se uma lógica deôntica baseada em uma lógica de ações chamada LLD (*Language for legal discourse*) que tem vindo a ser enriquecida de modo a suportar o raciocínio sobre conceitos legais como Poder e Direito.

Uma segunda linha de aplicação da lógica deôntica encontra-se nos trabalhos de ALLEN e SAXON<sup>256</sup> que desenvolveram ferramentas formais tendo em vista a simplificação dos textos legais e a eliminação das suas ambigüidades.

No mesmo caminho seguem os projetos LEGOL e NORMA propostos por STAMPER<sup>257</sup>, outras extensões de lógica deôntica que procuram lidar com conceitos legais.

Outro projeto interessante com programação lógica é o projeto do *Imperial College of London*, do qual participaram KOWALSKI e SERGOT<sup>258</sup>. A partir de 1982 este distingue dois tipos de restrições de integridade em bases de dados: as invioláveis, aquelas que o sistema deve se encarregar de impedir as ações que levariam à sua violação (a idade de uma pessoa não deve decrescer), e as temporariamente violáveis, aquelas que o sistema admite ações que podem

---

<sup>254</sup> HALPERN, J. A propositional modal logic of time intervals. 1986.

<sup>255</sup> McCARTY, L Thorne. The TAXMAN project: towards a cognitive theory of legal argument. 1980.

<sup>256</sup> ALLEN, Layman E. A-Hohfeld: A Language for Robust Structural Representation of Knowledge in the Legal Domain to build Interpretation-assistance Expert Systems. 1991.

<sup>257</sup> STAMPER, Ronald K. LEGOL: Modelling legal rules by computer. 1980.

<sup>258</sup> SERGOT, Marek J. The british nationality act as a logic program. 1986.



levar à sua violação, embora com a obrigação de gerar as necessárias ações de recuperação num certo prazo (a uma tarefa deve estar sempre associado um empregado). A questão que surge é se todas as linguagens e extensões criadas especialmente e mesmo os sistemas que usam diretamente uma lógica deôntica mais geral não poderiam ser reescritos em uma programação lógica clássica. Certo é que não são mais que variantes da mesma e nos casos acima houve problemas de tratabilidade computacional.

### 5.2.2.1 A Lógica Deôntica e os Sistemas Especialistas Legais

Segundo HERRESTAD<sup>259</sup> não é necessário utilizar-se a lógica deôntica ou outro tipo de lógica modal em SEL a não ser que se queiram construir modelos complexos (*deep models*), que exijam especificações precisas e alto nível de abstração. A profundidade de um sistema é descrita como até que ponto os programas desenvolvidos contêm não só regras que traçam conclusões sobre dado cenário, mas também uma representação das causas subjacentes. Os SEL não exigem essa formalidade ou uma estrita interrelação entre as especificações da programação e o seu resultado, permitindo, assim, uma verificação formal daquela correspondência. Não há necessidade de informações sobre todas as cadeias causais que definem porque estas funcionam empiricamente. Basta que o SEL seja capaz de inferir e justificar certas conclusões sobre dada questão relativa à correta aplicação do Direito. Da mesma forma, não há necessidade de confrontar diferentes teorias do Direito.

A demonstração prática dessa realidade é o fato de que não existem SEL que utilizem a lógica deôntica em sua programação<sup>260</sup>. Isto porque a tarefa para a qual são construídos não vai além da verificação da ocorrência ou não de certas condições fatuais, como por exemplo, pesar diferentes obrigações ou

---

<sup>259</sup> HERRESTAD, Henning. Is modal logic necessary or to be desired for expert systems in law? 1996.

<sup>260</sup> McCARTY, L Thorne. Intelligent legal information systems: problems and prospects. 1983 e SUSSKIND, Richard E. Expert systems in law. 1987.

distinguir diferentes modos de necessidade. Isto quer dizer que não é preciso levar em conta o específico caráter normativo do raciocínio legal que trata da discrepância entre o real e o ideal. Os SEL normalmente tem como pressuposto que o estado real será o ideal.

Por isto a lógica deontica não é necessária na construção de SEL. O fato é que mesmo sendo uma lógica complementar à lógica clássica e um formalismo do tipo hipotético modal próximo à linguagem jurídica, não tem sido uma ferramenta muito usada na construção de SEL. Contudo, será bem vinda nos não tão distantes sistemas ou mecanismos ou agentes automáticos de controle de acesso à informação, sistemas estes mais flexíveis e que de forma autônoma deverão agir em situações de regulação legal.

### 5.2.3 Sistemas Especialistas Legais

A construção de SEL envolve mais que técnicas de IA. Em particular, envolve teorias, opiniões sobre o que é a lei, qual é um problema legal típico e como eles são solucionados, quais são os usos, utilidade de um sistema legal, filosofia, que permitem, em última análise, fazer uma representação explícita do conhecimento envolvido no processo de resolução de um problema jurídico, essência de um SEL. O estudo da construção destes sistemas define uma área chamada engenharia do conhecimento jurídico<sup>261</sup>. Um dos pioneiros nesse campo foi MARTINO, que apresenta algumas justificativas para se investir na construção de SEL:

*1) Los sistemas expertos legales (SEL) parecen destinados a una difusión notable; en cierto sentido se puede decir que su construcción resulta propiciada por algunas características de la ciencia jurídica y por el modo mismo según el cual los expertos del derecho consideran el dominio propio.*

*2) La lógica, y en particular la lógica de las normas ofrece una contribución muy importante para la concepción y realización de los SEL.*

---

<sup>261</sup> VALENTE, André. Legal knowledge engineering: a modelling approach. 1995.

3) *El conocimiento jurídico tiene algunas peculiaridades, sobre todo con referencia a SEL de grandes dimensiones, que deben ser tenidas presentes si se quiere respetar las características del razonamiento jurídico*

4) *En el futuro próximo, como consecuencia de cuanto ha sido indicado en los puntos 1 e 2, habrá un florecer de SEL, en los ámbitos más diversos del derecho; esto facilitará notablemente una parte importante del trabajo jurídico, no solo aquel del tipo rutinario, sino que también y particularmente aquel más refinado y complejo (siempre en el ámbito de racionalidad)*

5) *Estas formas futuras de trabajo jurídico asistido por los SEL no serán totalmente inocuas respecto de la teoría y la praxis jurídica, ya que en general se puede decir de la informática jurídica que es aquel "espejo activo" (miroir actif) del cual hablaba Leibniz; en tanto la informática obliga a repensar el derecho; (aquel sector del derecho con el que entra en contacto), para obtener resultados jurídicamente atendibles hace falta respetar las características del conocimiento jurídico.*

6) *En un futuro más lejano, cuando los SEL sean perfectamente eficientes, cabrá la posibilidad aun de prescindir de ellos, progresando ulteriormente hacia formas más refinadas todavía de aplicaciones de las técnicas de la inteligencia artificial al derecho.<sup>262</sup>*

Estes motivos são bem claros na determinação da importância e da oportunidade do tema proposto por este trabalho, bem como na constatação de que os SEL são uma realidade que o Direito não pode prescindir. Isto não quer dizer que outras técnicas de IA não os venham substituir no futuro.

Afinal, um SEL

*consiste en una serie de programas que consienten en obtener inferencias válidas a partir de una base de datos jurídicos estructurada, siguiendo recorridos no previstos ex ante, justificando cada recorrido con la indicación de las reglas aplicadas y poniendo a disposición una interface hombre-máquina que facilite la introducción de nuevas reglas en los puntos en los cuales la base de conocimientos*

---

<sup>262</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. 1987, p 135.

*se revele incompleta o no actualizada. En otras palabras, un SEL debería ser capaz de simular aquella parte del razonamiento jurídico (de un experto jurídico) que de las normas extrae conclusiones (excluida la interpretación) o de los precedentes consigue una regla general.<sup>263</sup>*

Desta definição depreende-se algumas características:

1. existência de uma Base de Conhecimento que deve conter elementos essenciais para identificar as normas aplicáveis, tais como os estatutos que contêm as normas substantivas e as exceções para normas de outro conjunto normativo;
2. dedução de informações que não estão explicitamente armazenadas na Base de Conhecimento;
3. justificação e explicação do por que certos dados são necessários, bem como do caminho percorrido para chegar à dedução;
4. interfaces amigáveis e de boa interação entre homem e máquina;
5. possibilidade de completar o sistema, seja com a introdução de novos dados pelo usuário, seja pelo aprendizado automático da máquina, a partir de consultas anteriores.

Muitas das características acima foram discutidas anteriormente no capítulo Sistemas Especialistas. Todo SE é um modelo computacional, dentro de um domínio específico de conhecimento, com poder de especialização na resolução do problema, poder este comparável ao de um especialista humano. Utiliza no processo de busca de solução um conjunto de fatos e regras bem como métodos de inferência que permitam a aplicação destas regras. Basicamente, a diferença recai sobre o objeto desses sistemas, aqui representados por problemas jurídicos relevantes, aos quais a máquina deve oferecer uma solução inteligente a partir de dados armazenados. Todo SEL é basicamente um SE voltado para a manipulação do conhecimento jurídico.

---

<sup>263</sup> MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. 1987, p 141.

#### 5.2.4 Representação do conhecimento legal

A inteligibilidade de um sistema depende diretamente da técnica de representação do conhecimento utilizada. Existem diversos métodos, formas e técnicas de representação, isto é, modelos utilizados para interpretar, prever, e responder adequadamente a uma realidade relativamente complexa. Evidentemente, a técnica a ser adotada depende sempre da linguagem computacional utilizada, bem como do tipo de problema em interesse.

Existe a concepção de que o Direito é um sistema de regras e o raciocínio legal uma aplicação dedutiva destas regras e de outras nem tão expressas. Seria ingênuo considerar que sendo o Direito um corpo de regras e regulamentos, o que resta é traduzi-las em código executável. Qualquer tentativa em declarar o Direito como um corpo de regras necessariamente terá muitos predicados complexos que não podem ser definidos facilmente em termos mais fundamentais. É provável que as regras sejam, em alguns casos, deliberadamente ambíguas, certamente incompletas e provavelmente contraditórias. Muitas vezes é difícil dizer com certeza quando um determinado predicado legal é verdade, dados determinados fatos. Já em outros domínios os SE estão preocupados com as relações causais entre processos físicos e objetos, muito mais objetivas e de fácil assimilação.

Isto não quer dizer que o problema de interpretação de estatutos legais não possa ser resolvido. Boa parte desse trabalho pode ser realizado por regras de interpretação<sup>264</sup> que ajudam na definição do significado das palavras usadas nos estatutos. São diretrizes que podem ser usadas.

Foi dito anteriormente que na impossibilidade de representar o mundo em todos os seus ricos detalhes, é necessário restringir a atenção para um pequeno número de conceitos que sejam significativos o suficiente para interpretar o mundo e fornecer uma representação adequada para uma certa tarefa ou meta. Uma parte central da representação do conhecimento consiste da elaboração de um

conjunto de objetos abstratos, conceitos e outras entidades as quais são supostas para existir num certo domínio, bem como nas relações que podem surgir entre elas. Estas escolhas ontológicas são um componente essencial na tarefa de representação do conhecimento, na medida em que definem as coisas que são importantes representar e as que não são.

Por outro lado, isto não implica necessariamente em uma escolha direta de uma técnica de representação de conhecimento, como é o caso das regras de produção e quadros. Contudo, na busca de solução dos problemas estruturais tais como eliminar conflitos, facilitar a mudança, eliminar redundâncias, facilitar o reuso do sistema, separação dos diferentes tipos de conhecimento, a definição da técnica é importante, pois boa parte do trabalho será desenvolvido sobre ela.

A representação de um modelo formal para computador pode ter as seguintes características ou fases<sup>265</sup>:

1. identificar as sessões relevantes e representá-las hierarquicamente seguindo o modelo jurídico exposto no texto legal, sem deixar de fazer as alterações devidas quando aquele modelo demonstrar ser incoerente e ambíguo;
2. identificar os objetos, atributos e valores e representá-los dentro da hierarquia definida. Para realizar essa segunda fase seguem-se três compromissos formais:
  - a) preservar as relações entre os elementos do texto;
  - b) relatar as referências entre elementos para distinguir conclusões realizadas a partir de elementos diferentes e
  - c) os elementos podem ser formalizados com a técnica de enquadramentos ou orientação a objetos.

Todo esse processo de identificação, desde os objetos relevantes até os atributos e os seus valores, é realizado pelo perito do domínio na fase de aquisição do conhecimento. A principal tarefa do engenheiro de conhecimento é a partir dessa fase formar um agrupamento estável de objetos e atributos que eliminem redundância, contradições e ambiguidades.

---

<sup>264</sup> TYREE, Alan L. Expert systems in law: the dataLex project. 1987.

<sup>265</sup> TYREE, Alan L. Legal expert systems: the problem of precedent. S/d.

Em termos da fase de aquisição de conhecimento, o gargalo é dissolvido no domínio do Direito na medida em que a sua representação passa mais pelo escrutínio de fontes legais formais que se expressam basicamente no texto escrito do que em conhecimento heurístico retirado das experiências muito particulares dos operadores do Direito. Certamente, a atividade de representação de conhecimento legal envolve o manuseio de processos interpretativos por meio dos quais os dados legais são analisados e eventualmente reformulados de tal modo que sejam fieis às fontes originais e isso permite a transparência e flexibilidade requeridas pelos SEL. Esta tarefa de filtragem iniciada na fase de aquisição de conhecimento cabe ao engenheiro de conhecimento legal.

É muito fácil para o engenheiro de conhecimento acreditar que conhece uma grande porção do domínio e este problema parece ser maior no domínio legal, tendo em vista a sua vasta documentação. Mas, os problemas associados com a avaliação do desempenho dos SEL fazem com que a presença de juristas seja mais importante do que dos engenheiros.

A maioria dos operadores do Direito não têm experiência com linguagens de computador, nem têm tempo ou desejo para aprendê-las. Este é um dos motivos pelos quais os SEL estão limitados a áreas relativamente pequenas do Direito. Contudo, é possível encontrar esquemas e técnicas de representação que permitirão ao operador do Direito ser o próprio engenheiro de conhecimento<sup>266</sup>. As técnicas mais simples deveriam ser usadas. As mais sofisticadas devem estar disponíveis quando for necessário. Quando possível, estas deveriam parecer simples.

Toda e qualquer representação do conhecimento, basicamente, provê uma estrutura para o processo de inferência, uma Base de Conhecimento, reduzindo o espaço de procura e eliminando possíveis formulações contraditórias. Pode ser baseada na leitura mais evidente e direta da lei com a possibilidade de

---

<sup>266</sup> TYREE, Alan L. Expert systems in law: the dataLex project. 1987.

cadeias alternativas de raciocínio nos casos em que não há esta resposta. Deve apresentar a explicação e justificação das conclusões. Pode, contudo, produzir esquemas representacionais relativos a tarefas mais específicas. É o caso de representações de conhecimento processual relacionadas a situações particulares que deverão, ao lado da generalidade da base de regras, fornecer normas de como proceder diante daquelas regras. Outra situação é a de representações de conhecimento adversarial<sup>267</sup> em que devem estar presentes estratégias para diferentes pontos de vista, o que exige a presença de regras alternativas que possuam conclusões diferentes a partir dos mesmos fatos e dos mesmos textos legais. Neste caso, exige-se um domínio no qual não há nenhuma resposta certa.

Além dessas distinções outras são possíveis. É possível diferenciar três níveis aos quais um SEL incorpora ou representa conhecimento legal<sup>268</sup>:

1. o sistema inclui só heurísticas de peritos legais sobre situações particulares, sem qualquer justificativa baseada em fontes legais primárias;
2. a representação inclui justificação baseado nas fontes legais primárias, mas sem qualquer modelo causal explícito dessas fontes
3. o sistema inclui um modelo causal explícito que serve para definir as relações entre os conceitos empregados nas fontes primárias. Presumivelmente, a justificação está baseada no modelo.

Em termos de técnicas disponíveis a união de sistemas de produção com sistemas orientados a objetos é uma das melhores alternativas para a aplicação no Direito. A decomposição de cada uma das proposições de um texto legal em triplas associativas, objeto, atributo e valor, permite a construção de um sistema de regra de produção mais complexo e integrado a um modelo hierárquico de objetos.

O sistema de regras opera então através de um processo cíclico de verificação das regras, em uma ordem definida até que não seja mais capaz de tirar

---

<sup>267</sup> POULIN, Daniel. Legal interpretation in expert systems. 1993.

<sup>268</sup> TYREE, Alan L. Expert systems in law: the dataLex project. 1987.



qualquer conclusão. Esta solução por força bruta é ao mesmo tempo a virtude e a fraqueza do modelo<sup>269</sup>. A virtude é que a adição de conhecimento no sistema pode ser feita sem se entender como o sistema o usará; simplesmente adiciona-se uma regra nova para responder às circunstâncias em que o desempenho do sistema é deficiente. A fraqueza é o tempo adicional de procura ocasionado pelo aumento do número de regras.

## **5.2.5 Resolvendo problemas de construção e manutenção dos SEL**

### **5.2.5.1 Conflitos entre normas**

O Direito tem como função regular o comportamento e o faz definindo obrigações e de uma forma geral, para todas as situações. Se houver situações especiais (uma subclasse) então deve haver uma estrutura legal de exceção que as exclui da regra geral. Toda permissão é exceção de proibições ou obrigações; a proibição pode ser exceção de uma obrigação e vice versa.

O modo mais comum apresentado pelo próprio Sistema Jurídico de analisar argumentos conflitantes é escolher algum princípio de resolução de conflito (ver página 210), como da especificidade, o princípio mais tradicional em SEL. Isto é feito, basicamente, preferindo-se uma das regras contraditórias, a especial sobre a geral, e separando-se ou não as regras em dois níveis, o de aplicação e o de controle. Nos dois casos existe uma estrutura de exceção que se baseia na noção de especificidade. Além disso, se a regra A é mais específica que B então A é um subtipo de B, ou seja, existe também a noção de subsunção. A regra B é mais geral que A e por isso se aplica a mais de uma situação.

Contudo, nem todas as inconsistências podem ser encontradas nos textos legais de forma direta, bem como nem todo conhecimento usado para eliminá-las. Além do mais, diferentes interpretações podem produzir conflitos. Isto exige conhecimento e um esquema adicional sobre o problema.

---

<sup>269</sup> TYREE, Alan L. Finder: an expert system. S/d.

É o caso da necessidade de uma arquitetura multinível<sup>270</sup> que permite distinguir o conhecimento básico que concerne ao campo a ser modelado (objeto), e o conhecimento que regula as escolhas relativas àquele nível de objeto (meta objeto). As regras de nível inferior são chamadas de substantivas ou primárias e são relativas às ações que são tomadas no mundo. As de nível superior são as regras secundárias. Sem essa estrutura não é possível incorporar mais de uma interpretação mantendo a consistência da Base de Conhecimento.

Esta é uma maneira de representação em que os aspectos declarativos e procedimentais estão separados permitindo uma representação mais profunda e mais articulada. Os aspectos procedimentais são preocupação das regras de meta conhecimento. Se as regras objetos têm como função dar um conjunto de resposta que abarque todas as possibilidades, então as regras de nível superior determinam quais destas possíveis respostas vão ser computadas de fato, e em qual ordem, garantindo-se, assim, coerência. Além disso, elas se limitam apenas a um subconjunto coerente de regras primárias que correspondem a um ponto de vista legal particular ou a um estilo de interpretação. Isto, contudo, não impede que possam fazer abstrações que reflitam conclusões ideais a partir de um conhecimento objeto.

Estas definições podem ser representadas de modo explícito<sup>271</sup> criando-se uma regra ou um predicado que afirma ser um elemento mais específico que outro ou um texto legal não aplicável em determinada situação ou de modo indireto<sup>272</sup>, quando essas afirmações ou restrições são tiradas a partir do processo de inferência. Além disso, podem ser determinadas através de meios puramente sintáticos como o número de condições no antecedente da regra, ou pelo número de variáveis não instanciadas, ou por algum tipo de hierarquia. Esta é uma solução pragmática e *ad hoc*. Por exemplo, num sistema de produção, cada regra pode ser

---

<sup>270</sup> POULIN, Daniel. Legal interpretation in expert systems. 1993.

<sup>271</sup> VISSER, P R S. Reasoning about definitions in statutes. 1991.

marcada com uma etiqueta que diz qual regra particular de interpretação justifica sua inclusão na Base de Conhecimento. Etiquetas adicionais de prioridade, como uma referência para a provisão estatutária correspondente, podem expressar quão firmemente esta interpretação pode ser sustentada.

### 5.2.5.2 Indeterminação semântica do Direito

Como demonstrado anteriormente (ver página 201) os problemas semânticos do Direito decorrem do fato que o mesmo é embutido em contexto social e político e que uma interpretação adequada de qualquer regra requer que esta seja localizada em um corpo complexo de suposições. Neste sentido MINSKY<sup>273</sup> notou que qualquer comportamento inteligente pressupõe uma base de práticas e instituições culturais que devem ser modeladas. Desde que se busque um progressivo refinamento das definições e categorias legais, tecendo-se uma rede semântica mais elaborada, a textura aberta do Direito pode ser controlada ao ponto de ser computacionalmente tratável. HART<sup>274</sup> sugere que esses termos gerais devem ter um conjunto de instâncias padrão sobre as quais nenhuma dúvida é sentida em sua aplicação. Os SEL, então, devem construir um sistema de classificação, de forma que o processo de casamento de padrões pode ter lugar.

Em termos básicos, a construção de um SEL envolve a identificação das normas legais, dos textos legais e a sua expressão como regras formais. Dessa maneira, nas inferências do sistema há símbolos e estes símbolos têm só um único significado. Isto não quer dizer que termos ambíguos ou vagos não possam ser utilizados pelo sistema e a sua interpretação possa ser deixada ao usuário ou apresentados na consequência final de um conjunto de regras. Note-se que os termos difusos são conceitos que requerem a observação direta dos fatos e podem

---

<sup>272</sup> PRAKKEN, Henry. A tool in modelling disagreement in law: preferring the most specific argument. 1991.

<sup>273</sup> GREINKE, Andrew. Legal expert systems: a humanistic critique of mechanical. 1992.

<sup>274</sup> HART, H. L. A. O conceito de Direito. 1975.

ser especificados através de decisões tomadas em casos individuais<sup>275</sup>. Manipular tais conceitos pode requerer sub-sistemas separáveis dentro da Base de Conhecimento.

### 5.2.5.3 Mudanças das fontes jurídicas

O uso rotineiro dos SEL é dificultado pela necessidade constante de manutenção dos sistemas. No Direito isto é ainda mais relevante na medida em que uma de suas características fundamentais é a mudança cada vez mais constante de seus estatutos, especialmente áreas como a legislação tributária e social. Isto provê um desafio adicional ao projeto de sistemas especialistas.

O projeto de um sistema computadorizado normalmente requer que os procedimentos a serem informatizados sejam relativamente estáveis. Por este motivo os SEL são formalizados para corresponder a seções individuais de um estatuto e para representar conhecimento heurístico que facilite a solução de problemas que envolvem aquelas seções. A atualização da compreensão das normas legais exige várias técnicas que vão desde o recurso a regras gerais de interpretação e também a elementos de bom senso até o uso de regras específicas a um campo. São essas técnicas que devem ser expressas naquele conhecimento heurístico.

O problema fundamental da mudança no interior das fontes jurídicas e conseqüente necessidade da alteração da Base de Conhecimento é como revisar essa base. Modificar uma Base de Conhecimento é mais fácil que modificar um programa em que as regras são representadas implicitamente<sup>276</sup>. Isto não significa que aquela modificação seja simples. Há várias maneiras não muito uniformizadas para enfrentar o problema e por isso é necessário definir critérios para escolher qual a melhor, tendo em vista o formalismo adotado para construir a Base de Conhecimento e o domínio. Nota-se que os sistemas mais complexos em termos

---

<sup>275</sup> BRATLEY, Paul. Coping with change. 1991.

<sup>276</sup> McLAUGHLIN, Lynn A. Are expert system rules really easier to modify? 1994.

de representação do conhecimento são os mais difíceis de serem modificados na medida em que as próprias regras não primárias já não podem ser alteradas facilmente. Naturalmente, a estrutura e regras básicas de qualquer sistema são intocáveis. Não é possível erigir um sistema que permita uma mudança radical na Base de Conhecimento.

#### **5.2.5.4 Soluções encontradas através do isomorfismo e da modularidade**

Afirma-se que o ideal seria representar o conhecimento o mais próximo possível da linguagem natural, o que pode facilitar a compreensão do sistema, bem como a sua modificação. Esta é a idéia central do formalismo que busca a construção de sistemas isomórficos e modulares. São aqueles que diferem na significação concreta dos termos a serem formalizados já que o processo de representação é de fato uma reformulação completa ou uma reconstrução, racional, do objeto representado<sup>277</sup>, mas possuem a mesma estrutura lógico formal do código de origem. *Isomorfismo e modularidade são conceitos complementares.*

O isomorfismo nos SEL tira proveito do formalismo inerente em textos legais, seguindo as fontes legais tão de perto quanto possível. Os artigos são traduzidos em regras, em proposições muito próximas ao texto legal, como na situação em que uma unidade de fonte é formalizada em uma unidade na Base de Conhecimento. De outra forma, a própria estrutura do texto pode ser imitada através de uma estrutura orientada a objetos. Uma unidade de fonte quer dizer a menor unidade identificável da fonte da qual uma regra pode ser extraída. Em geral estas unidades são um artigo ou parte dele ou mesmo uma seção ou subseção de uma norma. Por uma unidade na Base de Conhecimento entende-se uma implicação material ou equivalência que podem ser armazenadas em uma regra de produção ou num método ou função.

Isto quer dizer que é respeitada a estrutura dos textos, buscando-se a correspondência íntima entre artigos no texto legal e regras e a estrutura na Base

---

<sup>277</sup> SUSSKIND, Richard E. Expert systems in law: a jurisprudential inquiry. 1987.

de Conhecimento. É neste momento que estruturas mal formuladas de legislação são encontradas e que, dependendo do problema pode ter sua estrutura respeitada.

As vantagens<sup>278</sup> são de que no desenvolvimento impõe-se uma disciplina relativamente fácil para seguir; na validação, as regras são verificadas sistematicamente; na manutenção, quando a lei muda, são facilitadas as mudanças que devem ser feitas na Base de Conhecimento; para o usuário também fica mais fácil seguir a cadeia de raciocínio realizada pelo sistema. Contudo, a representação é necessariamente complexa na medida em que precisa também modelar as contradições e distinções metalógicas do domínio.

Sistemas que utilizam a lógica clássica diminuem o isomorfismo pois exigem um modelo fechado de uma realidade que geralmente não o é. Há sempre a possibilidade de que informação adicional seja introduzida, agora ou no futuro. Contudo, pragmática e computacionalmente um sistema monótono é mais fidedigno e rápido, na medida em que pode fazer uso de métodos de inferência locais mais eficientes, em que a prova feita a partir de uma parte da Base de Conhecimento conta para a base inteira, já que informação nova não pode invalidá-la. Porém é mais simplista, não permitindo informações contraditórias, como o fazem os sistemas não monótonos.

No raciocínio não monótono (ver página 94) as conclusões iniciais podem fracassar para derivar outras conclusões. Para sua implementação, primeiro, há a necessidade da separação entre as regras gerais e as exceções. Segundo, toda Base de Conhecimento deve ter uma cláusula de aplicabilidade, de nível superior, que resolva os conflitos.

As técnicas que introduzem não monotonicidade aos sistemas são a utilização do critério de especificidade, de prioridades ou de regras por falta. A definição de prioridades possui uma sintaxe mais simples, além de ser o modo mais natural para lidar com exceções separadas. Contudo, os métodos não

---

<sup>278</sup> POULIN, Daniel. Legal interpretation in expert systems. 1993.

monótonos de prova são necessariamente globais e mais complexos, já que nova informação pode invalidar qualquer conclusão anterior. Essa nova informação pode ser encontrada em parte na Base de Conhecimento ou em uma regra mais específica ou situada num nível mais alto da Base de Conhecimento.

Obviamente, métodos globais são menos eficientes que os locais, o que caracteriza a intratabilidade computacional do raciocínio não monótono. Contudo, o Direito, sendo um domínio que possui situações de exceção e de conflitos de regras, é um campo que exige esse tipo de formalismo. A intratabilidade dos formalismos é causada pela intratabilidade dos problemas<sup>279</sup>. Dessa forma, métodos que aumentam o isomorfismo, como os não monótonos, diminuem a eficiência computacional.

A grande vantagem dos formalismos não monótonos em termos de resposta do sistema é a habilidade para tirar conclusões a partir de informação incompleta, seja quando não é apropriado pedir ao usuário a informação que falta, seja quando o usuário não tem condições de oferecê-la. Em termos de construção do sistema auxilia o engenheiro de conhecimento, principalmente, na sua validação e manutenção, já que permite representar isomórfica e modularmente o domínio.

A modularidade é um outro aspecto do processo de formalização do conhecimento muito próximo ao isomorfismo. Significa que cada unidade de fonte é formalizada independentemente do resto do domínio. Há momentos em que ocorrem violações de isomorfismo, com conseqüências na modularidade, dificultando a solução de conflitos entre normas e muitas vezes, os criando. Um deles é quando uma unidade de fonte é formalizada em mais unidades de Base de Conhecimento. Outro quando uma unidade de Base de Conhecimento contém conceitos de mais unidades de fonte, a menos que a unidade de fonte o faça. Na maioria das vezes os sistemas ficam diante da segunda situação.

---

<sup>279</sup> ETHERINGTON, D W. Reasoning with incomplete information. 1988.

Em um nível mais amplo essas unidades são domínios bem particulares. A construção desses módulos exige uma interface entre eles que elimina a necessidade de projetar um SEL completo para cada novo domínio. Basta integrá-los. Porém, este processo nem sempre é fácil. Quando há situações de conflitos entre normas em que o legislador não diz explicitamente qual delas é válida, as exceções ou as prioridades têm que ser definidas pelo engenheiro de conhecimento jurídico, que deve ter uma consciência global de todas as possíveis interações. Isto é possível já que o Sistema Jurídico que interessa diretamente àquele engenheiro é o sistema posto pelo Estado, dogmático e com pretensões de completude, consistência e por conseguinte, de uma linguagem unívoca.

O isomorfismo é um aspecto do resultado do processo de formalização e é o melhor modo de estruturar o conhecimento das leis<sup>280</sup>. Mesmo assim, um isomorfismo completo ainda tem sido uma meta não obtível, sem contar que, para ser suficientemente expressivo, pede um formalismo que perde em tratabilidade computacional. Neste caso, encontrar um meio termo é fundamental e passa pela utilização de sistemas híbridos, nem tanto isomórficos, nem tanto intratáveis. Para tanto, um caminho novo para formalização do conhecimento legal, em termos isomórficos, é a adoção conjunta ao modelo de regras da metodologia da programação orientada a objetos.

### **5.2.6 Presente e futuro dos Sistemas Especialistas Legais**

A construção de um SEL deve ser um processo cíclico que garante gradualidade e correção do produto final. Envolve uma série de tarefas importantes e problemáticas tais como a definição de uma interface apropriada para a linguagem natural e para a linguagem técnica do Direito, a representação do conhecimento jurídico e a construção das regras para obter as inferências/conclusões, o que exige tempo e dinheiro para criá-lo e mantê-lo. Em contrapartida permite analisar a natureza e estrutura do conhecimento legal.

---

<sup>280</sup> PRAKKEN, Henry. Isomorphic models for rules and exceptions in legislation. 1991.



Começando pela representação do conhecimento jurídico, a maioria dos SEL tem nas regras de produção o formalismo mais usado. A lógica de primeira ordem, por sua vez, é o formalismo mais natural de linguagem de representação e tem-se obtido bons resultados com o seu uso nos SEL. Por isso o PROLOG tem sido amplamente utilizado como linguagem de programação, sem contudo ser utilizada a lógica deôntica.

A grande constatação é a de que existem poucos SEL desenvolvidos ou em desenvolvimento no mundo que não utilizam regras de produção para a representação do conhecimento. No Brasil não há notícias nem do desenvolvimento de qualquer tipo de SEL. A pergunta que surge é o por que de não haver mais juristas envolvidos em projetos de construção de SEL, tendo em vista que as novas tecnologias disponíveis facilitaram essa tarefa. As principais razões para isso são:

1. As normas em geral estão em constante revisão, o que exige uma constante manutenção do sistema. Disto decorre o encarecimento do projeto. A longo prazo, contudo, é mais fácil e barato atualizar uma parte do SEL do que fazer com que um universo grande de operadores sejam treinados em prazo reduzido.
2. A maioria dos juristas não acredita nos benefícios dos SEL;
3. Muitas bases de dados não inteligentes estão disponíveis e conseguem responder as exigências de informação aos operadores do Direito;
4. SEL em domínios isolados e que forneçam apenas um cenário jurídico ajudam pouco. Há a necessidade de integração com vários domínios bem como com outros sistemas de tomada de decisão baseados em conhecimento.

Esta situação, contudo, tende a se modificar, na medida da própria evolução dos sistemas e do aumento da consciência de sua eficácia prática. Dessa forma, pode-se vislumbrar uma série de fases da utilização<sup>281</sup> dos SEL bem como um aprofundamento em seu desenvolvimento, levando-se sempre em conta que

---

<sup>281</sup> TYREE, Alan L. Will justice fall to bits?. s/d.

existem limitações atuais de tecnologia de computador que dificultam a sua construção. No futuro, porém, poderão ser superadas estas limitações.

Em uma fase menos complexa de desenvolvimento os SEL darão conselhos ou informações descritivas do Direito tanto à população em geral como aos profissionais em áreas em que não estão atualizados. Neste papel eles não são muito diferentes dos textos de referência e não substituem o operador do Direito. São sistemas mais abrangentes, cuja referência básica é a legislação e que, tendo em vista seu uso geral, podem ser utilizados através de redes de computadores. O protótipo construído procura realizar esta tarefa.

Em uma fase seguinte os SEL serão parte de verdadeiros sistemas de apoio à decisão. Passarão a dar conselhos a usuários especializados em outras áreas, mas que precisam tomar decisões legais em alguma área bem definida ou a operadores do Direito não especializados. Em seguida os sistemas estarão diretamente disponíveis aos usuários em geral, dando conselhos comparáveis aos de um profissional. Nestes dois níveis os sistemas começam a ter um efeito financeiro significativo.

Finalmente, para que os SEL sejam usados para solucionar diretamente as disputas entre as partes, seria necessário uma regulamentação normativa e o apoio da comunidade em geral, já que as condições técnicas se realizaram na fase anterior.

Se apenas o desempenho geral dos sistemas fosse levado em consideração, dificilmente qualquer SE chegaria às últimas fases, substituindo profissionais da área. Neste aspecto o ser humano é relativamente superior, mas há os custos que em uma sociedade de massas fazem grande diferença, desde os custos não apenas decorrentes de fatores econômicos, mas da falta ou demora na solução dos conflitos, na falta de distinção pelo sistema dos problemas fáceis dos difíceis, tudo isto levando a uma situação em que são esquecidos os fatores humanísticos nos quais o Direito está assentado e impedem o acesso aos tribunais de uma porção significativa dos cidadãos. Apesar das dificuldades, os SEL são

uma solução que não se encontra entre a escolha dicotômica entre o conselho de um especialista humano e o conselho de uma máquina, mas entre a justiça computadorizada e nenhuma justiça. A tecnologia surge aqui como uma ferramenta que acelera a humanização do Direito e não o contrário. Para tanto, é preciso manter um grau mínimo de qualidade das decisões e aumentar a facilidade de acesso. Difícil é fugir daquele binômio.

Dessa forma, o controle de qualidade se torna o problema principal: como estabelecer um padrão mínimo de competência? De qualquer forma um SEL de baixa qualidade vai dar conselhos tão ruins quanto um profissional de igual quilate. Contudo, os conselhos dados pelos sistemas devem ser de alta qualidade, o que está diretamente relacionado à atualização dos programas e a sua capacidade de justificação. Velhos e novos formalismos de representação estão disponíveis para facilitar a construção e manutenção dos sistemas. As velhas regras de produção são extensamente conhecidas e provêm um método muito prático de programação facilitando a modificação da Base de Conhecimento. Porém, a interação das regras é opaca e a avaliação do sistema é difícil. A interpretação dos estatutos legais é um processo de raciocínio que envolve a aplicação de regras de interpretação difíceis de serem expressadas diretamente em um sistema de regras de produção. Por isso é preciso utilizar outras formas de representação do conhecimento, conjuntamente, montando-se um esquema de representação mais sofisticado.

A inteligência emerge da interação de inúmeras unidades de processo simples e vai além das complexas estruturas baseadas em regras. Por isso a necessidade de integrar novas técnicas em que a representação do conhecimento esteja mais próximo do raciocínio humano. Por outro lado, regras legais são mais formais que regras de comportamento. No momento da solução de conflitos, contudo, há a inter-conexão entre os processos sociais e legais. Uma aproximação híbrida envolvendo Sistemas Baseados em Regras e casos incluiria informações mais sensíveis ao contexto e assim mais úteis na tomada de decisão. Um modelo

híbrido em que existe uma base de regras de representação de textos legais e uma base de exemplos, provê uma valiosa avaliação de consistência e manutenção. Na medida em que a inferência de cada base indica resultados diferentes, um caso claramente difícil para o sistema, pode haver a substituição do exemplo da base pelo caso proposto pelo usuário.

Seria evidentemente um caso difícil aquele cujo sistema falha em produzir uma solução ao problema proposto. Neste sentido, boa parte dos futuros SEL serão plenamente capazes de resolver casos relativamente fáceis para um perito, mas que são difíceis para não peritos<sup>282</sup>. Evidentemente, os casos difíceis até para os especialistas poderão ser tratados desde que devidamente representados num processo de permanente atualização do sistema.

Na medida em que aquelas técnicas sejam implementadas é possível dar ao usuário um poder de influência nos resultados finais apresentados pelo sistema, sem contudo deixar de demarcar as possíveis modificações. Além dessa avaliação da qualidade dos sistemas pelo interessado mais direto nos resultados do sistema, é fundamental o estabelecimento de alguma forma de licenciamento do sistema<sup>283</sup>, de forma que teriam o mesmo tratamento dos peritos humanos.

Os vários níveis de complexidade dos SEL acima citados definem uma linha de evolução que está imersa a toda uma tecnologia da informação que envolve as pessoas consideradas individualmente ou participantes das organizações. Se no início os sistemas de informação estavam baseados no conceito de base de dados e depois expandiu-se através das bases de conhecimento, mais recentemente as técnicas de comunicação e a noção de agentes inteligentes permitem modelar a comunicação entre Sistemas Baseados em Conhecimento. Uma série de tarefas, desde um pedido de conselho por parte de uma comunidade de usuários isolados, até a transmissão automática de ordens entre organizações legais poderiam ser enviadas e recebidas através de uma rede,

---

<sup>282</sup> SUSSKIND, Richard E. Latent damage law - the expert system. 1988.

<sup>283</sup> TYREE, Alan L. Will justice fall to bits?. s/d.

por exemplo usando-se a *Internet*, e processadas pelos agentes legais que participam do sistema.

As organizações legais se caracterizam pela necessidade de gerenciar conhecimento distribuído, solução de problemas, recursos e responsabilidades<sup>284</sup>. Nestas organizações a cooperação tem que ser administrada no sentido de realizar diversas tarefas. Os SEL devem fazer parte desse processo, naquilo que faz melhor, decidir sobre o mérito de questões legais. É preciso que atuem em domínios específicos, mas integrados a outros módulos, de tal forma que façam parte de uma rede de caráter geral de apoio à tomada de decisão legal.

Os SE em geral tem como característica básica a produção de uma conclusão final que possa definir claramente qual a decisão tomar, tanto por parte de um executor humano como automaticamente. No Direito essa possibilidade fica muito restrita. Note-se que o produto mais importante dos SEL não é a conclusão final, mas as justificativas que podem ser dadas a ela. Além disso, o sistema pode trazer mais de uma conclusão, de um conselho. Dessa forma, fica evidente que no Direito, mais que em outras áreas, os SE possuem mais um caráter de apoio à decisão do que de tomada de decisão propriamente dita.

---

<sup>284</sup> HEESSEN, Constantin. Laca: An architecture for legal agents. s/d.

Sistemas de processamento de transações	Meados dos anos 50
Sistemas de informação gerencial	1960
Automação de escritórios	1970
Sistemas de suporte à decisão	1970
Sistemas de informação para executivos	1980
Sistemas Especialistas	1980
Redes neuronais artificiais	1990

**Tabela 37 - Evolução dos sistemas de apoio à decisão e correlatos<sup>285</sup>**

Sistemas de apoio à decisão são ferramentas interativas de pesquisa em que assistentes, agentes ou sistemas inteligentes apoiam ou auxiliam os peritos humanos a tomar decisões. De outra forma, são sistemas que *combinam os*

*recursos intelectuais de indivíduos com a capacidade do computador para melhorar a qualidade de decisões.*<sup>286</sup> Isto significa que estão mais próximos de situações reais de gerenciamento marcadas pela sobrecarga cognitiva, isto é, estado em que o agente não tem condições de decidir adequadamente, tamanho o número de dados ou a sua falta, a necessidade de informações precisas e atualizadas em curto espaço de tempo e porque não, a necessidade de redução de custos. Neste caso há a necessidade de sistemas que auxiliem.

Vê-se que o contexto acima referido é o organizacional, no qual o objetivo de base é otimizar o gerenciamento de informações, isto é, o processo pelo qual a organização mobiliza e aloca os recursos disponíveis para atingir as metas organizacionais. São diversas as tarefas que devem ser realizadas para tal, desde propiciar uma interface amigável que permita um manuseio rápido e efetivo das informações, até filtrar, comprimir e tratar as informações, facilitar a identificação das tendências, ameaças e oportunidades e dar acesso a diferentes níveis de agregação. Entre os recursos tecnológicos disponíveis para tal estão os SEL, e como tal, são de outra maneira considerados sistemas de apoio à decisão.

<sup>285</sup> TURBAIN, E. Decision support systems and expert systems. 1995.

<sup>286</sup> TURBAIN, E. Decision support systems and expert systems. 1995.

A aplicação de um SEL na construção de um sistema de apoio integrado se justificaria porque permite tratar convenientemente tanto informações de natureza objetiva, textuais e numéricas, quanto subjetiva como a capacidade de julgamento e intuição. Além disso pode auxiliar na estruturação, síntese e análise dos dados e na definição das ações a tomar pelo sistema. Contudo, como acima afirmado, os SEL apresentam limitações no tratamento de problemas de elevada complexidade computacional e comportamental, o que exige uma integração com outros sistemas de apoio à decisão. Além do poder de explanação das regras de produção e de uma boa interface, o SEL deve possuir uma capacidade de orientação a objetos, cuja filosofia facilita o processo de inferência, mas especialmente a integração entre os diversos módulos.

### **5.2.7 Uma nova epistemologia para o Direito**

Para o mundo jurídico a consequência prática do desenvolvimento e aplicação dos SEL são basicamente quatro:

1. acúmulo de experiências e conseqüente integração dos SEL construídos em módulos;
2. a partir desta integração, uma maior preocupação com todo o conhecimento jurídico;
3. aprimoramento e diferenciação dos níveis de ajuda exigidos pelos operadores jurídicos, bem como clara definição do perfil do especialista que se deseja representar;
4. explicitação dos conhecimentos que geralmente são implícitos na argumentação do jurista, ou seja, dos conhecimentos heurísticos do jurista.

A introdução de tecnologia de informação muda a natureza da prática jurisdicional permitindo que o jurista possa se concentrar sobre os problemas do tipo criativo, sobre os valores do Direito, deixando para a máquina as tarefas quotidianas e mecânicas. Dessa forma, a busca de implementação do Direito em computador conduz a um interesse metodológico interdisciplinar em que conteúdo e forma se põem como tese e antítese. A automação legal exigiria novos métodos

de pesquisa legal e revelaria as forças e as fraquezas do pensamento jurídico, permitindo o desenvolvimento de uma nova Ciência Jurídica. Esta procura impor ordem ao Direito reconstruindo-o em um corpo de regras estruturado, interconectado, coerente e simples, obtendo consenso em assuntos relevantes e buscando imparcialidade<sup>287</sup>. A tarefa é transformar indeterminação aparente em uma estrutura governada por regras, mas ainda insuficientes para a tomada de decisões.

Ao lado dessa busca de uma teoria do Direito mais competente está num mesmo grau de importância a preocupação com modelos nos quais são levadas em conta as condições computacionais de sua representação. Isto permite eliminar a necessidade de estudo extenso da teoria legal já que está orientada para modelos computacionais. Essa uniformização do Direito de imediato auxiliaria na tarefa de encontrar inconsistências e imperfeições nas normas. É provável que um SEL de peso contribua mais com a ciência do Direito que ao contrário. Note-se que a IA tem muitos modelos (capacidade de explicação), mas não teorias. Esta capacidade agregaria ao Direito, que tem muitas teorias, mas são contraditórias e prescritivas<sup>288</sup>, um poder de análise antes impraticável. Por exemplo, no Direito Internacional problemas legais poderiam ser resolvidos, rápida e inteligentemente, permitindo uma comparação com os sistemas legais locais, e revolucionando o estudo do Direito Comparado<sup>289</sup>. Poderiam ser avaliadas várias explicações eruditas do caso buscando a sua validade lógica e a sua conveniência pragmática.

Outra forma de contribuição surge quando através dos SEL é possível focar mais claramente estratégias de litígio sobre as quais os sistemas fazem inferências e não sobre o Direito propriamente dito. Nesse sentido, os procedimentos de inferência são extensões ao cálculo e ao planejamento e a

---

<sup>287</sup> SUSSKIND, Richard E. Expert systems in law. 1987.

<sup>288</sup> SMITH, J C. An introduction to artificial intelligence and law: or, can machines be made to think like lawyers?. s/d.

<sup>289</sup> KAGAYAMA, Shigeru. The rational basis for the development of a legal expert system. s/d.



informação contida em tais sistemas pode constituir num recurso importante para a sociologia, como o estudo das decisões dos juizes. Seria uma jurismetria, uma versão legal de econometria.

Contudo, a construção de um SEL não se constitui somente num exercício de programação, mas requer sólido e articulado fundamento jurídico, o que nem sempre foi levado em conta pelos engenheiros de conhecimento. Estes, por mais que se exercitem, não conseguem deixar de impor as próprias interpretações. Em conseqüência parece ser razoável afirmar que, havendo condições técnicas, é preferível que o operador do Direito seja o próprio engenheiro de conhecimento.

## 6. SISTEMA ESPECIALISTA PROPOSTO

O objetivo neste capítulo é apresentar o protótipo desenvolvido, discutindo-se as escolhas adotadas, como o domínio do Direito Penal e a tarefa de enquadramento ou tipificação criminal. A questão base que o SEL proposto deve responder é a seguinte: os fatos apresentados pelo usuário constituem crime de acordo com a lei penal brasileira?

### 6.1 Sistema e linguagem utilizados

Para a implementação do protótipo utilizou-se o ambiente de SE chamado KAPPA cuja linguagem é baseada em C e está organizada em uma série de comandos de alto nível que facilitam o seu uso. Disponibiliza ambientes de desenvolvimento interativo com janelas e interfaces gráficas que facilitam a construção do sistema. As estruturas de representação em quadros e em regras de produção que, combinam em seus mais diversos elementos as conexões OR, AND e NOT, permitem a construção de complexos enunciados de natureza simbólica.

O KAPPA hierarquiza seus objetos por especialização, em que as subclasses são objetos *é tipo de* ou *é instância de* em relação à classe; não se realiza através da relação de herança de atributos mas através da relação entre objetos; geladeiras e congeladores são subclasse de equipamentos de refrigeração. Além disso, é possível inter-relacionar elementos associando objetos de tal forma que possa ser possível também fazer agregação e associação (ver página 174).

Todo código de programação é salvo em formato texto, o que facilita sua visualização e mesmo modificação, mas exige a presença do interpretador. Dessa forma, não produz um arquivo executável.

### 6.2 Domínio do conhecimento: Direito Penal

A escolha do Direito Penal para o domínio de representação foi feita basicamente por ser uma das especialidades do Direito cuja força da lei é fundamental, não admitindo circunstâncias que não estejam nela descritos. O Direito Penal tem como base a necessária tipificação dos casos, isto é, devido ao

princípio da legalidade, só há efeitos jurídicos se existir norma incluída dentro do corpo de regras legais.

Exatamente por esta característica, possui uma racionalidade até mais aprimorada que outras especialidades. Os conteúdos destas regras são limitados e relativamente padronizados, e não estão freqüentemente propensas a exceções. Naturalmente, as exceções às regras gerais existem, como os casos de inimputabilidade<sup>290</sup>, o estado de necessidade<sup>291</sup> e a legítima defesa<sup>292</sup>, apresentados pelo Código Penal.

Há uma estrutura geral hierarquizada, dividida em títulos, capítulos e seções. A partir dessas divisões, cada modalidade legal é expressa, geralmente, em artigos separadamente, nos quais a classificação dos atos criminosos é feita de modo autônomo através da vinculação de uma sanção a cada violação proibida.

### 6.3 Tarefa: enquadramento legal

Os SEL podem representar uma série de tarefas como enquadramento, tomada de decisões, aconselhamento (predizer as possíveis decisões), argumentação (persuadir quem decide para fazê-lo a favor do cliente), o que permite usos diferentes do sistema. A tarefa de enquadramento legal de uma situação é o primeiro passo para as demais e pode ser perfeitamente implementada em computador. Ademais, não deixa de ser uma forma de classificação que pode ser denotada do próprio texto legal.

---

<sup>290</sup> Art. 26 - *É isento de pena o agente que, por doença mental ou desenvolvimento mental incompleto ou retardado, era, ao tempo da ação ou da omissão, inteiramente incapaz de entender o caráter ilícito do fato ou de determinar-se de acordo com esse entendimento.*

Art. 27 - *Os menores de 18 (dezoito) anos são penalmente inimputáveis, ficando sujeitos às normas estabelecidas na legislação especial.*

<sup>291</sup> Art. 24 - *Considera-se em estado de necessidade quem pratica o fato para salvar de perigo atual, que não provocou por sua vontade, nem podia de outro modo evitar, direito próprio ou alheio, cujo sacrifício, nas circunstâncias, não era razoável exigir-se.*

<sup>292</sup> Art. 25 - *Entende-se em legítima defesa quem, usando moderadamente dos meios necessários, repele injusta agressão, atual ou iminente, a direito seu ou de outrem.*

O enquadramento busca verificar se os fatos descritos consubstancializam uma ofensa e que sanção deve ser definida. É uma classificação ou julgamento determinados através da definição legal, considerando-se as circunstâncias em que ocorrem. As classificações legais dadas pelo Direito estatuído provêm informação e precisão suficientes para a consideração daquelas circunstâncias e são limitadas em termos de informação pertinente para a conclusão final. Além disso, um sistema de enquadramento de informação é formalmente mais descritivo que prescritivo<sup>293</sup>, na medida em que não contém nenhuma direção de como usar a informação em casos particulares. É por isso que para qualquer SEL o ponto de partida na organização e representação da informação deve ser as fontes legais do Direito.

Isto não quer dizer que as fontes legais não representam uma certa discricionariedade do legislador em adotar determinados elementos para definir dada situação. Com certeza esta discricionariedade é bem mais evidente na decisão legal. O ser humano é um processador limitado de informação na medida em que seleciona da informação total sobre dada realidade só os aspectos consistentes com uma dimensão particular eleita, nomeadamente aquela que responde melhor às demandas da prática. É difícil decidir tanto por causa das incertezas como da complexidade do problema em questão. Por isto é necessário restringir a informação para uma dimensão manejável, mesmo que não compreenda toda a realidade, toda verdade. É o que faz o legislador ao construir uma estrutura paradigmática e analítica.

Por exemplo, as tipificações criminais são tipologias ou categorias que não podem refletir todas as ocorrências que acontecem durante um incidente ou uma série de incidentes criminais relacionados. São resultado de uma representação simplificada e normalizada de eventos. O processo de tipificação

---

<sup>293</sup> TATA, Cyrus. Representations of knowledge and discretionary decision-making by decision-support systems: the case of judicial sentencing. 1996.

passa então pela aplicação das regras dentro de um contexto legal formalmente descrito.

A legislação pode ter um maior ou menor grau de flexibilidade para levar em conta circunstâncias individuais. Até mesmo quando é permitida ao juiz uma grande discricão, haverá certas condições que são prescritas na legislação e que devem ser obedecidas. O caso habitual é uma mistura de condições bem definidas com um grau de flexibilidade na interpretação. Nesse sentido, é possível construir um sistema que leve em consideração somente a legislação, desde que um contexto mínimo seja também inserido. A incorporação de perícias, ou seja, conhecimento de como as condições definidas em lei serão interpretadas, é maior quanto mais liberdade de interpretação ou quanto maior for a flexibilidade do sistema.

O enquadramento legal tem como referência uma estrutura. No processo de tipificação criminal primeiro é selecionada a classificação base do crime e depois são levantadas as agravantes ou as atenuantes. Assume-se que um caso pode ser fragmentado em fatores individuais discretos e abstratos, mas no cômputo final todo caso deve ser levado em conta. Quando há mais de um crime cometido pelo mesmo agente registra-se cada um separadamente para depois avaliar as inter-relações de forma holística.

O sistema proposto, mesmo realizando parte do enquadramento dos tipos legais possíveis, é suficiente para demonstrar a realização da tarefa sugerida, sem impedir que seja possível sofisticar a Base de Conhecimento mais adiante.

## **6.4 Base de conhecimento**

### **6.4.1 Representação do conhecimento em objetos**

O formalismo de representação do conhecimento aqui adotado é o modelo orientado a objetos e que permite a construção de modelos complexos de classificação. O ato de classificar exige, evidentemente, a identificação do objeto, isto é, a identificação do significado de seu enunciado em suas diversas aparições, em suas diversas características, necessárias e suficientes. As necessárias

contribuem para caracterizar um objeto como sendo ou não determinado elemento, enquanto que as suficientes são aquelas que caracterizam o objeto simplesmente pelo fato deste possuir determinada propriedade, sendo totalmente irrelevantes as demais.

Não é possível analisar, conhecer e identificar os aspectos relevantes e o significado se não se sabe, exatamente, o objeto que se pretende conhecer. Se o objeto for impreciso, a definição e a classificação certamente também o serão. O Direito, como objeto cultural que é, está impregnado de juízos de valor, o que torna difícil qualquer classificação. Por outro lado, a identificação dos critérios base da classificação é de suma relevância, pois será a partir deles que resultados diferentes serão obtidos. É preciso eleger de maneira precisa os elementos correspondentes às características necessárias e suficientes do objeto.

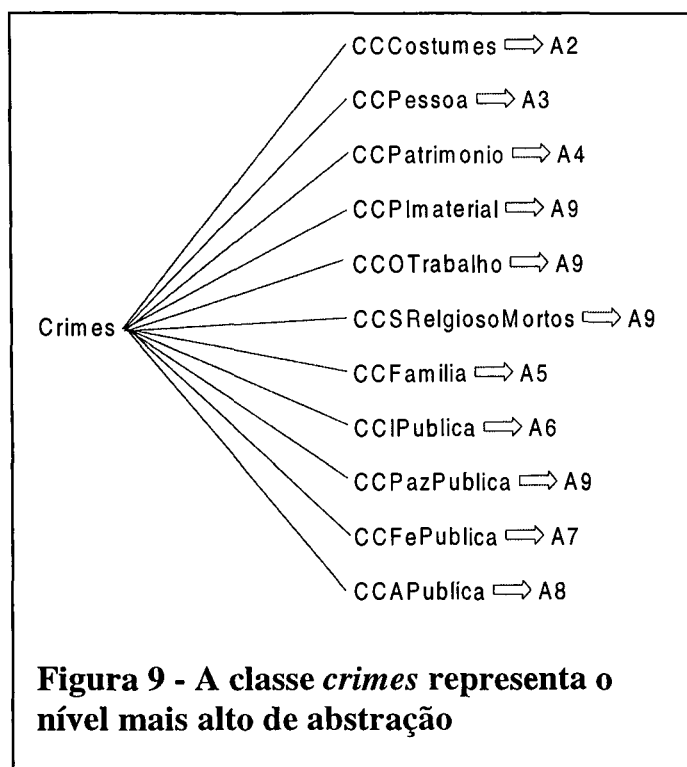
Parece ser razoável entender que a busca pela precisão no mundo jurídico pode se expressar nos textos de leis e seus códigos. Evidentemente, isto não quer dizer que esses textos não contenham imprecisões, uns mais, outros menos. Por isto, a construção de um SEL não deixa de ser uma interpretação pragmática, tantas quantas forem os especialistas que participaram do projeto e auxiliaram na interpretação das classificações trazidas pelos textos legais. Nesse sentido, para cada novo projeto novas classificações e respostas serão produzidas, tendo em vista o sistema de referência tomado.

O projeto aqui proposto defende a hipótese de que é possível retirar dos textos legais classificações ou fazer uma representação hierarquizada de classes do conhecimento legal, mesmo que este se expresse como normas condicionais. Estas podem ser organizadas em função de classes gerais que podem conter outras classes mais especializadas e que descrevem exceções. Este é um processo de categorização (ver página 174) em que há uma definição de uma estrutura hierarquizada de informações que parte de concepções genéricas para mais específicas. Isto é possível pois verifica-se uma regularidade mínima nesses textos e uma natural estruturação do conhecimento aí expresso.

O raciocínio com classes diminui a complexidade do conhecimento na medida em que essas categorias organizam os indivíduos em espécies, classificando-os segundo critérios de similitude e depreciando as diferenças que existam entre eles. Essas generalizações ao agrupar propriedades importantes e similares permitem que não seja necessária a representação separada de cada situação individual, evitando-se assim o uso de muita memória e a necessidade de mais tempo para mantê-lo atualizado.

Dessa forma, propõe-se um modelo de representação legal orientado a objetos que defina estruturas conceituais tipos quadros que representam as entidades conceituais mais importantes do domínio do Direito penal e que são organizadas hierarquicamente em classes e as particularizações de uma determinada classe, as instâncias. Esse mapeamento do Direito Penal em objetos, atributos, valores e ações delimita uma meta linguagem que procura manter a representação isomórfica da estrutura do Código Penal e simplifica a busca pela decisão final durante o processo de percorrer a árvore. Sendo o protótipo um sistema híbrido, ele ainda inclui na Base de Conhecimento parte da representação do conhecimento em regras de produção. O objetivo de um tal modelo ontológico é fornecer uma visão genérica que possua uma estrutura de suporte a múltiplos subdomínios e tarefas legais.

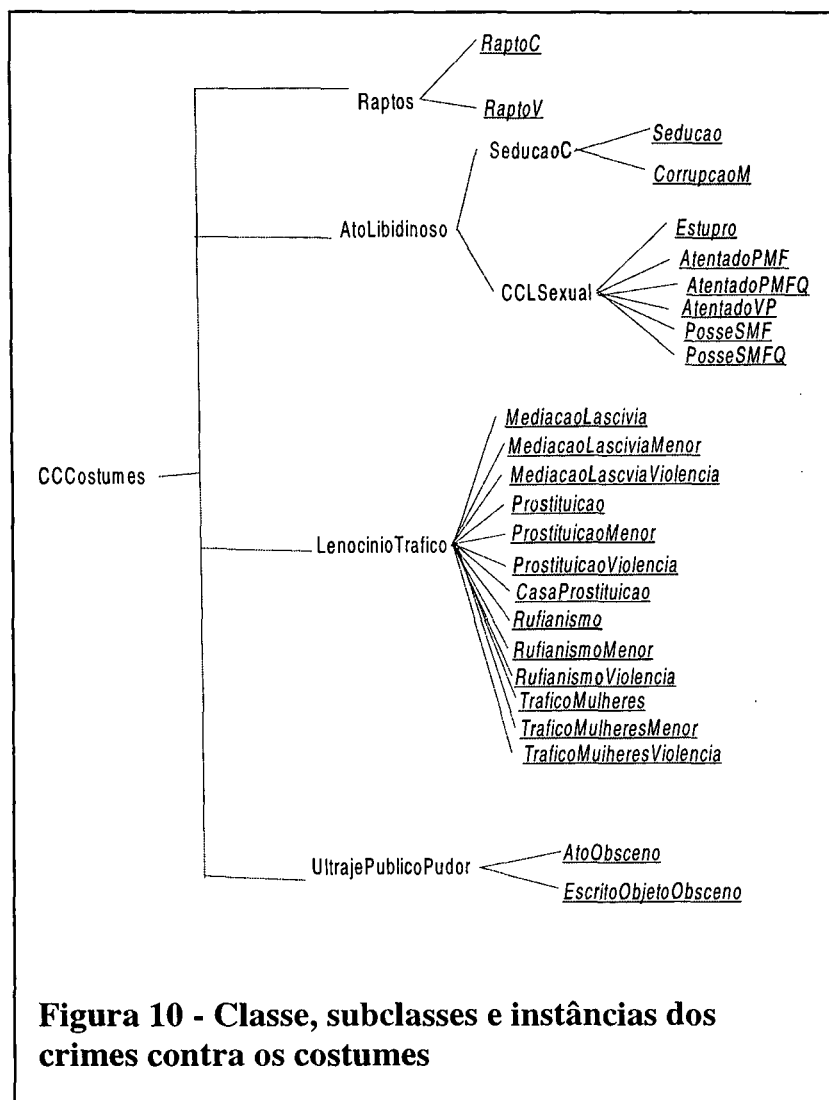
É possível, assim, classificar problemas complexos bem como fatos particulares de um caso, tarefa esta crucial tendo em vista sua característica não dedutiva. A rede de classes e subclasses permite isso constituindo atributos globais que ficam disponíveis em qualquer nó da rede que permite um alto grau de controle sobre a operação e aspecto do sistema. O protótipo tem como base hierárquica a superclasse crimes. Dela partem todas as demais classes e ao final as instâncias.



Segundo essa visão ontológica o Direito pode ser analisado como uma coleção de normas (artigos, parágrafos) expressas em textos legais. Representar o Direito significaria formalizar esses textos analisando sua estrutura, mapeando os diferentes elementos que formam o texto da lei num modelo abstrato, capaz de revelar as relações não explicitadas entre esses elementos.

Procurou-se, dessa forma, definir uma representação mais próxima ao isomorfismo, buscando-se a correspondência direta entre a norma e sua modelagem. Além disso, há uma preocupação com as relações entre elementos de norma. A representação de textos legais em quadros faz mais justiça à riqueza do domínio legal indo além da representação isomórfica, porque não são mantidas as referências originais dos estatutos como uma regra, mas todas as referências pertinentes podem ser representadas. Sem dúvida é uma maneira eficiente e simples de reconstruir a norma, que permite resolver problemas como a incompletude e a falta de clareza dos textos legais.





Contudo, não há uma preocupação direta com o contexto da norma. Ora, uma norma vai além daquilo que pode ser lido na sua formulação em textos de lei, já que nem toda informação relevante está aí representada. Segue-se que boa parte do significado deriva de contexto, o que dificulta qualquer tipo de representação legal.

O enquadramento é uma metodologia de

modelagem indireta que faz uso de uma linguagem intermediária, conceitual, entre os textos legais e sua representação formal. Tem-se que definir quais elementos compõem a norma original e definir quais são realmente relevantes, e até quais podem estar faltando e devem ser reconstruídos. Isto implica que o enquadramento de norma pode ser um graduador importante na determinação do valor e da complexidade da informação. Se uma tradução rende um número grande de quadros, esta poderia ser uma indicação de que o nível de complexidade da formulação é muito alto.

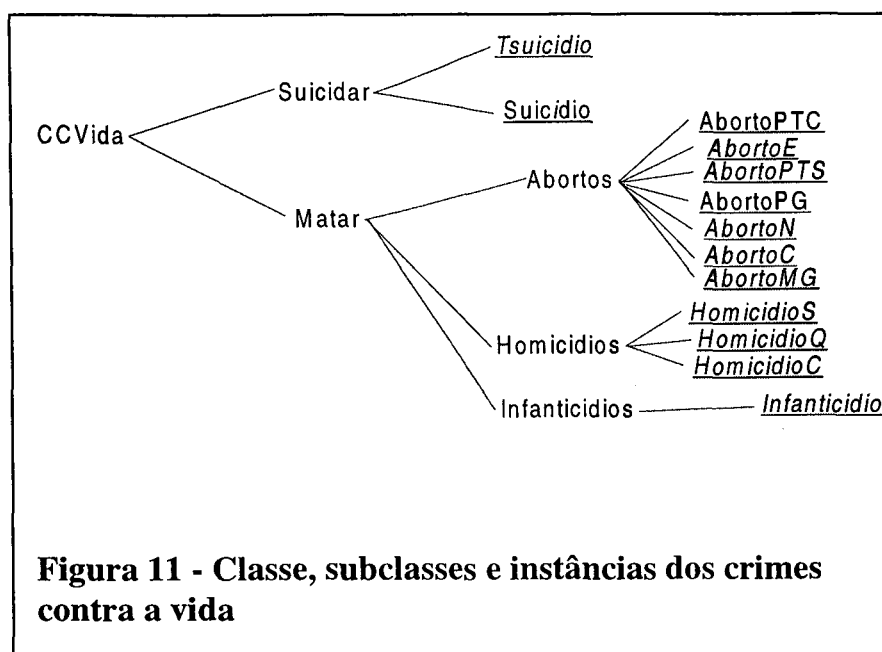
Se a construção desse modelo conduz a problemas, a formulação original da norma é inadequada. Por exemplo, se aplicação do modelo para um

único artigo rende um número grande de quadros, isto seria uma indicação de que, por motivo de clareza ou legibilidade, este artigo deveria ser desmembrado em novos artigos. Além desta função de verificação é possível também determinar se normas podem ser combinadas. Se for possível traduzir, por exemplo, dois artigos em um quadro apenas, é provável que os dois artigos podem ser fundidos e podem ser conduzidos a uma formulação mais eficiente. É o caso do capítulo *do rapto em crimes contra os costumes*, que 3 artigos geram dois quadros (artigos 219, 220 e 221). Dessa forma, as estruturas de quadro podem ser usadas para determinar se a legislação proporciona informação suficiente e por conseguinte, se o modelo legal não deve ser reconsiderado.

O enquadramento de uma norma começa com uma provisão estatutária que contenha o seu núcleo. A construção dos quadros é a organização dos elementos de um texto em entidades coerentes nos quais podem estar fundidos elementos de providências diferentes, ou ao contrário, este quadro ser apenas parte de um texto legal maior. Naturalmente pode haver a coincidência entre elementos legais e quadros de representação. Por outro lado, nem todos os elementos daquele núcleo precisam estar explicitamente presentes. As referências na legislação evitam a repetição ou redundância de informações. Podem ser explícitas, quando apontam a entidades dentro da estrutura de um estatuto (capítulos, seções, artigos, parágrafos) ou implícitas, quando se referem a unificação de termos já definidos em alguma parte do estatuto. A representação por quadros permite referências entre os objetos que constituem o modelo e que podem preservar as referências originais do texto legal.

Definir quantos quadros construir é uma questão relativamente objetiva. Em princípio há uma estrutura geral herdada, organizada a partir do subdomínio escolhido. A partir dessas classes gerais (*CCVida*, *CCCostumes*), para cada nova modalidade legal, expressa geralmente em artigos separadamente, como é o caso do Direito Penal, no qual a classificação dos atos criminosos é feita de modo autônomo através da vinculação de uma sanção a cada violação proibida, um

quadro separado deve ser criado. Da mesma forma ocorre se, ao adicionar uma nova provisão a um quadro, for necessário alterar mais de um atributo (um atributo é valorado ou um valor de um atributo é removido).



Uma classe define todas as características (atributos e comportamento) de todas as instâncias pertencentes a ela. Cada uma das classes possui características próprias que as diferenciam

umas das outras, mas mantém as características mas abstratas das classes superiores. A classe crimes representa o nível mais alto de abstração. As instâncias representam o nível mais concreto, já que refletem exatamente os tipos penais aqui caracterizados fundamentalmente por cada pena possível.

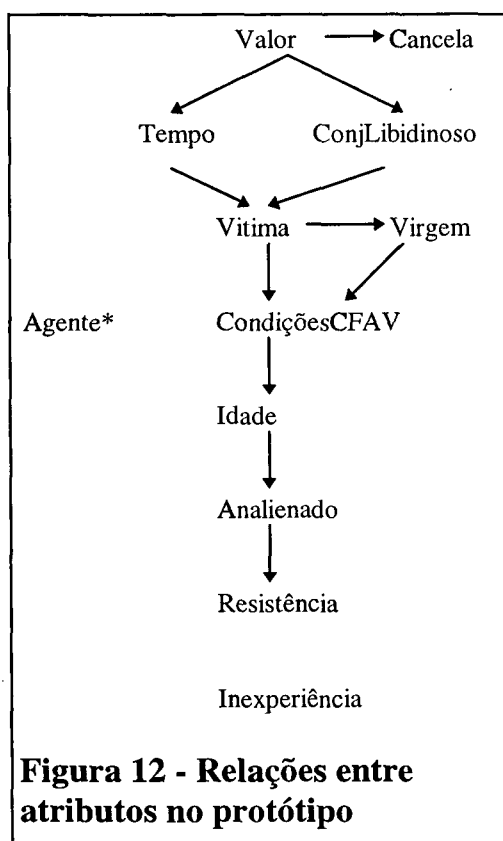
#### 6.4.2 Atributos dos objetos

Todo objeto é uma descrição que inclui um número constante de atributos, e defini-los bem é tarefa fundamental para o sucesso do sistema. Assim, deve-se procurar construir atributos que sejam de tal forma objetivos e abrangentes que facilite a entrada dos dados e sua posterior inferência. Isso exige um trabalho minucioso de representação do engenheiro de conhecimento.

Tendo em vista a representação de todos os objetos, quando de uma dada tipificação, parte dos atributos serão irrelevantes e por isso, podem não ser valorados ou preenchidos. Vinculados a todos eles poderão ser definidos predicados que utilizam operadores [e, ou]. Isto permite combinar informações

quando possível, eliminando-se a estratégia de fracionar toda norma no nível em que nenhum conetivo fosse usado produzindo informação redundante.

Nos atributos as normas são concretamente representadas em suas três manifestações, como declarações de obrigações ou permissões, como declarações de poder ou competência e como declarações interpretativas<sup>294</sup>. Estas lidam com o significado de um certo conceito. Podem ser declarações afirmativas (definem positivamente um conjunto de atributos), negativas (negam atributos afirmados por outro estatuto legal, constituindo exceções a ele) e restritivas (negam a aplicação de determinado estatuto, definindo-se como uma declaração de validade sobre determinado texto legal).



Partindo do intuito de construir um modelo o mais abstrato possível, os atributos das classes superiores devem ser herdados às demais subclasses. Um atributo só deve ser local quando servir apenas ao próprio objeto e demais subclasses a ele vinculadas, haja visto que representam propriedades específicas daqueles objetos. Quanto mais próximos das instâncias mais atributos são locais. O mesmo ocorre com os valores disponíveis para cada atributo. Em princípio são todos definidos com frases longas, evitando-se os termos *sim* e *não*.

Os atributos ligados aos fatos deverão requerer informações de fora do sistema, o que determinará a existência de perguntas específicas que serão apresentadas ao usuário. Os atributos no protótipo nunca ficam vazios durante o

<sup>294</sup> KRALINGEN, Robert van. Norm frames in the representation of laws. 1993.

processo de inserção dos dados pelo usuário já que se não for possível escolher um valor pertinente, outro do tipo *não é o caso de...* estará disponível, sem contar com a opção *cancelar*. Há o caso dos atributos do sistema que não ficam acessíveis ao usuário. Estes serão inferidos durante o processo ou assumirão um valor por falta definidos anteriormente.

No protótipo uma ação inicial importante é apagar os valores postos em atributos no processo de inferência anterior. Assim o sistema fica pronto para uma nova inferência. São realizados dois movimentos. Nas classes são limpos automaticamente todos os atributos sem que isso cause problemas de falta de valores. Já nas instâncias, tendo em vista que aí estão armazenados os dados particulares de cada tipo criminal, ocorre procedimento contrário, apagando-se apenas os atributos que devem permanecer vazios para nova pesquisa, um a um. Há atributos que não dependem de nenhum comando externo de eliminação dos valores não padrões, já que possuem método a eles ligados que realizam tal ação logo de início. Esta situação, mesmo sendo a ideal e mais orientada aos objetos, nem sempre é possível de ser implementada.

Depois da limpeza inicial, há o preenchimento dos atributos. Importante aqui é definir o local do preenchimento dos mesmos dentro da estrutura de árvore. Os atributos da mesma qualidade estão relacionados às classes mais gerais. Dessa forma, os atributos gerais devem ser preenchidos num nível também geral. São meta atributos que apontam para situações específicas e diferenciadas entre si. Por isso, em princípio, não devem admitir múltiplos valores, mas um único que deverá dar a direção para as posteriores questões. Nos casos em que há a possibilidade de múltiplos valores, como é o caso do crime de latrocínio em que valores centrais são atingidos, vida e propriedade, essa possibilidade deve ser pleiteada. A regra da generalidade continuaria respeitada. Fica contudo a restrição, já que atributos multivalorados são semanticamente ambíguos e admitem os operadores de conjunção e disjunção.

Outra forma de ambigüidade ocorre quando é possível a existência de valores equivalentes em termos de verificação de uma situação determinada. Neste caso o sistema pode considerar apenas um sem perder a completude do problema. Há uma relação de equivalência e não de dependência entre duas situações. Em princípio, os atributos devem ser representados, mas por motivos de consistência dos fatos aquela relação é apresentada ao usuário com um controle que informe a situação. Evita-se incoerência por parte do usuário e garante-se um maior poder declarativo do modelo. Em termos da interface, haverá apenas a pergunta sobre um deles e a declaração da escolha automática do outro. Exemplo disto são os valores *feto* e *durante a gestação*. O sistema pergunta sobre o tempo do crime e caso seja escolhido o valor *durante a gestação* será declarado automaticamente que o atributo *vítima* será preenchido com o valor *feto*. É o caso em que um único par de valores é admissível. Os outros possíveis pares são inconsistentes: {*feto*, diferente de *durante a gestação*} e {diferente de *feto*, *durante a gestação*}.

### 6.4.3 Métodos

Métodos são uma estrutura de linguagem que permite realizar ações dentro do sistema e que estão vinculados a um determinado objeto e em princípio, a um determinado atributo daquele objeto, o que caracterizaria um maior grau de orientação a objetos da programação. As funções, diferentemente, implementam ações sem esse tipo de restrição. Assim, qualquer procedimento que recaia de maneira restrita apenas a um objeto deve ser implementado por métodos, mesmo que seja chamado por uma função.

A modularidade é outra característica importante possível de ser implementada através dos métodos. Tudo que for referente à situação analisada por um método deve ser resolvida apenas por ele, eliminando-se contradições e inconsistências possíveis. Os métodos posteriores não precisarão se ater ao controle desta situação, a não ser que tenha havida modificação da mesma. Caso haja relação de dependência entre dois valores e estes são analisados em métodos

diferentes, o controle de consistência e coerência deve ser alocado no último método a tratar da situação.

O encadeamento do diálogo com o usuário é feito por intermédio de métodos. Foram definidos dois tipos: os denominados *inicia* chamam sequencialmente os atributos necessários para a realização das inferências, não definindo nenhum controle de ambiente. Esta tarefa é deixada aos demais métodos que chamam-se uns aos outros, numa seqüência que é definida através dos fatos inseridos pelo usuário. Nos dois casos, o encadeamento não para até encontrar um *cancelar* (controle que permite ao usuário parar o processo de inclusão de dados) ou chegar ao final de todo processo. No início do diálogo são chamados os atributos mais gerais a partir dos quais os mais específicos são escolhidos. Estes possivelmente farão parte das premissas das regras de produção.

Para garantir o máximo de controle é possível definir para cada atributo um método de verificação que poderá realizar diversas tarefas tais como explicar, pedir novas informações, verificar coerência, conceituar e analisar. Esta implementação permite garantir uma sensibilidade ao contexto em que as relações entre os diversos atributos e seus valores são permanentemente monitoradas evitando-se questões que não estão relacionadas diretamente ao problema ou que não são procedentes naquele momento.

Há atributos em que os métodos vinculados apenas fazem dois controles: de preenchimento verdadeiro ou falso e de verificação do *cancelar*. A maioria, porém, exige outros controles, comuns e particulares. Entre os comuns a todos está aquele que verifica o preenchimento ou a existência de valor no atributo, o que evita problemas se for usado o monitor de atributo *after change*, que automaticamente chama um método aí definido após a modificação ou preenchimento do seu valor. O protótipo procura usar ao máximo esse monitor, tendo em vista o seu caráter automático. Não deve ser utilizado quando há a necessidade do método chamar a si mesmo, caso em que ocorrerá uma chamada recursiva sem fim.

O processo de tipificação implementado pelo protótipo é dividido em duas fases, uma de levantamento dos fatos na qual encaminhamentos gerais são definidos no nível das classes e subclasses e outra de disparo das regras através do motor de inferência. A primeira fase caracteriza-se pelo recolhimento de informações relativas aos fatos que se quer tipificar e ocorre no interior de alguns ramos da árvore de classes. Quanto maior a árvore, mais tipos são representados, mas em consequência é preciso mais tempo para percorrê-la. A segunda fase objetiva basicamente relatar todos os fatos e os elementos de Direito e ocorre no nível das instâncias. Note-se que este é o plano mais local e concreto possível, o que permite uma diminuição do tempo de uso da máquina. Nesta mesma fase o método de relatório age sobre o objeto *transcript* que tem a função de mostrar na tela conteúdo em texto concluído pelo último processo de inferência. Se este conteúdo precisar ser salvo, novo método é chamado para armazená-lo em arquivo.

Nesta fase, por exemplo, ocorrem os métodos *VerPenaAumenta* e *VerPenaDiminui* que agem sobre o objeto que foi instanciado e tem como função controlar todas as situações possíveis de aumento e diminuição de pena, estipulada em cada instância, dentro dos intervalos definidos pelo Código Penal. A partir destes métodos fica definido o intervalo da maior e menor pena possível, para o enquadramento feito. Contudo, é possível refinar este cálculo eliminando-se todos os fatores e circunstâncias não exatas envolvidas no processo na busca de um valor preciso, utilizando-se a lógica difusa (ver página 92).

Este projeto deve levar em conta a *Dosimetria da Pena*, uma metodologia que tem a função de quantificar um valor exato dentro daquele limite abstrato, consistindo em três fases sucessivas. A primeira trata da fixação da pena fundamental, levando em consideração as circunstâncias judiciais do artigo 59: culpabilidade; antecedentes do acusado; conduta social; personalidade do agente; motivos; circunstâncias e consequências do crime e comportamento da vítima. Na segunda fase o magistrado considera as circunstâncias legais agravantes e



atenuantes referenciadas nos artigos 61,62,65 e 66. Ai não está fixado um *quantum* para as mesmas, o que representa um quadro de imprecisão na sua aplicação. Na terceira fase são consideradas as causas especiais de aumento ou de diminuição, definidas no artigo de enquadramento do crime e aplicadas sobre o resultado encontrado na fase anterior<sup>295</sup>.

#### 6.4.4 Regras de produção

O caráter híbrido do protótipo permitiu que se reservasse às regras de produção uma função de finalização, de instanciação, de conclusão, eliminando-se as regras intermediárias que foram substituídas por controles em métodos. Isto permitiu um número total menor de regras e com isso, maior velocidade ao sistema.

Ganha-se eficiência também no manuseio das regras pelo fato de que em suas condições somente é realizada a análise dos atributos de caráter específicos. As regras foram estruturadas para levar em conta as situações típicas. Suas premissas referem-se apenas aos atributos particularmente importantes na constituição da tipificação da situação. Os valores de caráter geral ou meta valores que dirigem o processo de escolha de outros valores mais específicos são manipulados unicamente no processo de levantamento dos fatos. Portanto, casos outros que não alteram aquela tipificação são controlados em métodos. Aqui as regras elas mesmas ficam mais enxutas. O sistema, nos dois casos ganha em velocidade de inferência. Em termos de um sistema orientado unicamente a regras, contudo, o modelo pode parecer incompleto. Contudo, como a importância das regras no protótipo é dividida com os quadros, mantém-se seu poder declarativo.

Por exemplo, nos crimes contra liberdade sexual, as regras centram-se no atributo *SitConjC*, cujos valores (conjunção carnal e ato libidinoso diferente de conjunção carnal) são aqui essenciais. Analiticamente há o pressuposto de que o

---

<sup>295</sup> Este projeto está sendo construído por Márcio Ghisi Guimarães, junto ao curso de mestrado da computação e com o apoio do Grupo de Inteligência Artificial e Direito do Centro de Ciências Jurídicas.

atributo *ValorAtingido* será preenchido por *liberdade individual*. No caso em que a vítima for homem pode ocorrer *constrangimento ilegal*. O sistema, assim, toma determinados cuidados no nível dos métodos, avisando ao usuário no sentido de bem definir o valor que foi atingido.

REGRAS	AcaoRealizada	Agente	Alienado Debil	Condicoes CFAV	Gestante Consentiu	Idade	Justificativa
AbortoE	x	x					x
AbortoN	x	x			x		x
AbortoPG	x	x					
AbortoPTC	x	x			x		x
AbortoPTS	x	x			x		x
Homicidio	x						
Infanticidio	x						
HomicidioQ	x						x
Suicidio	x						

**Tabela 38 - Atributos envolvidos nas regras relativas aos crimes contra a vida**

É o caso do conceito *violência presumida* que pode ser derivado por métodos ligados aos objetos envolvidos com essa situação. Dessa forma, não existe uma regra unificada ou um conceito único que reunisse declarativamente todos os seus elementos. Muito pelo contrário, este conceito está distribuído nos quadros que formam o conceito, mantendo a filosofia de orientação a objetos.

Em termos práticos, acrescentar uma nova regra ao sistema significa acrescentar nova instância ou novo crime ou situação de inimizabilidade. A validação dessa regra significa que sua conclusão tornou-se verdadeira e realizou determinada ação, a de preenchimento de valores em atributos determinados. No caso do protótipo as regras realizam uma única ação, qual seja, preencher um atributo com o nome da instância em questão que tem a mesma denominação da regra ora implementada. Essa forma de trabalho não impede que outras regras sejam instanciadas e não exige controles sofisticados para verificar o resultado final. Ademais, esse controle permanece no nível do objeto. Portanto, uma regra sendo instanciada o enquadramento é realizado recuperando-se a descrição dos fatos feita no nível das classes e herdadas no nível das instâncias e a norma que

estas representam é aplicável. Por exemplo, provocar aborto é primeiro classificado como aborto provocado por terceiro. Depois, o fato instanciado é conferido para ver se houve uma forma agravada.

REGRAS	Ação Realizada	Agente	Alienado Debil	Idade	Justificativa	Oferece Resistência	Tempo	Valor Atingido	Vitima	Violencia Presumida	Virgem
AtentadoPMF	x			x							
AtentadoPMF Q	x			x							
AtentadoVP	x									x	
Constrangimento ilegal										x	
Estupro	x									x	
PosseSMF	x										
PosseSMFQ	x			x							x
Seducao	x										x

**Tabela 39 - Atributos usados nas regras relativas aos crimes contra o costume**

Quando os fatos não podem ser classificados como instância de nenhuma classe e subclasse, pode-se inferir que não existe tipo legal definido para aquela situação.

No modelo proposto não foi necessário definir prioridades entre regras, uma das técnicas possíveis de raciocínio não monótono. Contudo, em termos práticos, havendo dependência entre regras, isto é, a regra *Z [c então d]* depende da regra *A [a, b então c]*, é vantajoso definir a prioridade da regra *A* sobre a regra *Z*. Por outro lado, o modelo orientado a objetos definido permite implementar com sucesso duas outras técnicas de raciocínio não monótono. Primeiro, é possível fazer exceções a regras gerais através dos métodos, ativados quando dada condição se realiza. Segundo, vários são os atributos nos quais aplicam-se valores por falta como o *sujeito da norma* (qualquer um), *espaço* (qualquer lugar em território brasileiro), *agente* (qualquer pessoa), *tempo* (qualquer hora); outros atributos são por falta vazios.

## 6.5 Interface homem máquina

### 6.5.1.1 Diálogo com o usuário

A princípio qualquer sistema inicia seu funcionamento a partir da entrada (*input*) de dados, o que desencadeia ações que retornam um resultado (*output*). O mesmo ocorre com os SEL. Os fatos são apresentados através de sua digitação por um usuário ou através de sua busca no sistema ou melhor na Base de Conhecimento. Quando o usuário é chamado a incluir informações, geralmente isso é feito através de perguntas, apresentadas sequencialmente. A ordem dessa seqüência é fundamental para evitar inconsistências e incoerências nessa fase. Nesse processo serão feitas várias verificações de consistência que permitem identificar e eliminar problemas de definição do caso. Essas ações de controle são moduladas em métodos.

O sistema deve evitar perguntas irrelevantes ou desnecessárias<sup>296</sup> cujas respostas são óbvias ao usuário e que não só tornam o sistema deselegante como dificulta a manutenção da integridade da Base de Conhecimento. Avaliações cruzadas são necessárias para evitar questões em situações que são marginais. Uma solução é incluir certos tipos de regras que mantêm o sistema melhor informado. O problema é mais pronunciado no Direito porque a profundidade do questionamento não deve ser determinada por parâmetros que caracterizam o nível geral de conhecimento esperado pelos usuários e que podem ser preditos, mas por parâmetros que dependem do problema em particular. Um sistema sempre é a combinação de usuário e máquina; ambos têm que ter seus papéis definidos. Muitos problemas identificados por críticos são falhas do usuário em lugar de defeitos da máquina ou do projeto do sistema.

Um SEL tem como objetivo prover apoio a um usuário que pode pertencer a classes diferentes, dependendo o seu grau de conhecimento do domínio

---

<sup>296</sup> Se o sistema sabe que o tempo do crime é *durante a gestação* não haveria necessidade de perguntar qual a vítima. Pode, assim, declarar automaticamente que o atributo *vítima* será preenchido com o valor *feto*.

representado. Em princípio é possível diferenciar duas classes de usuários, uns que estão atentos a várias coisas, desde o modo ao qual é chegada a conclusão até à conclusão a ser alcançada propriamente dita; outros procuram apenas esta última. Assim, o sistema precisa de um grau apropriado de sofisticação, tanto na apresentação dos seus resultados quanto no apoio efetivo ao usuário para levar a cabo uma tarefa. De qualquer forma, quanto mais a interface for sofisticada menos exigências são requeridas dos usuários. Este foi o objetivo trilhado pelo protótipo.

Tipicamente as interfaces se apresentam na forma de texto e fazendo perguntas que exijam como resposta *sim*, *não* e *desconhecido*. Contudo, sendo o problema proposto relativamente complexo, o diálogo com o usuário fica partido em múltiplas e nucleares questões, tornando-o cansativo. No protótipo, ao contrário, a complexa interface gráfica permite que as questões sejam reunidas em blocos de conteúdo homogêneo em formato de frases longas, que evitam os termos *sim* e *não*.

#### **6.5.1.2 Processo de justificação**

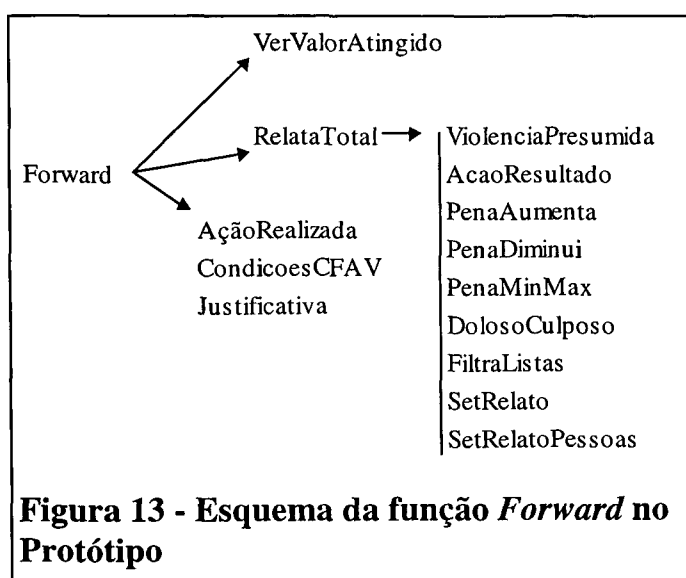
A interface de usuário precisa facilitar a compreensão instalando-se esquemas de auxílio que vão desde a explicação do próprio sistema até quando são encontradas condições desconhecidas. A justificação das respostas apresentadas pelo sistema é tão importante quanto as respostas mesmas, permitindo ao usuário formar a própria opinião sobre a conclusão do sistema. Uma situação específica do domínio legal é que a justificação é justamente o conselho ou argumento que está sendo buscado. Quanto mais sofisticada, seguramente maiores serão os custos na construção do sistema.

Esses argumentos detalhados são fundamentais para dar ao usuário confiança na decisão alcançada pelo sistema. Os usuários devem poder entender a relação das regras no interior do sistema, bem como poder distinguir os diferentes tipos de regra e a importância. O habitual *por que* e *como* dos sistemas de regra de produção provém nível de justificação de fácil implementação, mas apresentam

um rastro simplificado de prova. É possível, contudo, implementar um relato/argumento com todos os passos efetuados numa forma mais familiar aos operadores do Direito, e que apoiem o resultado sugerido, que não é mais que uma possível indução e não uma expressão certa da legislação. No caso de representação de conhecimento adversarial, aqueles argumentos também têm que informar sobre o resultado oposto.

Dada a importância dos materiais primários no domínio legal, um sistema de acesso à informação textual pode ser valioso tendo em vista que essas informações podem ser acessadas livremente durante a justificação; determinadas informações podem ser deixados ao julgamento do usuário; acesso direto às definições dos muitos termos técnicos, permitindo uma economia na hora de escrever a aplicação.

Durante o processo de levantamento dos dados no sistema proposto ocorre a fase de justificação que, basicamente, apresenta toda uma série de informações jurídicas e de fato sobre os atributos que estariam sendo de alguma forma vinculados ao caso proposto. Essas informações são recuperadas na sua grande maioria quando o usuário assim desejar ou automaticamente, quando o sistema achar necessário o esclarecimento de situações específicas. Nessa fase dificilmente ocorrem casos anômalos indicados quando algo está errado pois há um controle efetivo sobre as informações inseridas pelos usuários. De qualquer forma, caso ocorra algo estranho ao sistema, este advertirá, permitindo ao usuário abortar o processo ou refazê-lo.



indiretamente

Um tópico interessante e ainda não implementado é aquele que resume as características mais importantes que o caso do usuário difere da legislação. Também faltam ser concretizados alguns exemplos para cada instância, e que poderia servir de comparação com os dados apresentados. Não há nenhuma razão técnica para que os casos precisam ser reais. A idéia aqui é introduzir pontos ideais na base de conhecimento. Não é um trabalho difícil, mas exige um bom tempo de implementação. Seria mais uma forma de aumentar os pontos de compreensão das informações recuperadas.

## 6.6 Mecanismo de inferência

Das duas fases do protótipo a de disparo das regras através do motor de inferência interessa aqui diretamente. Esta recuperação das regras é feita num meta nível em que os fatos do caso são relacionados às regras do julgamento. Difere da simples recuperação em bases de dados que utiliza mecanismos associativos e procuram rotinas através da lógica booleana e por isto têm desvantagens óbvias. A recuperação baseada no significado e conteúdo dos documentos e a indexação feita em termos de conceitos legais são muito mais apropriadas porque trabalha-se com problemas agrupados em padrões de fatos semelhantes.

O relatório apresentado pelo protótipo tem um formato rígido que pode ser assim descrito:

1. anuncia o resultado, a tipificação
2. relata os fatos apresentados pelo usuário
3. apresenta todas as normas que qualificam o caso direta ou

Dependendo do SEL a montagem das regras definem o processo de inferência do sistema em maior ou menor grau. No exemplo proposto esta influência se dá apenas nos conjuntos de regras previamente definidos que reúnem aquelas com elementos ou atributos em comum e que por isso delimitam crimes relacionados. Por outro lado, não são construídas regras intermediárias, responsáveis diretamente pela delimitação dos caminhos que o processo de inferência poderia tomar. Isto tudo pela opção por um modelo orientado a objetos, que retira importância das regras e por consequência do motor de inferência.

No protótipo foram implementados os encadeamentos para frente e para trás. Como já demonstrado o primeiro simplesmente envolve o casamento das condições das regras com os fatos, de acordo com uma ordem predeterminada, ativando ou disparando as regras. Já o encadeamento para trás inicia com a conclusão e procura pelos antecedentes na Base de Conhecimento que justifiquem aquela conclusão.

Em termos de programação esta técnica é mais difícil pois a procura na Base de Conhecimento não é feita ao longo de um único caminho, mas envolve a identificação de todas as possíveis regras que conduzem à conclusão exigida. Além disso é preciso tomar cuidado especial com as regras intermediárias, aquelas que são utilizadas por outras regras, cujos atributos nunca são preenchidas pelo usuário, mas por regras. Neste caso, deve-se impedir que o sistema chame os atributos colocados nas condições daquelas conclusões. Por outro lado, comparando-se à quantia de regras legais e condições prévias existentes num determinado caso, o número de efeitos legais desejados está limitado.

Contudo, trabalhar com fatos e condições legais prévias, em vez de utilizar os efeitos legais desejados como ponto de partida na análise, é de fato um modo muito efetivo de recuperar normas. São definidas circunstâncias à luz das quais a conclusão legal deve ser examinada, o que pode exigir novo encadeamento que poderá recuperar uma norma alternativa e portanto, uma nova interpretação legal. Além disso o processo foi simplificado diminuindo-se ao máximo as regras



intermediárias e aumentado-se os controles na primeira fase de recolhimento dos fatos.

## CONCLUSÃO

O Direito, dentre os mais diversos exemplos de conhecimento especializado, é aquele que mais diretamente interessa ao sistema social, pois é ele, basicamente, uma técnica de controle de comportamento, seja proibindo, obrigando ou permitindo determinadas ações, seja penalizando aqueles que não se comportaram de acordo com o estatuído.

Se por um lado o Estado é um ator importante na positivação e na execução do Direito, por outro, a sociedade não pode ficar refém da sua má ação. Mudanças em países do primeiro mundo vêm demonstrando que o aumento da complexidade do Sistema Jurídico traz consigo demanda de maior acesso ao mesmo. Este acesso significa tanto um maior conhecimento dos direitos e deveres definidos nas normas, como uma maior facilidade de pleitear perante a justiça e de ver sua demanda finalizada em pouco tempo. Por isso, a sociedade moderna vive um grande paradoxo: impõe um alto grau de jurisdicização do cotidiano ao mesmo tempo que exige mais agilidade na solução dos conflitos jurídicos que decorrem daquele processo. É possível chamar a isso **complexidade administrativa** do Sistema Jurídico.

Este, visto como um intrincado conjunto de regras que expressam um controle do comportamento dos mais diversos sistemas (econômico, político, social, cultural), tem por definição o âmbito de englobar a todos eles, visto que nenhum deles escapa à ordem jurídica que, se não proíbe ou obriga expressamente, permite implicitamente. Além do fato de ser o sistema que mais determina o indivíduo, é um dos que mais cria dificuldades de acesso a ele, principalmente pelo seu caráter de linguagem especializada (**complexidade técnica**), que exige maior esforço do operador do Direito e obriga a sociedade a uma tutela jurídica permanente, seja no ato de conhecer o Direito (**mediação no conhecimento**), seja quando da ação perante os tribunais (**mediação na ação**).

Hoje, mais do que qualquer outro tempo na história jurídica da humanidade, há a necessidade de enfrentar a complexidade tanto administrativa

quanto técnica do Sistema Jurídico, respondendo adequadamente às demandas da sociedade. Deve-se exigir dos operadores do Direito respostas de qualidade e em uma velocidade que dê conta dos conflitos. Deve-se também fornecer conhecimento jurídico básico para o exercício da cidadania ativa e acessível a todas as camadas da sociedade, democraticamente.

Dessa forma, diminuir as complexidades tanto técnica quanto administrativa do Sistema Jurídico é uma tarefa que abrange várias ações:

1. empenho permanente dos juristas em implementar racionalidade ao sistema, restringindo ou diminuindo o seu caráter técnico nos níveis em que racionalmente é admissível pela sociedade, bem como, traduzível por sistemas de computação. O objetivo é, assim, democratizar e popularizar o conhecimento das normas jurídicas, rompendo com a perspectiva tecnocrática do conhecimento jurídico.
2. empenho permanente dos juristas, em conjunto com os engenheiros de *software*, em simplificar o mundo jurídico através de sistemas inteligentes.
3. empenho permanente dos juristas, em conjunto com os técnicos de comunicação e *software*, em desenvolver e melhorar tecnologia que permita o acesso pelas grandes massas ao conhecimento jurídico.

A complexidade administrativa será reduzida principalmente através da primeira ação, pois depende diretamente da administração realizada pelos operadores do Direito. Neste sentido, poder-se-ia restringir a mediação na ação aos casos verdadeiramente complexos e este juízo não caberia ao sistema, mas sim aos envolvidos na questão. Caberia a ele apenas o dever de fiscalizar o processo e assim, garantir às partes todas as informações necessárias. Hoje parte das questões jurídicas podem ser compreendidas e defendidas diretamente pela sociedade perante os tribunais. Soluções que vão nessa direção são os juizados de pequenas causas e até certo tempo atrás, as ações trabalhistas, que exigem hoje a presença de advogado. Estas exigências casuísticas não são democráticas e não atacam o

principal problema: a falta de acesso à informação jurídica e a falta de agilidade do Estado no processo de legislatura e de decisão judicial.

O desenvolvimento, aprimoramento e implantação das **tecnologias de informação**, aqui divididas em tecnologias de comunicação e de conhecimento permitem, por outro lado, dar boa respostas tanto à complexidade administrativa quanto técnica. As tecnologias de comunicação referem-se aos mecanismos e programas que facilitam o acesso informações de maneira universal, ou seja, sem impor nenhum tipo de barreira, a não ser aquelas que se referem à segurança e integridade dos sistemas. Exemplo disto são as tecnologias de redes de computadores. As tecnologias relativas ao conhecimento dizem respeito basicamente ao desenvolvimento de programas (*software*) que organizem, armazenem e manipulem os dados e informações de tal forma que facilite a compreensão destes por um universo infinito de interessados. Exemplo disto são os sistemas inteligentes, dentre eles os SEL.

O desenvolvimento dessas tecnologias de informação nas últimas décadas tem dado à sociedade poder de ação antes jamais pensado e geralmente depositado em monopólios, em sua grande maioria estatais. Com o aumento das demandas e pressões da sociedade de massas e da economia de mercado, o próprio Estado redefine seu papel, tornando-se essencialmente regulador e tendo a sociedade como fonte e partícipe nesse processo em que o Direito é o seu grande instrumento. Além disso, diversos controles estão sendo assumidos, em parte ou no todo e nas mais diversas áreas, por organismos da sociedade. Isso exige um alto grau de troca de informação e conhecimento.

Essa verdadeira revolução digital atinge o mundo jurídico, mas em uma velocidade bem inferior àquela que vem ocorrendo nos demais sistemas. Faz pouco tempo que no Brasil o acesso à informação jurídica pelos operadores do Direito foi implementado pelos tribunais, de forma ainda tímida e relativamente restrita. Órgãos da sociedade tentam ir mais longe, tornando disponíveis textos de normas a setores da própria sociedade. Isto foi possível graças a um certo avanço

realizado no campo das tecnologias de comunicação, principalmente com o acesso da *internet* a uma parcela crescente da sociedade. O uso de redes globais derruba barreiras, acelera processos, democratiza as oportunidades e enfatiza a interatividade.

Hoje, a tecnologia de comunicação possui alto nível de demanda, de confiabilidade e segurança na transmissão de dados. Essa tecnologia já existe em grande escala na *internet*. Esta, além de ser universal (possui um protocolo de conversação com os mais diversos tipos de rede), possui uma arquitetura mundial a custo relativamente baixo. Além disso, possui uma eficácia em termos de segurança comprovada pelas instituições financeiras e pelo incipiente comércio eletrônico. A tendência é o aprimoramento dessas técnicas. Ao mundo jurídico resta implementar paulatinamente o uso da *internet*, sabendo que esta é uma demanda legítima da sociedade atual. Ao Estado cabe a tarefa de adequar-se aos novos tempos e propiciar mecanismos para que a sociedade utilize a tecnologia e a informação digital da maneira mais ampla e democrática possível<sup>297</sup>.

Quanto à tecnologia de conhecimento pouco se tem feito. Contudo, fora do Brasil sistemas de IA como os SE, os Sistemas de Raciocínio Baseados em Casos, as redes neuronais, os algoritmos genéticos, a prospecção de dados, entre outros, estão sendo estudados e implementados para o auxílio nas diversas tarefas jurídicas. Uma das mais preciosas características do uso de técnicas de IA é a possibilidade de retirar dos operadores do Direito o peso cognitivo da tomada de decisão rotineira, libertando-os para as atividades mais nobres. Também permite acesso mais fácil aos cidadãos a conceitos e conhecimento jurídicos, sem a necessidade de nenhuma intermediação direta. Hoje, contudo, até em situações de

---

<sup>297</sup> A lei n. 9.800, sancionada pelo Presidente Fernando Henrique Cardoso em 26 de maio de 1999, permite às partes a utilização de sistema de transmissão de dados e imagens, tipo fac-símile ou outro similar, para a prática de atos processuais. A lei abre possibilidade para que uma reclamatória trabalhista, por exemplo, dê entrada numa Junta de Conciliação através do correio eletrônico, ou que um interrogatório seja feito

extrema simplicidade, há a necessidade da tutela por especialistas, o que acarreta uma perda, seja de tempo, de dinheiro ou de eficiência do sistema como um todo. O pior é que a sociedade fica refém de conceitos intransponíveis e se quiser ter acesso a eles, seja para uma simples consulta, terá que pagar caro, com tempo e dinheiro.

O grande desafio, sem dúvida, está na implementação de um modelo de Direito mais simples e compreensível ao homem comum. Claro, pressuposto basilar é a existência de capacidade de reconhecimento da informação dada, o que somente será possível com uma educação voltada para o exercício da cidadania em todos os sentidos, político, social, econômico e cultural. Este, sem dúvida, é um dos graves problemas que afetam o futuro de muitos países. A humanidade passa por uma transformação radical na qual, sem acesso à educação e à informação, não há nenhuma espécie de oportunidade. Mas, numa resposta imediata à situação, poder-se-ia facilitar o trabalho dos operadores do Direito, o que terá reflexo na construção de sistemas inteligentes mais genéricos e, por conseguinte, mais acessíveis ao público em geral. É urgente dar início a um processo virtuoso de transformação. A dinâmica, o desenvolvimento e a utilização dessa tecnologia no Direito acabará por impor mudanças qualitativas nas atitudes e nas atividades dos seus agentes. A tecnologia é veículo poderoso para introduzir mudanças e as possibilidades são imensas e até imprevisíveis. Fazendo-se uma analogia com o mundo das organizações, a tecnologia não deve ser utilizada no mundo jurídico apenas para auxiliar na redução de custos, mas principalmente como ferramenta para aumentar a qualidade dos serviços, atraindo novos *clientes* e aumentando a *produção*.

No Brasil, as atividades dos operadores jurídicos envolvem, necessariamente, a utilização da lei, haja visto a sua origem no Direito Romano e não no Direito Anglo-saxão. Isto, de antemão, facilita a construção de sistemas de

---

através de sistema de conferência on-line, desde que o órgão judiciário disponha de equipamento para sua recepção, conforme prevê o art. 5º da referida lei.

computação legal, visto que, toda lei, toda norma é uma estrutura minimamente coerente e um todo deonticamente interligado ao conjunto geral das normas válidas. A base lógica do conhecimento jurídico no sistema continental está depositada nos termos da lei, enquanto que no sistema jurisprudencial boa parte dessa lógica encontra-se somente na cabeça daqueles que aplicam o Direito nos tribunais. Portanto, é uma vantagem ter a lei como fonte principal na aplicação do Direito.

A partir desses campos de atuação, pode-se sugerir um vasto número de sistemas que servem para realizar e assessorar as diversas tarefas que derivam destes campos. De acordo com a tarefa a ser implementada pelo sistema diversos são os formalismos que podem ser utilizados para dar uma boa resposta aos problemas de redundância, imprecisão, ambigüidade e vagueza, de inconsistência e incompletude, tão comuns no Sistema Jurídico. O avanço das pesquisas e dos trabalhos práticos é fundamental para se chegar a algumas definições básicas quanto ao uso desses sistemas no Direito e isso cada Nação terá que fazê-lo por si mesma.

O aumento em pesquisa de IA deve-se ao aumento do poder dos computadores, ao desenvolvimento de linguagens e estilos de programação de computador mais satisfatórios, à deficiência da programação convencional (procedimental) em representar apropriadamente determinados aspectos da inteligência humana e finalmente, à redefinição das metas de pesquisa para o possível (mais operacionais) em lugar do ideal vago de construir uma máquina pensante (menos finalísticos). Os SE representam hoje uma área próspera e madura de pesquisa de IA e terão efeitos social e econômico significativos num futuro próximo na medida em que serão úteis comercialmente e poderão ser descritos de forma não técnica tornando mais interessante a uma audiência mais geral.

A contribuição mais importante do presente trabalho é oferecer uma metodologia eficiente para representação do conhecimento jurídico em sistemas

inteligentes, em especial, em SEL. Na medida em que a memória humana não é capaz de armazenar e avaliar todas as variáveis possíveis numa dada situação, é importante que a ciência desenvolva a tecnologia para compensar os humanos em tal limitação. As tecnologias computacionais vêm ajudando a humanidade a alcançar várias metas e superar muitas dificuldades. Esta pesquisa é uma tentativa para orientar a tecnologia hoje disponível na busca por uma sociedade mais justa.

Em função das características do problema colocadas anteriormente e dos requisitos necessários para que este problema possa ser resolvido eficientemente com um SE, conclui-se que a aplicação dos mesmos para a resolução de problemas jurídicos é apropriado e mostra-se ser uma ferramenta bastante promissora. Mas para implementar este projeto é preciso levar em consideração os seguintes componentes:

1. Serviço ao usuário: suporte na Web e para a Web, garantida uma estrutura de segurança que inclua o acesso e confiabilidade dos dados produzidos da interação dos usuários com o sistema;
2. relatórios e análise das pesquisas realizadas pelos usuários: comparar e medir as pesquisas realizadas, o uso de conteúdo e o comportamento dos usuários bem como produzir um resumo que evite a necessidade do usuário ler todo o texto para identificar sua utilidade;
3. interface: deve evitar a necessidade de construção de consultas complexas bem como justificar todos os passos efetuados pelo sistema, esquema este específico do domínio legal por se constituir no próprio conselho ou argumento da conclusão final.

Quanto aos modelos de representação é possível afirmar que os Sistemas Baseados em Regras são um formalismo simplista e que precisa da integração com outras formas de representação. Já os sistemas orientados a objetos exigem mais tempo de análise, devido sua capacidade de representação de conhecimento mais complexo. Sua integração aos modelos de regras melhora a performance. Esta análise identifica estratégias que facilitam a compreensão do



próprio conhecimento que está sendo estruturado, o que facilita a modelagem e portanto, aumenta a velocidade da construção do sistema e de sua manutenção. No protótipo construído foram testadas as duas possibilidades. Quando a integração foi implementada demonstrou-se ser especialmente fácil a construção e manutenção do sistema, mesmo havendo sido aumentada a sua complexidade estrutural.

Isto deveu-se especialmente pela manutenção de um isomorfismo, que mantém o mais próximo dos textos fonte a representação adotada. Mesmo assim, um isomorfismo completo é difícil construir por ser, em alguns casos, necessário adaptar-se falhas de estruturação e de representação do próprio texto legal. Além disso há o problema de resposta do sistema, o que pode ser sanado com a utilização de sistemas híbridos. Estes tornam-se especialmente uma boa via de construção de SEL se na base de toda a representação adotar-se a programação orientada a objetos, que demonstra ser uma alternativa promissora para representação do conhecimento legal.

Em termos das tarefas a serem realizadas por um SEL, o objetivo deste trabalho foi apresentar e implementar a mais genérica entre elas, o enquadramento. Toda atividade que tem como objeto o Direito exige entendimento, compreensão e interpretação do domínio de conhecimento jurídico em jogo, indistintamente, e indica diversos campos de atuação como o enquadramento, o planejamento legal, a argumentação jurídica, a decisão legal. Além dessas tarefas que envolvem diretamente a interpretação das normas, tem-se outras como o ensino e pesquisa do Direito, a administração das atividades jurídicas e finalmente, a elaboração da lei. Nada impede que estas sejam implementadas em SEL, mas para que assim seja, é preciso primeiro realizar o enquadramento.

Esta tarefa permite fornecer informações descritivas do Direito que serviriam tanto à população em geral como aos profissionais em áreas em que não estão atualizados. Neste papel eles não são muito diferentes dos textos de referência e não substituem o operador do Direito. São sistemas mais abrangentes,

cuja referência básica é a legislação e que, tendo em vista seu uso geral, podem ser utilizados através de redes de computadores. Além do mais, feito o enquadramento, é possível implementar, no próprio sistema, instruções que podem servir ao ensino da área do Direito aí formalizado. Esta é uma tarefa que os SEL podem realizar, integrada ou isoladamente, bastando fazer uma extensão em que o tutorial disponibilize, de forma didática, as informações e conhecimento que possui armazenados.

Conclui-se, ainda, que o produto mais importante dos SEL não é a conclusão final, que visa definir claramente qual decisão tomar, mas as justificativas que podem ser dadas àquela. O sistema, ainda, pode trazer mais de uma conclusão e para cada uma serão dadas as devidas justificativas. Isto significa que no Direito, mais que em outras áreas, os SE possuem um caráter de apoio à decisão, mais do que de tomada de decisão propriamente dita. Além disso, os SEL podem fazer parte de um sistema mais geral de gerenciamento de informação, no qual estariam integrados SE, sistemas de Raciocínio Baseado em Casos e sistemas de bases de dados.

Além do mais, a construção de um SEL não se constitui somente num exercício de programação, mas requer sólido e articulado fundamento jurídico. Este fato limita a atuação dos engenheiros de conhecimento que, por mais disciplinados que sejam, não conseguem deixar de impor as próprias interpretações. Em conseqüência parece ser razoável afirmar que, havendo condições técnicas, é preferível que o operador do Direito seja o próprio engenheiro de conhecimento.

Por fim, o estudo e implementação de SEL é uma proposta de investigação numa direção teoricamente possível e praticamente emocionante. Parece ser hoje evidente que o desenvolvimento desses sistemas será feito na direção da modularidade, para depois integrar os domínios particulares em bases de conhecimento mais amplas. Claro que problemas técnicos e limitações ainda existem. Sistemas inteligentes estão sendo utilizados nos Estados Unidos, a

maioria em domínios específicos e alguns em caráter experimental. No Brasil, o processo ainda está no início, mas é possível superar as dificuldades desde que setores diretamente interessados envolvam-se nas poucas pesquisas hoje existentes, até para que, tornem-se mais numerosas.

A verificação dos diversos nexos que envolvem a construção de um modelo formalizado depende de circunstâncias objetivas de tempo e lugar. Mas, é fato que qualquer grau mínimo de formalização já é um passo para simplificar e uniformizar a linguagem jurídica, o que permite que novos passos sejam dados. A informática, nesse sentido, funciona como um espelho ativo que fornece à Ciência do Direito um *feedback* importante para rever os seus critérios e seus comportamentos e, por conseqüência, permitindo o aprimoramento dos seus modelos.

A Informática Jurídica, vista não como uma disciplina em particular, mas interdisciplinar, teria como missão precípua a discussão do uso da informática no Direito, e nesse sentido, a discussão do próprio Sistema Jurídico em termos de apresentação de metodologias apropriadas para a implementação de sistemas inteligentes no domínio jurídico. Dessa forma, para fazer Informática Jurídica, cuja base é prática, é importante também conhecer as teorias do Direito. Além disso, a Informática Jurídica possui um compromisso todo especial com a atividade do ensino, definindo o papel fundamental da informática como ferramenta de trabalho que, no mínimo, complementa o conteúdo das aulas. Valoriza-se o conhecimento e agrega-se tempo precioso ao processo, o que resulta em profissionais mais completos e satisfeitos.

Enfim, o futuro da sociedade depende e muito dos trabalhos de pesquisa e de ensino realizados nas universidades e também nos órgãos do Estado diretamente interessados no Direito, bem como dos investimentos feitos por setores da sociedade. Da mesma forma, os homens de Direito não podem deixar de dar uma boa resposta às necessidades da sociedade, nem ficar à margem das exigências dos novos tempos. Por outro lado, a mesma sociedade precisará manter

controle sobre o uso desses SEL. Sem dúvida, haverá a necessidade do estabelecimento de alguma forma de licenciamento de sistemas desenvolvidos, de forma que teriam o mesmo tratamento dos peritos humanos.

## BIBLIOGRAFIA

- ADELI, H. Knowledge Engineering. McGraw-Hill, vol. I, 1990.
- ALLEN, Layman E., PAYTON, Sallyanne, SAXON, Charles S. Sythesizing related rules from statutes and cases for legal expert systems. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1985, Bologna.
- ALLEN, Layman E., SAXON, Charles S. A-Hohfeld: A Language for Robust Structural Representation of Knowledge in the Legal Domain to build Interpretation-assistance Expert Systems. Deon, 1991. 52-71 p.
- ALLEN, Layman E., SAXON, Charles S. Relationship of expert systems to the operations of a legal system. In: pre-proceeding of the III International Conference on Logica Informatica Diritto, edited by A. A. Martino. Appendix, 1-15. Firenze: Consiglio.
- ASHLEY, Kevin D. Reasoning by analogy: a survey of selected AI research with implications for legal expert systems. Computing power and legal reasoning. St. Paul (MN): West publishing Co, C. Walter (Ed.). 105-127 p.
- BARGELLINI, Gabriella, BINAZZI, Simona. Towards a global expert system in law. In: pre-proceedings of the International Conference on Towards a Global Expert System in Law, 1993.
- BARR, Avron, FEIGENBAUM, Edward A. The handbook of artificial intelligence. Avron Barr and Edward A. Reading: Addison-Wesley, 1981-82.
- BARRAGÁN, Julia, BARRAGÁN, Luciano. Knowledge acquisition and knowledge base refinement problems in developing the kbs legal expert system. 1990. 196-199 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M. Applying legal expert systems techniques: practical considerations. KBS in Government 88. Ed. Duffin, On Line Publications, 1988. 205-214 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M. Argument in Artificial Intelligence and law. Vol. 5, n° 4, 1997. 249-261 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M. Deep models, normative reasoning and legal expert systems. ICAIL'89 proceedings 37-45, ACM press., 1989. 37 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M. Knowledge based systems and legal applications. Refereed Journals Tom Routen and Trevor Bench-Capon Hierarchical Formalisations International Journal of Man Machine Studies 35. July, 1991. 69-93 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M. Legal knowledge representation: what can be done with rules? Institute for Language Technology and AI (ITK), Tilburg University: THINK Quarterly, vol.3, june, 1994. 54-61 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M. Logical models of legislation and expert systems. In: Expert Systems in Law. (Eds Fiedler, Haft and Tranmuller), Attempto Verlag, Tubingen, 1988. 27-41 p.
- BENCH-CAPON, Trevor J. M., DUNNE, P. E., BARGELLINI, G., BINAZZI, S. Structure-based retrieval of legal documents in towards a global expert system in law. A Glance at the Conference, 1993, IDG, Florence. 191-192 p.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. Teoria geral dos sistemas. Tradução de Francisco M. Guimarães, 3ª ed. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.
- BIAGIOLI, Carlo, FAMELI, Elio. Expert systems in law: an international survey and a selected bibliography. The journal for the integrated study of artificial intelligence, cognitive science and applied epistemology. Vol. 4, n° 4, 1987.
- BOBBIO, Norberto. Teoria do ordenamento jurídico. Brasília : Ed. Universidade de Brasília, 1990.

- BONET, A. Artificial Intelligence - Promise and Performance. Prentice Hall, UK: 1985.
- BOOCH, Grady. Object oriented design with applications. The Benjamin/Cummings Publishing Company. S/d. 218 p.
- BRACHMAN, Ronald J. I lied about the trees, or, defaults and definitions in knowledge representation. Artificial intelligence magazine. Vol. 6, nº 3, 1985. 80-93 p.
- BRACHMAN, Ronald J., LEVESQUE, Hector J. Readings in knowledge representation. USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1985.
- BRATLEY, Paul, DENIGER, Ceniger, FRÉMONT, Jacques, MACKAAY, Ejan, POULIN, Daniel. The logic of time in law. Law and Legal Expert System. Forthcoming in Proceedings, Bologna, 3-5 May, 1989.
- BRATLEY, Paul, MACKAAY, Ejan, FRÉMONT, Jacques, POULIN, D. Coping with change. Internacional Conference on Artificial Intelligence and Law, 1991. 69-76 p.
- CAPELLA, Juan-Ramon. El derecho como lenguaje: un análisis lógico. Barcelona: Ariel, 1968.
- CARVALHO, Paulo de Barros. Curso de direito tributário. 4.ª ed., Saraiva, 1991.
- CASADEI, Giorgi, SARTOR, Giovanni. An expert system project in environmental law (IRI-project). Conference on Expert Systems in Law, May, 1989, Bologna.
- CASTILHO, E., ALVAREZ, E. Expert System : Uncertainty and Learning. Oxford, UK: The Alden Press, 1991.
- CHANDRASEKARAN, B., BYLANDER, T. Generic tasks for knowledge-based reasoning: the right level of abstraction for knowledge acquisition. Knowledge acquisition for knowledge based systems. London: B. Gaines and J. Boose, academic press., vol. 1, 1988. 65-77 p.
- CHOMSKY, N. Aspects of the theory of syntax. Cambridge: MIT Press, MA, 1965.
- CHURCH, A. Introduction to mathematical logic. Princeton, N. J.: Princeton U Press, vol.1, 1956.
- CLARK, A., ECONOMIDES, K. Computers, expert systems and legal processes: toward a sociological understanding of computers in legal practice. Computer science and artificial intelligence. Narayanan and M. Bennun, editors, Ablex. 3-32 p.
- CLARK, C. E. Negation as facture. New York: Pleman Press, 1978.
- COELHO, Helder, PEREIRA, L. M., COTTA, J. C. How to solve it in Prolog. LNEC, 4th edition, 1985.
- COELHO, Helder. Inteligência artificial em 25 lições. Fundação Calouste Gulbenkian, 1995.
- COELHO, Helder. Inteligência artificial: algumas questões metodológicas. Série VI, nº 7, Junho, 1995.
- COELHO, Helder. Sonho e razão: ao lado do artificial, reflexões pessoais sobre agentes inteligentes. Círculo de Leitores, 1996.
- COELHO, Luiz Fernando. Lógica jurídica e interpretação das leis. Rio de Janeiro: Forense, 1981.
- COELHO, Luiz Fernando. Teorias da ciência do direito. São Paulo: Saraiva, 1974.
- COSTA, Newton C. A. da, PUGA, Leila Zardo, VERNENGO, Roberto José. Normative logics, morality and law. Expert systems in law. A . Martino Editor, 1992.
- COSTA, Newton C. A. da. Ensaio sobre os fundamentos da lógica. São Paulo: Hucitec, 1980.
- CUADRADO, Clara Y., CUADRADO, John L. Handling conflicts in data. BYTE. November, 1986. 193-202 p.
- DAHL, O. J., NYGAARD, K. SIMULA- an algol-based simulation language. Communications of the ACM. 9, s/d. 671-678 p.

- DALLARA, Giovanni, GATTEI, Carlo, SARTOR, Giovanni, TOFTE, Mads. An application of the expert system shell kilagi to the study benefits regulation of Bologna university. Third Conference on Artificial Intelligence and Law, 1991. 86-91 p.
- DAVIS, Randall, SHROBE, H., SZOLOVITS, P.. What is a knowledge representation? AAAI. Spring, 1993. 17-33 p.
- DAVIS, Randall. Meta-rules: reasoning about control. Journal Artificial Intelligence. Vol. 15, 1980. 179-222 p.
- DEEDMAN, Cal, SMITH, J. C. The nervous shock advisor: a legal expert system in case-based law. Operational Expert System in Canada. Oxford: Ching Y Suen and Rajjan Shingal eds., Pergamon Press, 1991. 56 p.
- DESKINS, W. E. Abstract Algebra. New York: The Macmillan Company, 1964. 331, 343, 436, 442 p.
- DURKIN, John. Expert systems - design and development. Ohio: Akron, 1993.
- ETHERINGTON, D. W. Reasoning with incomplete information. Pitman, London: 1988.
- FAMELI, Elio, MERCATALI, P. Expert systems and legal decision-making models. Automated analysis of legal texts. Amsterdam, North-Holland: A. A. Martino and F. Socci (Eds.), 1986. 593-606 p.
- FEIGENBAUM, E. A. DENDRAL and meta-DENDRAL: Their applications dimensions. Artificial Intelligence. Nº 11, 1978. 5-24 p.
- FERRAZ JR., Tércio Sampaio. Introdução ao estudo do direito: técnica, decisão, dominação. São Paulo: Atlas, 1988.
- FIEDLER, Herbert. Expert systems as a tool for drafting legal decisions. Booktitle Logica, Informatica, Diritto. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Florence: Editor Antonio A. Martino and Fiorenza Socci Natali, 1985. 265-274 p.
- FIREBAUGH, M. Artificial Intelligence - A Knowledge Approach. USA: Pws-Kent Publishing Company, 1988.
- FISCHER, Dietrich. Determination of residence status for taxation law: development of a rule based expert system. Accepted papers for ICAIL'97, 1997.
- FREEMAN, Paul R. W. Expert systems and the law. Computers and law. Nº 47, march, 1986. 09-12 p.
- FUTO, Ivan, VARKONYI, Jozsef. Legal expert systems as simulation tools. In: proceedings of the Winter Simulation Conference, Budapest, Hungary, 1993, 1259-1263 p.
- GÄRDENFORS, Peter. The dynamics of normative systems. In: proceedings of the Third International Conference Logica Informatica Diritto - Expert Systems in Law, 1989, Florence.
- GARDNER, Anne Von de Lieth. An artificial intelligence approach to legal reasoning. Artificial Intelligence. Cambridge: The MIT Press, Mass, 1987.
- GIARRATANO, J., RILEY, G. Expert System - Principles and Programing. Boston: Publishing Company, 1989.
- GLASGOW, J., PANANGADEN, P. Security by permission in databases. Database Security II: Status and Prospects. 1989.
- GLEICK, James. Caos: a criação de uma nova ciência. Tradução Waltensir Dutra. Rio de Janeiro: Campus, 1990. 310 p.
- GÖDEL, Kurt. O teorema de Gödel e a hipótese do contínuo. Antologia organizada, prefaciada e traduzida por Manuel Lourenço. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979.

- GOEBEL, J. W., SCHMALZ, R. Problems of applying a legal expert system in legal practice. Automated analysis of legal texts. Amsterdam, North-Holland: A. A. Martino and F. Socci (Eds.), 1986. 613-623 p.
- GOLD, David I., SUSSKIND, Richard E. Expert systems in law. a jurisprudential and formal specification approach. Automated analysis of legal texts. Amsterdam, North-Holland: A. A. Martino and F. Socci (Eds.), 1986. 625-642 p.
- GORDON, Thomas F. Some problems with prolog as a knowledge representation language for legal expert systems. Computers & Technology. Booktitle Yearbook of Law. Editor C. Arnold, s/d.
- GORDON, Thomas F. The argument construction set - a constructive approach to legal expert systems. May 11, 1988. 01-20 p.
- GORDON, Thomas F. The importance of nonmonotonicity for legal reasoning. In expert systems in law: impacts on legal theory and computer law, edited by H. Fiedler, F. Haft, and R. Traummüller, 111-26. Tübingen: Attempto, 1988.
- GREENWELL, M. Knowledge for Expert System. Ellis Horwood Limited. England: 1988.
- GREINKE, Andrew. Legal expert systems: a humanistic critique of mechanical. Honours, Australian National University, 1994.
- GUIBOURG. El fenómeno normativo. Astrea: 1987. 187 p.
- HAAN, Nienke den. Towards Support Tools for Drafting Legislation. J. S. Svensson, Legal Knowledge Based Systems, JURIX '93: Intelligent Tools for Drafting Legislation, Computer-Supported, Koninklijke Vermande Comparison of Law. Lelystad: Koninklijke, Vermande J.G. J. Wassink and B. van Buggenhout (eds.), 1993. 23-30 p.
- HAFNER, Carole D., WISE, Virginia J. Smart law: adapting classic expert system techniques for the legal research domain. In: proceedings of Fourth Conference, 1993. 133 p.
- HALPERN, J., SHOHAM, Y. A propositional modal logic of time intervals. Logic in Computer Science. 1986. 249-292 p.
- HART, H. L. A. The concept of law. Oxford: Clarendon press, 1975. 263 p.
- HASSETT, Patricia. Can expert system technology contribute to improved bail decisions? International journal of law and information technology, 1993.
- HAYES, Patrick J. The logic of frames. Frame conceptions and text understanding. Berlin: Walter de Gruyter, D Metzger (ed.), 1979. 46 p.
- HAYES-ROTH, Frederick, WATERMAN, Donald A., LENAT, Douglas B. Building expert systems. Reading, Mass.: Addison-Wesley publishing Co. Inc., 1983.
- HEESEN, Constantin, HOMBURG, Vincent, OFFEREINS, Margriet. Laca: An architecture for legal agents. University of Groningen, Faculty of Management and Organisation, S/d.
- HERRESTAD, Henning, MACKAAY, Ejan. Is modal logic necessary or to be desired for expert systems in law? Norwegian Research Centre for Computers and Law, University of Oslo, 1996.
- HODNEBO, Olav, LOKKETANGEN, Edvard. The use of an ATMS in consistency checking of a legal expert system. In: proceedings of Fourth International Conference on Artificial Intelligence and Law, 1993. 72 p.
- HOLLAND, John H.. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor, Mich.: University of Michigan press, 1975.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. The computer and the mind: an instruction to cognitive science. Fontana, 1989.



- JONES, R P. Knowledge bases for computer assisted legal instruction. In: proceedings of the 3th conference, Legal expert systems 1989, Florence. 359-379 p.
- KAGAYAMA, Shigeru. The rational basis for the development of a legal expert system. Em meio eletrônico. S/d.
- KALINOWSKI, Georges. Lógica del discurso normativo. Madrid: Tecnos, 1975.
- KANT, Immanuel. Critica da razão pratica. Trad. e pref. de Afonso Bertagnoli, 3ª. ed. São Paulo: Publ. Brasil, 1959. 247 p.
- KARPF, Jurgen. Quality assurance of legal expert systems. Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1989, Florence. 411-440 p.
- KELSEN, Hans. Teoria pura do direito. Tradução de João Baptista Machado, 6ª ed. Coimbra: Armenio Amado, 1984. 484 p.
- KIMBROUGH, S. O., LEE, R. M., NESS, D.. Performative, Informative and Emotive Systems: The First Piece of the PIE. In: proceedings of the fifth Conference on Information Systems, 1984.
- KOLODNER, Janet L., CHALMERS, David J. Improving human decision making through case-based decision aiding. Artificial intelligence magazine. Edited by Thomas Metzinger, Ferdinand Schoninghm, 1995. 52-68 p.
- KOWALSKI, Robert Andrzej, SERGOT, Marek J. The use of logical models in legal problem solving. In: proceedings of Conference on Expert Systems in Law. Bologna, Ratio Juris: vol. 3, 1990. 201-218 p.
- KOWALSKI, Robert Andrzej. Case-based reasoning and the deep structure approach to knowledge representation. In: proceedings of the Third Internacional Conference on Artificial Intelligence and Law, 1991, New York. New York: ACM Press, 1991. 21-30 p.
- KOZICKI, Kátia. H. L. A. Hart: A hermenêutica como via de acesso para uma significação interdisciplinar do direito. Florianópolis 1993. 123 p. Dissertação (Mestrado em Direito) – Curso de pós graduação em Direito, Centro de Ciências Jurídicas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- KRALINGEN, Robert Van, REURINGS, E., OSKAMP, Edward. Norm frames in the representation of laws. In: J.S. Svensson, Legal knowledge based systems: JURIX'93: Intelligent tools for drafting Legislation, Computer-Supported Comparison of law. Lelystad: Koninklijke Vermande, J.G.J Wassink and van Buggenhout (eds.), 1993. 11-22 p.
- KUHN, Thomas S.. A estrutura das revoluções científicas. Tradução por Beatriz Viana Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1975. 257 p.
- LADKIN, P. The logic of time representation. Kestrel Institute Technical Report, 1986.
- LEE, R. M. DX: a deontic expert system. EURIDIS. Erasmus University, Rotterdam, 1992.
- LEITH, Philip. The Emperor's New Expert System (A Reply to Susskind). The Modern Law Review, 1987.
- LENAT, Douglas B., GUHA, R. V. Building Large Knowledge- Based Systems: Representation and Reasoning in the Cyc Project. 1990.
- LEVESQUE, Hector J., BRACHMAN, R. J. A fundamental tradeoff in knowledge representation and reasoning. Reading in knowledge representation. The knowledge representation enterprise. Morgan Kaufmann: Los Altos, R. J. Brachman, Levesque, H. J., editor, 1985. 41-70 p.
- LEWIS, Clarence Irving. A survey of symbolic logic. Berkeley and L A: Univ. of California Press. 1918.
- LOSANO, Mario. Lições de informática jurídica. São Paulo: Martins, 1944.

- MACCRIMMON, Marylin T. Expert systems in case-based law: the hearsay rule advisor. In: proceedings of the Second Internacional Conference on Artificial Intelligence and Law, 1989. 68-72 p.
- MACKAAY, Ejan, POULIN, Daniel, FRÉMONT, Jacques, DENIGER, Constant, BRATLEY, Paul. The logic of time in law and legal expert systems. Ratio Juris, vol. 3 (2), 1990. 254-271 p.
- MANDELBROT, Benoit B. Objectos fractais: forma, acaso e dimensão. Tradução de Carlos Fiolhais e Jose Luis Malaquias Lima. Lisboa: Gradiva, 1991. 296 p.
- MARIANI, Paola, TISCOMIA, Daniela. Application of an expert system to legislative drafting. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1985, Bologna.
- MARTINO, Antonio Anselmo. Legal expert systems. Vandenberghe, G P V, et al, Advanced Topics of Law and Information Technology. Deventer: Kluwer Law and Taxation Publishers, vol. 3, 1989. 183-194 p.
- MARTINO, Antonio Anselmo. Sistemas expertos legales. Informática y derecho: aportes de doctrina internacional. Buenos Aires: Depalma, vol. 1, 1987.
- McCARTHY, John. Applications of circumscription to formalizing common-sense knowledge. Artificial Intelligence. Vol. 28, 1986. 89-116 p.
- McCARTHY, John. Circumscription - A Form of Nonmonotonic Reasoning. Artificial Intelligence. Vol. 13, 1980. 27-39 p.
- McCARTHY, John. Programs with common sense. Semantic information processing. Minsky: MIT press, 1968. 403-418 p.
- McCARTY, L. Thorne. Intelligent legal information systems: problems and prospects. Rutgers Computer & Technology Law Journal. Data processing and the Law Sweet and Maxwell. London: Vol. 9, nº 2, 1983. 265-294 p.
- McCARTY, L. Thorne. The TAXMAN project: towards a cognitive theory of legal argument. Computer science and law: an advanced course. Cambridge university press, B. Niblett (editor), 1980. 23-43 p.
- McCULLOCH, W. S., PITTS, W.. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of mathematical biophysics 5, 1943. 115-133 p.
- McDERMOTT, Drew, DOYLE, John. Non-monotonic logic. Artificial Intelligence. 1980.
- McDERMOTT, Drew. Preliminary steps towards a taxonomy of problem-solving methods. Automating knowledge acquisition for expert systems. Kluwer, Boston: S. Marcus, editor, 1988. 225-255 p.
- McLAUGHLIN, Lynn A. Are expert system rules really easier to modify? 1994.
- MENDEL, Jerry M. Discrete techniques of parameter estimation: the equation error formulation. New York: M. Dekker, 1973. 385p.
- MILLER, Richard I., POPLER, H., MYERS, J. INTERNIST-I: a general computer-based diagnostic consultant for general internal medicine. 1982.
- MINSKY, Marvin L. A framework for representing knowledge. The psychology of computer vision. New York: McGraw-Hill, J Haugeland (ed) , Mind Design (Mit Press: Cambridge), 1975. 95-100 p.
- MINSKY, Marvin L. Conscious machines. New York: McGraw-Hill, S/d.
- MINSKY, Marvin L. K-lines: a theory of memory. Cognitive science. Nº 4, 1980. 117-133 p.
- MINSKY, Marvin L. Semantic information processing. Computation: finite and infinite machines. Perceptrons: an introduction to computacional geometry. MORRIS, C. Sobre semiótica. Cambridge: Mit Press, 1968.

- MINSKY, Marvin L., LOCKMAN, A. D. Ensuring integrity by adding obligations to privileges. In: proceedings of the International conference on software engineering IEEE, 8th, August, 1985, London. 92-102 p.
- MOENS, Marie-Francine. The PARCOM legal expert system and its hypertext facilities. Hypertext and Hypermedia in the Law, III. Di Giorgi, R. M, Nannucci, R. (eds.), 1994.
- MOLES, Robert N. Expert systems: the need for theory. JURIX'92, 5th International Conference, The Hague, The Foundation for Knowledge Systems. Grütters ed, 1992.
- MOORE, Robert C. Semantical considerations on nonmonotonic logic. International Joint Conference on Artificial Intelligence. Karlsruhe, West Germany: August, vol. 8, n° 8-12, 1983. 272-279 p.
- MORRIS, P., McDERMID, J. Security and normative rights. International Workshop on Deontic Logic and Computer Science, Deon'91, 1991, Amstherdam. 294-314 p.
- NAGEL, Stuart S. Spreadsheet software and legal expert systems. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1985, Bologna.
- NEWELL, A., SHAW, J., SIMON, H. Report on a general problem-solving program. In: proceedings of the International Conference on Information Processing. Paris: UNESCO house, 1959.
- NEWELL, A., SIMON, H. A. Computer science as empirical inquiry: symbols and search. Journal Communications of the ACM, reference for the Physical Symbol System Hypothesis (PSSH). Vol. 19, n° 3, March , 1976.
- NIBLETT, Bryan. Computer science and law: an advanced course. Cambridge: Cambridge University Press, 1980.
- NIBLETT, Bryan. Expert systems for lawyers. Computers and law (29):2-4, august, 1981.
- NOLT, John, ROHATYN, Dennis. Lógica. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1991.
- NORMAS jurídicas e análise lógica. Correspondência trocada entre os Srs. Hans Kelsen e Ulrich Klug. Rio de Janeiro: Forense, 1984.
- OSKAMP, Anja. Knowledge representation and legal expert systems. Advanced topics of law and information technology. Computer/Law Series. Boston: Kluwer law and taxation publishers deventer, Prof. G.P.V. Vandenberghe (ed.), s/d.
- OSMAN, Mohamed R., EVENS, Martha W., HARR, Henry., SPROW, James E. OLGS - an office letter generation system. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1985, Bologna.
- PALMER, James. Legal merit arguments, legal semantics and expert system design. ICAIL'97, 1997.
- PAQUIN, Louis Claude, BLANCHARD, François, THOMASSET, Claude. Loge-expert: from a legal expert system to an information system for non-lawyers. 1991. 254-259 p.
- PARSAYE, K., CHIGNELL, M. Expert Systems for Experts. USA: John Wiley & Sons, 1988.
- PAUL, J., M., Peterson, WATERMAN, Donald A. An expert system for asbestos litigation. Rand Paper, The Rand Corporation, Santa Monica, CA. 1986.
- PAUL, J., PETERSON, Mark A., WATERMAN, Donald A. Expert systems for legal decision making. The Rand Corporation. Vol. III, n° 4, 1986. 212-226 p.
- PEARL, J. Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference. San Mateo: Morgan Kaufmann, CA, 1988.
- PETHE, Vishwas P., RIPPEY, Charles P., KALE, L. V. A specialized expert system for judicial decision support. In: proceedings of the Second Conference. ACM Press, 1989. 190 p.

- PIAGET, Jean. Epistemologia genética. Tradução de Alvaro Cabral. São Paulo: M. Fontes, 1990. 115 p.
- PLANCK, Max. Introduction to theoretical physics. Translated by Henry L. Brose. New York: MacMillan, vol. 5, 1949.
- POINCARÉ, Henri. A ciência e a hipótese. Tradução de Maria Auxiliadora Kneip. 2ª Ed. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1988. 180 p.
- POULIN, Daniel, BRATLEY, Paul, FRÉMONT, Jacques, MACKAAY, Ejan. Legal interpretation in expert systems. In: proceedings of the Fourth Computer/Law Institute, 15-18 June, Vrije Universiteit, Amsterdam. New York: ACM Press, 1993. 90-99 p.
- PRAKKEN, Henry. A tool in modelling disagreement in law: preferring the most specific argument. In: proceedings of the thir Internacional Conference on Artificial Intelligence and Law. Oxford: ACM Prees, 1991. 165-174 p.
- PRAKKEN, Henry. Isomorphic models for rules and exceptions in legislation. Computer/Law Institute, Vrije Universiteit. Amsterdam: The Netherlands, 1991. 17-27 p.
- QUILLIAN, M. Ross. Words concepts. A theory on simulation of some basic semantic capabilities. 12 Behvioural science 410, 1967.
- QUIRCHMAYR, Gerald. The support of incremental legal decision making. In: proceedings of the IASTED International Symposium Expert Systems - Theory and Applications, 1, 1991, Anaheim, Calgary. Zürich: Acta Press, M. H. Hamza (ed.), 1989.
- RABUSKE, Renato Antônio. Inteligência artificial. Florianópolis: UFSC, 1995. 240 p.
- REITER, Raymond, CRISCUOLO, G. On interacting defaults. University of Illinois, 1978.
- REITER, Raymond, KLEER, Johnan de. Foundations of Assumption-Based Truth Maintenance Systems: preliminary report. Seattle, WA: 1987. 183-188 p.
- REITER, Raymond. A Logic for Default Reasoning. Artificial Intelligence. Vol. 13, 1980. 81-132 p.
- RICH, Elaine; KNIGHT, K. Artificial Intelligence. USA: Mcgraw-hill Inc, 1991.
- RICHARD, Jean-François. As Atividades Mentais. Paris: Ed. Armand Pollin, 1990.
- RIESBECK, Chistopher K. What next? The future of case-based reasoning in post-modern AI. DAVID B. LEARKE, Case-Based Reasoning. Experiences Lessons. Future Directions, s/d.
- RIJNHOUTD, F. Norm frames and situation semantics. Towards a Global Expert System in Law, A Glance at the Conference. 1993. 92-93 p.
- ROCHA, Leonel Severo. Direito, Complexidade e Risco. Revista Sequência, no. 28, junho de 1984.
- ROCHA, Leonel Severo. Em defesa da teoria do Direito. Revista Sequência, no. 23, dezembro de 1991.
- ROCHA, Leonel Severo. Escritos sobre a Investigação Jurídica. Revista Sequência, no. 8, dezembro de 1993.
- ROSENBLATT, F. Principles of neurodynamics. Washington, D.C.: Spartan books, 1962.
- ROSS, Alf. Sobre el derecho y la justicia. Trad. Genaro R. Carrió. Buenos Aires: EUDEBA, 1963. 56 p.
- ROVER, Aires José, TEIVE, Raimundo C. G. Sistema especialista no código penal brasileiro. Alter Agora: revista do curso de direito da UFSC. Florianópolis: Ed. UFSC, Ano I, nº 2, novembro, 1994. 69-76 p.

- RUFINO, Humberto D'Avila. A informática jurídica e a prestação jurisdicional trabalhista - uma proposta concreta. Dissertação defendida junto ao CPGD/UFSC, 1985.
- RUSSELL, Bertrand. On the notion of cause. Aristotelian Society. Nº 13, 1912-13. 1-26 p.
- RYAN, M. Defaults and revision in structured theories. In: proceedings Sixth Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science ( LIC'S 91), 1991.
- SANTOS, Filipe A. A., CARMO, José. A deontic logic representation of contractual obligations. s/d.
- SARTOR, Giovanni. Expert system for legal decision making. Expert systems. Vol. 3, nº 4, october, 1986.
- SAUSSURE, Ferdinand de. Curso de lingüística geral. Tradução por Antonio Chelini el alii. São Paulo: Cultrix. s/d.
- SAVOY, Jacques. Searching Information in Legal Hypertext Systems. In: proceedings of the International Conference Towards a Global Expert System in Law, 1993, Florence.
- SCHANK, Roger C. Dynamic memory: a theory of reminding and learning in computers and people. In: Reminding and memory. Cambridge, England: Cambridge University Press, chapter 2, 1982. 1-16p.
- SEARLE, John R. Mente, cérebro e programas. Lisboa: Edições 70, 1987.
- SERGOT, Marek J., FRIWACZCK, F., KOWALSKI, Robert Andrzej, SADRI, F., HAMMOND, Peter, KRIWACZEK, Frank, CORY, H. T.. The british nationality act as a logic program. Association for Computing Machinery. Vol. 29, nº 5, May, 1986. 370-386 p.
- SHAFER, G. Probability judgment in artificial intelligence and expert systems. Statistical science. Vol. 2, nº. 1, 1987. 3-44 p.
- SHARPE, W. Logic programming for the law. In: proceedings of the 4th technical conference of the BCS specialist group on expert systems. Braines, M. (ed), Cambridge University Press, 1985.
- SHORTLIFFE, Edvard H. Computer-based medical consultations: mycin. New York: American Elsevier, 1976.
- SHPILBERG, D., GRAHAM, L. E., SCHATZ, H. EXPERTAX: an expert system for corporate tax planning. London: 1986. 99-124 p.
- SKALAK, David B., RISSLAND, Edwina L. Using case-based reasoning to extend the expertise of expert systems. In: proceedings of the 3th International Conference on Lógica, Informatica, Diritto - Expert Systems in law, Florence, 1989.
- SLATTER, P. E. Building Expert Systems - Cognitive Emulation. England: Ellis Horwood Limited, 1987.
- SMITH, J. C. An introduction to artificial intelligence and law: or, can machines be made to think like lawyers?. Artificial Intelligence and Law. s/d. 1-13 p.
- SMITH, J. C., DEEDMAN, Cal. The application of expert systems technology to case-based law. In: proceedings of the First Internacional Conference on Artificial Intelligence and Law, Northeastern University. Boston: ACM Press, 1987. 84-93 p.
- SMITH, J. C., GELBART, D., GRAHAM, D. Building expert systems in case-based law. 1992, 335 p.
- SMITS, Jan, KRACHT, Douwe. Experiences with a methodology for developing advisory systems for legal questions. In: proceedings of the 3th International Conference on Lógica, Informatica, Diritto - Expert System in Law, 1989, Florence.

- SOPER, Paul, BARGELLINI, G., BINAZZI, S. Using a knowledge-based model to structure the retrieval of legal documents in towards a global expert system in law. A Glance at the Conference (IDG Florence), 1993. 168-69 p.
- SOWA, John F. Principles of semantic networks. Morgan Kaufmann, 1991.
- SPROWL, James A. Assembling standardized legal documents in a semiautomated fashion with a rule-based expert system. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1989, Bologna.
- STAMPER, Ronald K. LEGOL: Modelling legal rules by computer. Computer science and law: An advanced course. Cambridge: Cambridge university press, B. Niblett, ed., 1980. 45-71 p.
- STAMPER, Ronald K. The role of semantics in legal expert systems and legal reasoning. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1989, Bologna.
- STAUDT, Ronald W. Practical applications of document assembly systems: uses in large firms and law school curricula. In: proceedings of the Conference on Expert Systems in Law, May, 1985, Bologna.
- STEGMÜLLER, Wolfgang. O moderno empirismo: Rudolf Carnap e o Círculo de Viena. Filosofia contemporânea. São Paulo: EDUSP, vol. 1, 1977. 274-329 p.
- SUSSKIND, Richard E. Expert systems in law: a jurisprudential approach to artificial intelligence and legal reasoning. The modern law review. Vol. 49, March, 1986. 168-194 p.
- SUSSKIND, Richard E. Expert systems in law: out of the research laboratory and into the marketplace. In: Proceedings of Fourth Internacional Conference on Artificial Intelligence and Law, 1987.
- SUSSKIND, Richard E., CAPPER, P. M. Latent damage law - the expert system. Butterworths, 1988.
- TATA, Cyrus, WILSON, J. N., HUTTON, N. Representations of knowledge and discretionary decision-making by decision-support systems: the case of judicial sentencing. University of Strathclyde, 1996.
- TENÓRIO, Robinson M. Computador de papel: máquina abstrata para um ensino concreto. São Paulo: Cortez, 1991.
- THORNE, J., UGARTE, M. Using purposes of the law in legal expert systems. Automated analysis of legal texts. Amsterdam, North-Holland: A. A.Martino and F.Socci (Eds.), 1986. 711-716 p.
- TRAUNMULLER, Roland. Modelling law and legal expert systems. In: proceedings EGPA Conference on Expert and Normativity, September, 1989, Leuven, Amsterdam, North-Holland.
- TURBAIN, E. Decision support systems and expert systems. Prentice Hall International, Inc. USA, 1995.
- TURING, Alan M. Computing machinery and intelligence. s/d. 23-35 p.
- TYREE, Alan L. Finder: an expert system. 1997.
- TYREE, Alan L. Generating legal arguments. 1997.
- TYREE, Alan L. Legal expert systems: the problem of precedent. University of Sydney, 1985.
- TYREE, Alan L. Will justice fall to bits?. 1997.
- TYREE, Alan L., GREENLEAF, Graham, MOWBRAY, Andrew. Expert systems in law: the dataLex project. Boston: ACM Prees, may, 1987. 9-17 p.
- VALENTE, André, BREUKER, J. A functional ontology of law. Towards a global expert system in law. Padua: G. Bargellini and S. Binazzi, editors, CEDAM Publishers, 1994. 1-15 p.

- VALENTE, André. Legal knowledge engineering: a modelling approach. Ohmsha: IOS Press, 1995.
- VAN NEVEL, G., BALFROID, F., VENKEN, R. An expert system for the application of import and export regulations. In: proceedings of the Third International Conference on Artificial Intelligence and Law, 1991. 272-277 p.
- VERHEIJ, H. Bart. Reason based logic in law. Towards a Global Expert System in Law. A Glance at the Conference (eds. G. Bargellini, S. Binazzi), 1993, Florence. 100-111 p.
- VERNENGO, Roberto Jose. Curso de teoria general del derecho. Buenos Aires: Cooperadora de derecho y ciencias sociales, 2ª ed, 1976.
- VIEHWEG, Theodor. Tópica y Jurisprudencia. Madrid: Taurus, 1964.
- VILANOVA, Lourival. As estruturas lógicas e o sistema do direito positivo. São Paulo: Ed. RT, 1977.
- VISSER, P. R. S. Reasoning about definitions in statutes. In: J.A. Breuker, R.V. De Mulder & J.C. Hage: Legal Knowledge Based, Systems: JURIX '91: Model-based legal reasoning. Lelystad: Koninklijke Vermande, 1991. 113-122 p.
- VISSER, Pepijn R. S. On mismatches between ontologies: a first investigation into knowledge fusion. KRAFT Working Paper. University of Liverpool, oct., 1996.
- VISSER, Pepijn R. S., CAPON, Trevor J M Bench. Ontologies in the design of legal information systems; towards a library of legal domain ontologies. Conference on Applied Ontology, 1998, Buffalo University, N.Y., USA. 76-85 p.
- VON WRIGHT, Georg Henrik. Ensayo de logica modal. Buenos Aires: Sarmiento, 1970.
- VON WRIGHT, Georg Henrik. Norm and action , a logic enquiry. International Library of Philosophy and Scientific Method. London: Routledge & Kegan Paul, 1963.
- VOSSOS, George, DILLON, T., ZELEZNIKOW, J., TAYLOR, G. An object oriented system for legal reasoning - IKBALS. In: proceedings of the tenth international workshop on expert systems and their applications, 1990, Avignon, France. 741-754 p.
- WALTER, Charles. Computer power and legal language: the use of computational linguistic, artificial intelligence, and expert systems in the law. Quorum Books, 1988.
- WARAT, Luis Alberto, ROCHA, Leonel Severo, CITTADINO, Gisele Guimarães. O direito e sua linguagem. Florianópolis: Editora da UFSC, 1984.
- WATERMAN, David A. A Guide to Expert System. USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1986.
- WATERMAN, David A. Models of legal decision making. Klahr, P. and D. A. Waterman. Expert systems. Techniques, tools, and applications. . Original source for the description of LDS. Addison-wesley pub. Co, Reading, 1986. 135-186 p.
- WATERMAN, David A., WATERMAN, Donald A. Evaluating civil claims: an expert systems approach to evaluating product liability cases. Computing power and legal reasoning. St. Paul (MN): West publishing Co, C. Walter (Ed.), 1985. 627-659 p.
- WEBER, Rosina, BARCIA, R., COSTA, M., RODRIGUES FILHO, I., HOESCHL, H. C., BUENO, T., MARTINS, A., PACHECO, R. A Large Case-Based Reasoner for Legal Cases. Lecture Notes in Artificial Intelligence: 2nd Int. Conference on CBR, ICCBR97. David Leake. Berlin: Enric Plaza ed., Springer, 1997.
- WEBER, Rosina. Pesquisa jurisprudencial inteligente. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis: 1998.
- WEUSTEN, Marnix C. M. Maintenance of knowledge in advisory systems on legal questions. In: proceedings of the 3th International Conference on Lógica, Informatica, Direito - Expert Systems in Law, 1989, Florence.

- WINOGRAD, Terry, DOBROW, D. Frame representation and the declarative-procedural controversy. Representation and understanding. New York: Academic pres., 1975.
- WINOGRAD, Terry, FLORES, Fernando. Understanding computers and cognition, a new foundation for design. New Jersey: Ablex. address Norwood, 1986.
- WITTGENSTEIN, Ludwig. Tractatus logico-philosophicus. Tradução, apresentação e ensaio introdutorio Luiz Henrique Lopes dos Santos São Paulo: EDUSP, 1994, 294 p.
- WOODS, Willian A. Important issues in knowledge representation. S/d.
- ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. Information and Control. Vol. 8, 1965. 338-353 p.
- ZELEZNIKOW, John, HUNTER, Daniel. Rationales for the continued development of legal expert systems. Vol. 3, 1992. 94-110 p.
- ZELEZNIKOW, John. Towards a global legal expert system, or is law logic. Report on a conference to celebrate the 25th anniversary of the idg in Florence, s/d.



## ANEXOS

### Figuras

Figura 1 - Esquema cognitivo de ação do homem no mundo .....	50
Figura 2 - Relação entre a IA, os Sistemas Baseados em Casos e os SE.....	119
Figura 3 - Relação entre o especialista e o engenheiro de conhecimento .....	126
Figura 4 - Interface entre usuário e a base de conhecimento .....	137
Figura 5 - Etapas de construção de um SE.....	139
Figura 6 - Interação entre o especialista e o engenheiro de conhecimento .....	145
Figura 7 - Exemplo de rede semântica com capacidade não monótona .....	179
Figura 8 - Exemplo gráfico de quadro .....	183
Figura 9 - A classe crimes representa o nível mais alto de abstração .....	263
Figura 10 - Classe, subclasses e instâncias dos crimes contra os costumes.....	264
Figura 11 - Classe, subclasses e instâncias dos crimes contra a vida .....	266
Figura 12 - Relações entre atributos no protótipo .....	267
Figura 13 - Esquema da função <i>Forward</i> no Protótipo.....	278

### Tabelas

Tabela 1 - Escolhas ontológicas .....	41
Tabela 2 - Comparação entre modelos de programação .....	57
Tabela 3 - Procedimento de procura primeiro em profundidade .....	61
Tabela 4 - Características dos modelos lógico, estrutural e procedimental .....	64
Tabela 5 - Relação entre tarefas e modelos.....	68
Tabela 6 - Princípio da resolução em lógica .....	69
Tabela 7 - Tarefas e sub-áreas da IA.....	70
Tabela 8 - Princípios da lógica clássica .....	73
Tabela 9 - Principais símbolos utilizados em modelos lógicos.....	74
Tabela 10 - As 4 formas de silogismo categórico .....	76
Tabela 11 - Exemplos de predicados.....	77
Tabela 12 - Regras básicas de inferência lógica .....	78
Tabela 13 - Regras derivadas importantes .....	79
Tabela 14 - Tipos de lógica modal .....	82
Tabela 15 - Quatro tipos principais de modos.....	82
Tabela 16 - Quadro de equivalências entre os operadores deônticos.....	91
Tabela 17 - Exemplo de uma teoria de base.....	97
Tabela 18 - Teoria de base e extensões múltiplas .....	98
Tabela 19 - Exemplos da atribuição de graus de crenças.....	106
Tabela 20 - Sistemas numéricos de tratamento da imprecisão .....	107
Tabela 21 - Sub-áreas da IA - exemplos pioneiros .....	109
Tabela 22 - Exemplos de um modelo indutivo .....	110
Tabela 23 - Comparação entre sistemas ou técnicas de IA .....	113

Tabela 24 - Aplicações de Raciocínio Baseado em Casos no Direito .....	117
Tabela 25 - Comparação entre SE e redes neuronais .....	120
Tabela 26 - Distinções entre sistemas convencionais e SE.....	125
Tabela 27 - Comparação entre SE e especialista humano.....	127
Tabela 28 - Exemplo de frases em uma Base de Conhecimento .....	131
Tabela 29 - Evolução das TMS .....	132
Tabela 30 - Características dos encadeamentos .....	136
Tabela 31 - SE e conchas que utilizam regras de produção .....	165
Tabela 32 - Exemplo formalizado em lógica e em uma rede semântica.....	170
Tabela 33 - Exemplo de uma tripla objeto, atributo e valor.....	173
Tabela 34 - Frases formalizadas em uma rede semântica .....	178
Tabela 35 - Escaninhos e valores do exemplo acima.....	184
Tabela 36 - Orientação a objetos - evolução .....	187
Tabela 37 - Evolução dos sistemas de apoio à decisão e correlatos .....	253
Tabela 38 - Atributos envolvidos nas regras relativas aos crimes contra a vida .	273
Tabela 39 - Atributos usados nas regras relativas aos crimes contra o costume .	274