Semântica Lexical em Linguagens Pseudo-Naturais de Interface

Clarisse Sieckenius de Souza[1]
Maria Carmelita Padua Dias[2]
Laura Sánchez García[1]
Margarida de Paula Basílio[3]

Departamento de Informática — PUC-Rio[1]
Departamento de Letras — PUC-Rio[2]
Departamento de Lingüística e Filologia — UFRJ[3]

email: clarisse@inf.puc-rio.br

Monografias em Ciência da Computação

Departamento de Informática — PUC-Rio

MCC 22/93

Abstract

O presente artigo apresenta uma proposta de representação e processamento da semântica lexical de enunciados em linguagem pseudo-natural, ocorrentes no diálogo entre usuários e sistemas baseados em conhecimento. A proposta enquadra-se no ambiente LINX, onde as intervenções do usuário são formuladas com o apoio de menus de seleção de palavras e o raciocinador automático opera por Dedução Natural sobre uma base de conhecimentos em lógica de primeira ordem. A base teórica da abordagem desenvolvida, aplicável no processo de interpretação e geração de textos, são as Estruturas Conceituais de Jackendoff, que oferecem importantes vantagens computacionais. A proposta é discutida em termos da distribuição entre tratamento lingüístico e tratamento lógico, das especificidades da noção de semântica no ambiente LINX e dos métodos que se podem derivar para a construção de bases de conhecimento lógico e dicionário de interface.

Abstract

This paper proposes an alternative to represent and process lexical semantic information of utterances in pseudo-natural language, occurring in dialogues between users and knowledge-based systems. The proposal is presented within the framework of Project LINX, where the formulation of users utterances may be supported by menu selection, and system reasoning is supported by a Natural Deduction Theorem Prover acting upon a logic knowledge base. The theoretical approach to lexical semantics, applying to both interpretation and generation of pseudo-natural language utterances is that of Jackendoff's Conceptual Structures. It offers important computational advantages, which are discussed in terms of the distribution between linguistic processing and logic proof, of the specificity of the notion of semantics in the LINX environment, and the types of methods that can be derived for the construction of both the knowledge base and the interface vocabulary.

1. Introdução

O Projeto LINX [18] tem por objetivo investigar métodos de desenvolvimento para interfaces de Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC's) cujo raciocinador automático seja um provador de teoremas por Dedução Natural [10,04,11]. A comunicação entre usuário e sistema é realizada por meio de uma linguagem artificial projetada para gerar e interpretar textos válidos da língua portuguesa do Brasil. Apesar de aparentemente tratar-se de processador de linguagem natural, o núcleo da interface é de fato um sistema de interpretação e geração de símbolos complexos, homógrafos de textos gramaticais brasileiros. O processador opera com regras derivadas de um subconjunto da gramática do português do Brasil, o que aponta diretamente para problemas quanto ao controle da interpretabilidade de intervenções do usuário caso este não seja alertado para qual parte de sua língua pode ser efetivamente usada na comunicação com o sistema. A solução de controle adotada no ambiente LINX é a de oferecer ao usuário menus com opções gramaticalmente válidas de palavras que poderão formar a expressão de suas intervenções no diálogo com o raciocinador.

Embora a solução não seja inovadora [21], o ambiente LINX introduz na gramática geradora de menus componentes associados a estruturas de discurso e diálogo, ausentes de aplicações semelhantes em língua portuguesa [01]. Uma outra característica distintiva do projeto é o método de elaboração das gramáticas de interpretação e geração de textos, o qual parte da estrutura de provas em Dedução Natural e através de mapeamentos sucessivos [10,19] define todas e somente as estruturas sintáticas e entradas lexicais necessárias para que o sistema apresente o produto de sua computação. Esta gramática mínima e suficiente, base do processo de interpretação e geração de textos na interface, assegura à interação global as qualidades de coesão, coerência e consistência.

Como parte integrante da gramática gerativa de textos e de menus em interfaces como a do LINX, figura o componente de semântica lexical. O presente trabalho tem por objetivo apresentar as metas, o enquadramento teórico e os primeiros resultados relativos a este aspecto semântico da linguagem artificial de interação que está sendo projetada. A ênfase da apresentação recairá sobre as interdeterminações verificadas entre os elementos da linguagem de representação de conhecimentos na base do SBC e as palavras pertencentes ao vocabulário da linguagem de interface.

O artigo está dividido em três outras seções além desta Introdução. A Seção 2 descreve sumariamente a proposta de Jackendoff para a descrição semântica em línguas humanas e apresenta o modelo de semântica lexical do LINX. A Seção 3 apresenta aspectos de arquitetura e funcionamento do ambiente LINX, dando destaque aos efeitos da opção por representações de significado inspiradas nas Estruturas Conceituais. Finalmente, a Seção 4 discute a distribuição entre tratamento lingüístico e tratamento lógico, as especificidades da noção de semântica no ambiente LINX e os métodos que se podem derivar para a construção de bases de conhecimento lógico e dicionário de interface.

2. A Descrição da Representação Semântica no LINX

A importância da representação semântica dos itens lexicais no ambiente LINX está associada ao fato de o léxico estabelecer a correspondência fundamental entre símbolos constantes nas perguntas do usuário e os constantes na base de conhecimento. Por princípio de construção, todos os símbolos que aparecem na linguagem lógica de primeira ordem em que se representam os fatos e as regras da base têm uma lexicalização correspondente na linguagem de interface, sendo que há itens lexicais que não estão em correspondência direta com símbolos da base (é por exemplo o caso de palavras com apenas um papel sintático na linguagem, como a conjunção integrante "que").

A descrição semântica do léxico tem como ponto de partida o modelo proposto por Jackendoff [06], sob o rótulo de Semântica Conceitual. O modelo original, fortemente cognitivo, focaliza aquilo que se define como *I-concepts* — os conceitos internalizados pelos indivídulos ao conhecerem e experimentarem o mundo. Tais conceitos resultam da organização de um conjunto finito de primitivas mentais, regulada por um conjunto também finito de princípios combinatórios. Jackendoff adota a hipótese de que o inventário de conceitos lexicais é construído pela combinação ordenada de primitivas, a partir de uma base inata de conceitos possíveis, modulados pela contribuição tanto da experiência lingüística quanto da não-lingüística.

As primitivas que possibilitam a composição das Estruturas Conceituais (EC's) são categorias ontológicas que recebem nomes como Coisas, Eventos, Estados, Direções e Lugares. Tanto as EC's como os princípios de combinação entre elas são universais e não dependem de qualquer língua, mesmo porque o nível de representação conceitual não capta informações apenas do sistema lingüístico, mas também de outros sistemas, como o visual e o motor.

Embora Jackendoff afirme [05] não se preocupar com as conseqüências computacionais de sua teoria, o fato é que ela apresenta uma série de vantagens, dentre as quais destacamos as que se seguem.

a) Formalização — As EC's e seus princípios de organização são representados com cuidadoso rigor formal. Para o autor, a formalização serve com um importante quesito na testagem de uma teoria. O atrativo computacional de teorias bem formalizadas dispensa qualquer ênfase.

b) Apelo à Unificação — O modo como se interrelacionam as EC's e as estruturas sintáticas segue um mecanismo similar ao de unificação, como atesta o próprio autor [06, p.290]. Esta característica é particularmente bem-vinda em aplicações computacionais envolvendo linguagem natural e lógica, vista a disponibilidade de técnicas eficientes de análise e interpretação lingüística no paradigma da programação em lógica [13,17]. Se a própria teoria, independente de implementação computacional, define um processo similar à unificação em seu bojo, o aproveitamento computacional torna-se tanto mais facilitado e consistente.

c) Distinção entre Classe e Elemento de Classe — Várias categorias conceituais aceitam distinções com base numa relação de hierarquia, onde alguns elementos estão subordinados a outros. Novamente, o mapeamento entre estas distinções, por um lado, e as noções de variável tipada e constante, por outro, apontam para uma correspondência sistemática entre elementos da teoria e elementos ou estruturas da linguagem de representação de conhecimento.

d) Argumentos-Funções — Cada categoria conceitual pode ser decomposta numa estrutura de argumentos que podem, a seu turno, ser expressos por funções. Isto permite que duas funções sintáticas ou dois complementos de verbo, por exemplo, sejam acoplados em um só argumento.

e) Alimentação a partir de vários sistemas — O não compromentimento exclusivo das EC's com as estruturas lingüísticas, uma vez que as EC's podem mapear-se em outros sistemas e ser por eles alimentadas, possibilita o uso da teoria como base semântica uniforme para sistemas envolvendo facilidades de multimeios.

f) Regras de Correspondência — Jackendoff salienta que seu modelo geral para o processamento da linguagem — onde aparece o componente semântico — não adota regras de derivação, no sentido de a semântica derivar da sintaxe ou vice-versa, mas antes regras de correspondência, em que tanto a estrutura resultante do componente sintático quanto a resultante do componente semântico apresentam regras de mapeamento recíproco. Esta característica teórica é uma sólida garantia de homogeneidade entre as estruturas associadas à representação sintática e semântica em uma implementação computacional do modelo.

Há sistemas de interpretação automática de textos em linguagem natural — no caso, o inglês — que dão concretude aos argumentos apresentados acima. White utilizou a teoria de Jackendoff como extensão da Gramática Categorial Combinatória [22] e di Eugenio e White utilizaram-na como base integradora de representações num sistema de interpretação de instruções a serem executadas por um agente computacional de uma aplicação gráfica envolvendo animação [02].

No caso da linguagem de interface LINX, além de todas as vantagens expostas acima, a teoria de Jackendoff traz ainda outro benefício, que é a forte relação existente entre a Sintaxe e a Semântica.

A princípio, o sistema LINX poderia ter-se valido da Teoria de Dependência Conceitual (DC) de Schank [15], que já foi amplamente utilizada em outros sistemas computacionais. Entretanto, a Dependência Conceitual quase ignora a sintaxe, o que é um fator desfavorável para o LINX. Experiências de geração de texto anteriores ao projeto [09] deram conta de que a codificação totalmente independente de sintaxe e semântica numa estrutura de predicados e argumentos da BC compromete seriamente a qualidade de textos explicativos. Por isto, o LINX tem sua BC codificada em função de mapeamentos de EC's sobre estruturas sintáticas mínimas (Sentenças Básicas, ou SB's). Por exemplo, quando se deve decidir quais predicados e argumentos devem representar porções de conhecimento em uma linguagem lógica, esta decisão é tomada em função (1) das EC's associadas às entidades do domínio que assim se codificam e (2) das estruturas sintáticas (sentenciais, sub-sentenciais ou supra-sentenciais) em que as EC's em questão podem aparecer. A proposta de Schank não dá suporte a estas decisões, visto que uma rede de DC pode ser sintaticamente estruturada de diversas maneiras, todas equivalentes. Isto, por exemplo, não garante qualquer homogeneidade estrutural para desencadear processos gerais de geração de textos (a marcação do foco das sentenças geradas, para citar um caso crítico, é imprevisível a partir da DC).

As regras de correspondência entre sintaxe e semântica, na proposta adotada no LINX, garantem adicionalmente o bom funcionamento do processo de formulação de perguntas para o raciocinador através de menus. Quando o sistema propõe uma palavra, ele compõe possíveis estruturas sintáticas e semânticas que vão ser ratificadas pelo usuário. A cada opção do usuário, as supostas estruturas têm de ser reformuladas, pois cada escolha lexical pode acionar uma nova estrutura conceitual e sintática. Este processo de geração e interpretação alternadas aponta para teorias em que há dupla determinação estruturas (regras de correspondências), e não uma subordinação da sintaxe à semântica ou vice-versa (regras de derivação), na formulação e análise das perguntas do usuário.

No LINX, cabe ao gerenciador da interface controlar o processo de formulação gradativa das perguntas, através de Léxico e da Gramática. O sistema permite também o mecanismo de *type ahead* (em que o usuário dispensa a orientação por menus e submete um enunciado digitado diretamente em um campo de entrada), mas para efeitos deste artigo esta característica não constitui um ponto focal. Portanto, na entrada por menus, o Léxico é um recurso fundamental para a operação do Gerenciador, quando este apresenta ao usuário as alternativas plausíveis. Cada escolha vocabular determina as escolhas subseqüentes.

O Léxico no LINX desempenha também um papel fundamental no processo de geração de respostas, já que o mapeamento definido entre linguagem de interface e linguagem de representação de conhecimentos vigora tanto na etapa de avaliação das entradas do usuário como na de exibição das saídas do sistema. Como fio condutor ligado ao mesmo tempo ao interpretador e ao gerador, o Léxico garante a interpretabilidade e a geratividade de todos os enunciados a aparecerem na interface. Esta característica atende plenamente a um importante requisito de interface, levantado por Draper dentro da abordagem do *User-Centered System Design*: a inter-referencialidade de entrada e saída em qualquer aplicação computacional interativa [03].

O acervo de itens lexicais do LINX é formado por diferentes classes de palavras e locuções. Inicialmente, estão integradas a ele as formas lexicalizadas correspondentes a todos os predicados,

argumentos, conectivos e quantificadores da Base de Conhecimento. Adiantando os exemplos que aparecerão na seção seguinte, existem predicados que indicam Eventos e que são expressos por verbos, como "viajar" e "ir"; ou predicados que expressam propriedades e que são expressos por adjetivos, como "direto", ou por sintagmas, como "com-muitas-escalas". Existem ainda argumentos que indicam Classes e que são expressos por substantivos, como "vôo", ou que indicam Elementos de classe, como "RG101", e assim por diante.

Há também itens lexicais semanticamente relacionados à BC, mas que não figuram diretamente como parte da linguagem (lógica) de representação de conhecimentos. No exemplo deste artigo, o domínio é relativo a companhias aéreas e vôos. Embora na BC não haja qualquer predicado ou argumento representado pela palavra "avião", ela existe dentro do Léxico. Sua presença vai permitir uma correta interpretação de perguntas como: "Existe um avião direto de Curitiba para Porto Alegre?".

Adicionalmente, itens lexicais funcionalmente relacionados à estrutura do discurso e às estruturas morfo-sintáticas da língua integram de pleno direito o Léxico do LINX. Trata-se por exemplo dos artigos, das preposições, das conjunções, bem como de vocábulos como os verbos "haver", "ter" e "ser".

A estrutura das entradas lexicais no LINX segue aquela já descrita no gerador de textos GEMA [12], com as adaptações e extensões necessárias para gerar textos explicativos, retoricamente estruturados por esquemas recursivos [10], cuja semântica é representada através de Estruturas Conceituais. O GEMA, a título de esclarecimento, gera textos descritivos, com estruturação textual retoricamente pobre e semântica baseada em primitivas arbitrárias sem comprometimento cognitivo.

Cada entrada lexical do LINX é composta de um campo com a denominação do item e de mais quatro campos, com informações morfológicas, sintáticas, semânticas e procedimentais, conforme a descrição a seguir. Na Figura 1 vêem-se esquematizadas duas entradas lexicais típicas.

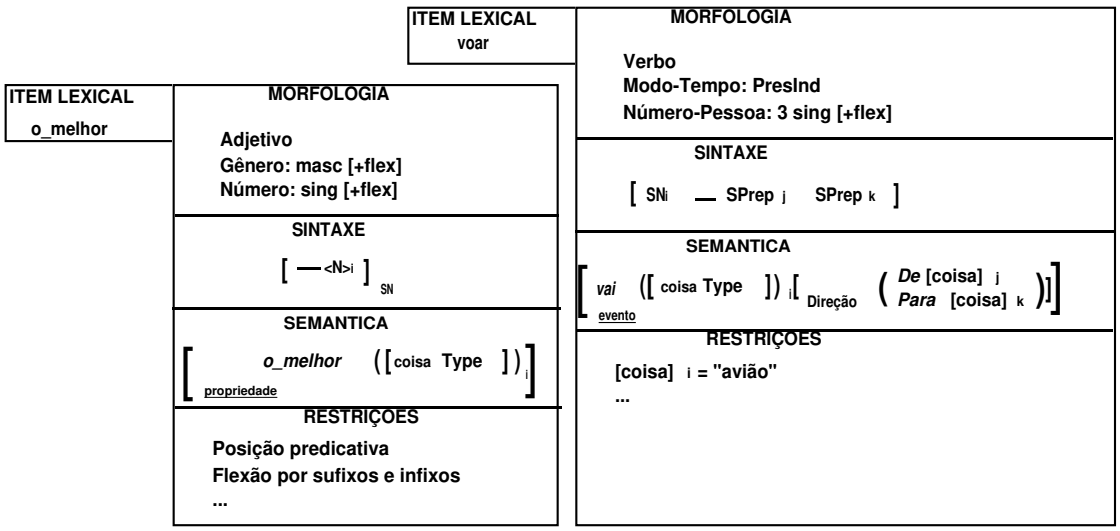

Figura 1: Exemplo de Entradas Lexicais do LINX

a) Denominação do item — A entrada no dicionário do LINX não é composta necessariamente de um item lexical na acepção tradicional do termo. A entrada é igual a uma cadeia de caracteres que pode ser composta de apenas uma palavra ou de mais de uma palavra. Muitas vezes, por motivos pragmáticos, os predicados constantes da BC são expressos por sintagmas, como "o-melhor" (v. Figura 1) e "é-escala-de". Nesse caso, as expressões vão ser tratadas como uma única entrada no

dicionário. Locuções, como as prepositivas e as conjuntivas, também recebem o mesmo tratamento.

b) Informações morfológicas — Encontram-se neste campo todas as informações disponíveis e necessárias de cunho morfológico, ou seja, a classe de palavra do item (mesmo que seja apenas uma aproximação, no caso de sintagmas) e as flexões pertinentes. No estágio corrente, os substantivos recebem flexão de gênero e número e os verbos são flexionados apenas quanto ao número. Futuramente, os verbos poderão vir a conter também informações relativas a pessoa e a tempo-modo-aspecto, contanto que haja extensões compatíveis na BC.

c) Estrutura sintática — Neste campo, apresenta-se o ambiente sintagmático em que o item ocorre, seja ele sentencial ou não. Os itens lexicais aparecem em determinadas posições das Sentenças Básicas e são mapeados para determinadas posições de fórmulas lógicas.

d) Informação semântica — Este tipo de informação é fornecido com base no modelo de Estruturas Conceituais proposto por Jackendoff. No entanto, certas adaptações devem ser feitas, no sentido de só serem expressos componentes semânticos que contribuam diretamente para uma distinção sistemática do significado de um item em relação a todos os demais. É de se notar que esta adaptação, determinada pelos processos de manipulação simbólica subjacentes à interface, distancia a noçao de semântica tal como se manifesta no LINX da noção lingüística corrente nas teorias da linguagem. No LINX, a semântica repousa sobre um sistema de distinções, mínimo e suficiente para que as computações simbólicas sobre cadeias de caracteres exibam na interface textos homógrafos aos da língua portuguesa. Como isto é evidentemente insuficiente para uma Semântica da Língua Portuguesa, deve-se conceber a semântica aqui descrita e discutida como uma espécie de *Semântica Distintiva.*

e) Restrições — No último campo, encontram-se restrições de caráter procedimental. São informações parametrizadas para o processo de interpretação e geração, determinadas por exigências computacionais associadas ao fato de a linguagem de interface não ser (apesar de parecer) o Português. Um exemplo disto [ver Figura 1] é a informação de que certo item lexical não se comporta exatamente igual aos demais de sua classe, devido a uma arbitrariedade na sua lexicalização: o item"o_melhor", por exemplo, nao se flexiona em número através de sufixos apenas (como o item "direto/direto+s"), mas através de sufixo e infixo ("o+s_melhor+es").

3. A Interação entre Usuário e Sistema no Ambiente LINX

O ambiente LINX é composto de diversos módulos de processamento, organizados conforme se vê na Figura 2, a seguir. Nela, estão retratadas também as principais estruturas de dados que fluem pelo sistema, sobre as quais serão dados maiores esclarecimentos através de exemplos.

A arquitetura destaca dois módulos especiais: o GERENCIADOR DE INTERFACE (GI) e o RACIOCINADOR AUTOMATICO (RA). O primeiro será mais detalhado na presente seção, ao passo que o segundo, tendo sido objeto de uma tese de mestrado recente [11], não será descrito pormenorizadamente. Também foram objeto de tese anteriormente defendida, porém de doutorado [10], as especificações dos módulos intitulados aqui SOLICITADOR DE PROVAS (SP) e PLANEJADOR DE TEXTOS (PT). Assim, suas descrições serão bastante sumárias, visando tão somente permitir que o leitor possa compreender as funções globais dos mesmos e o fluxo geral de estruturas ao longo do processo.

A semântica lexical, foco do presente trabalho, intervém de maneira decisiva nas etapas de interpretação e geração de enunciados, razão pela qual os módulos intitulados INTERPRETADOR DE ENUNCIADOS (IE) e GERADOR DE TEXTOS (GT) terão descrições mais extensas.

Do ponto de vista funcional, as atribuições do GI são: (1) gerar os menus para a composição da pergunta do usuário, valendo-se, para isto, da gramática gerativa, do léxico e das estruturas de discurso; (2) gerenciar a entrada de informações extra-vocabulares, usando, para este fim, representações não-lingüísticas de informação; (3) gerar a estrutura final a ser interpretada; (4) apresentar o texto gerado pelo sistema para a resposta; e (5)gerenciar as informações extra-textuais de saída, utilizando as estruturas de discurso e representações não-lingüísticas de informação. Mais adiante, nesta seção, encontram-se exemplos associados a tais funções.

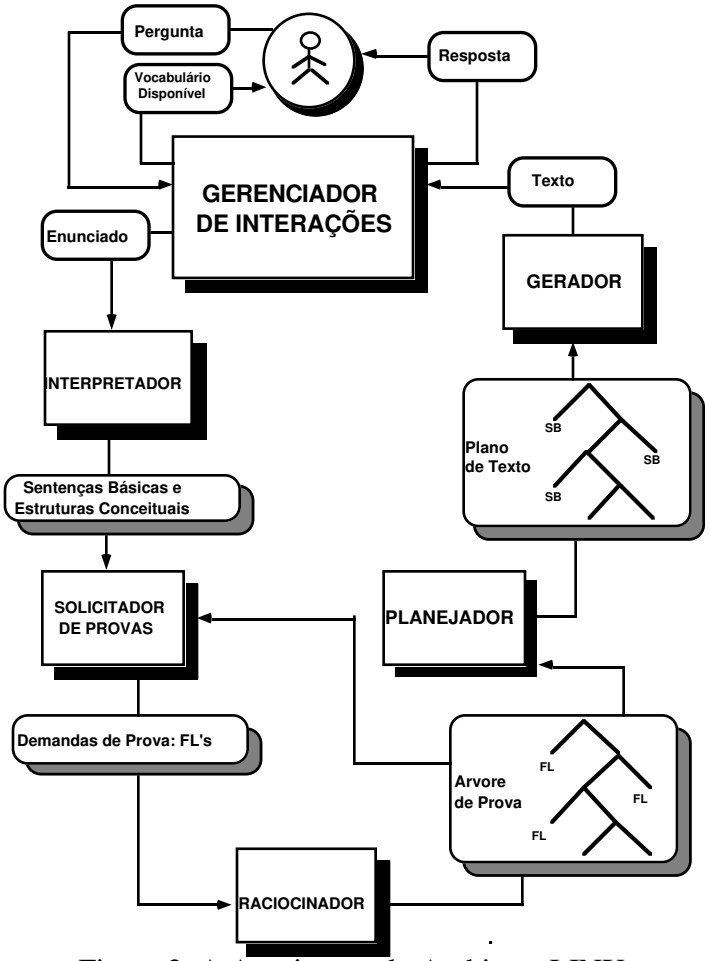

Figura 2: A Arquitetura do Ambiente LINX

Sob a mesma ótica, as atribuições do IE são: (1) determinar a estrutura sintática básica do enunciado, usando a gramática gerativa, o léxico e as estruturas de discurso; (2) resolver referências existentes (anafóricas ou elípticas) na entrada, através da gramática, do léxico e das estruturas de discurso; e (3) atualizar a estrutura de discurso a partir da pergunta, para permitir a resolução das referências recém mencionadas.

A saída do IE é uma estrutura onde figuram Sentenças Básicas e Estruturas Conceituais, além da organização temática corrente na interação. As SB's mapeiam-se sobre fórmulas lógicas, auxiliadas pela semântica lexical das palavras. Assim, é possível determinar-se, para um enunciado do usuário interpretado em função de SB's e EC's, qual ou quais teoremas devem ser provados pelo Raciocinador Automático em resposta à intervenção do usuário.

O módulo SP, detentor de tais regras de mapeamento e de heurísticas de cooperatividade propostas por Nunes [10], tem a atribuição de (1) determinar a expressão lógica a ser provada; e (2) avaliar a prova para determinar provas adicionais necessárias a uma resposta cooperativa.

O módulo RA [11], face a solicitações de prova, tem por função principal tentar efetuar provas pelo método da Dedução Natural. Seu resultado é apresentado ao módulo seguinte, PT, sob a forma de árvore de prova, onde figuram expressões lógicas e regras de dedução utilizadas.

O módulo de planejamento de texto [10] é responsável por determinar planos de texto RST. A RST — Rhetorical Structure Theory — é uma teoria discursiva [07] baseada em relações retóricas existentes entre porções de texto em língua natural que tem como principal atrativo computacional o fato de especificar para cada relação definida em seu âmbito não apenas as restrições semânticas e temáticas aplicáveis a cada porção da estrutura, mas também os efeitos perlocutórios atingíveis pelo redator junto a seu leitor pretendido.

Na etapa de geração de textos, o GT tem por principais atribuições: (1) operar transformações sobre o plano de texto, utilizando a gramática gerativa, regras de transdução e o léxico; (2) linearizar o texto, através da gramática gerativa e do léxico; e (3) atualizar as estruturas de discurso a partir da resposta do sistema.

Para esclarecer como se desempenham as funções mencionadas acima, salientando-se os aspectos que contribuem para uma discussão sobre a semântica lexical, serão apresentados trechos do processamento do LINX em um diálogo hipotético tal como o da Figura 3. Devido a restrições de espaço, boa parte das informações serão veiculadas através de figuras. Vale esclarecer que o LINX ainda não se encontra totalmente implementado — módulos seus foram implementados em PROLOG, em microcomputadores PC-compatíveis, mas o ambiente global está em fase de implementação em estação de trabalho SUN, usando-se a linguagem BIM PROLOG.

Usuário: Qual vôo vai do Rio de Janeiro para Porto Alegre?
Sistema: O vôo RG201 vai do Rio de Janeiro para Porto Alegre sem escalas e o vôo TB201 vai via São Paulo e Curitiba.
Usuário: Qual é o melhor?
Sistema: O vôo RG201 é o melhor porque é direto.
Usuário: E de São Paulo para Porto Alegre?
Sistema: O vôo RG201 vai de São Paulo para Porto Alegre sem escalas, o vôo VP201 vai via Londrina e o vôo TB101 vai via Curitiba.
Usuário: Um vôo direto é o melhor?
Sistema: " Para todo vôo, se ele é direto então é o mais rápido. Particularmente, se um vôo V1 é direto então ele é o mais rápido. Além disto, para todo vôo, se ele é o mais rápido então é o melhor. Mais especificamente, se um mesmo vôo V1 é o mais rápido então é o melhor. Conseqüentemente, a condição que o vôo V1 possa ser qualquer vôo, se ele é direto então é o melhor. Em outras palavras: para todo vôo, se ele é direto então é o melhor."

Figura 3: Um Diálogo Possível no Ambiente LINX

Na geração de menus, o gerenciador de interface restringe o espaço lexical disponível através da gramática — integrada por regras morfo-sintáticas e discursivas que possibilitam o controle da interação e definem a disponibilidade de sentenças com referência — e do léxico, que contribui com os itens que contêm alguma relação semântica com a sequência corrente. Limitado nestes três eixos, o espaço torna-se gerenciável para apresentação nos menus.

O gerenciador de interface também orienta o usuário quanto às hipóteses correntes do sistema, apresentando, em cada etapa da construção do enunciado, o menu subsequente marcando a hipótese mais provável mas mantendo outras opções. A realização deste recurso dar-se-á através dos menus

pop-up e *pull-down* [08], os quais desempenham uma importante função de exibição de estados de processamento do sistema para o usuário.

O menu inicial do LINX obviamente não precisa supor que o usuário esteja utilizando referências anafóricas em sua expressão (já que não há enunciados pregressos). Contudo, a partir de sua primeira intervenção, usuário e sistema dispõem de itens focais para futuras referências. A resolução destas depende de duas estruturas: a Estrutura de Enunciação (EE), que mantém o espaço de perguntas passíveis de referência, e a Estrutura Temática (ET), que representa os valores correntes dos itens temáticos.

O foco da pergunta pode ser fornecido pelo usuário após a entrada de perguntas do tipo Sim/Não (S/N) (que são as que apresentam ambigüidade de foco). Em função dele, determina-se o tipo de prova a ser solicitado para fins de cooperatividade e define-se a hierarquia de referentes potenciais, que cancela uma hierarquia *default* pré-fixada.

Assim, se um usuário pretende saber que vôo pode tomar para ir do Rio de Janeiro a Porto Alegre, ele poderia entrar em processo de formulação do enunciado P1: "Qual voô vai do Rio de Janeiro para Porto Alegre?". O estado gramatical inicial do sistema é representado pelos menus da Figura 4.

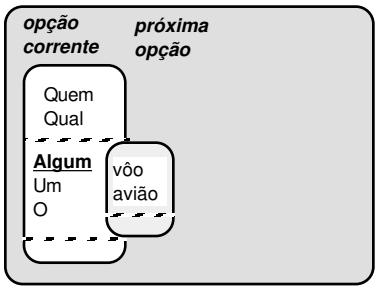

Figura 4: Menus Iniciais da Interface LINX

Destaca-se nestes primeiros menus a área de interrogativos, para perguntas do tipo Qu_, e de *types*, para perguntas S/N sobre os objetos da base. Nesta área são previstas, também, as solicitações de explicações. Os *types* são precedidos, já no primeiro nível apresentado, da opção entre o artigo indefinido "um" e o definido "o". O objetivo desta distinção, que deve ser passada de forma clara para o usuário, é separar perguntas genéricas, como, por exemplo, "Um voo direto é o melhor?" daquelas relativas a um determinado objeto do domínio, como "O voo rg101 vai de Porto Alegre a São Paulo?".

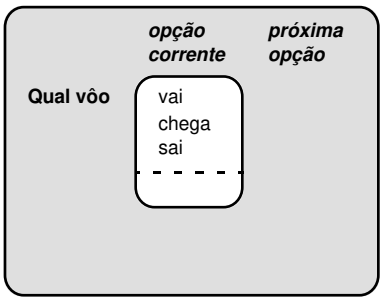

Figura 5: Menus da Interface LINX

Na escolha do interrogativo "Qual" seguido de um nome que designa um *type*, por exemplo "vôo", é exibido, na realização, um conjunto de opções resultante da busca de verbos semanticamente associados à EC mapeada sobre o predicado em que aparece o correspondente do item lexical

"vôo", independentemente de estes verbos constarem ou não como predicados da base de conhecimentos sobre o domínio. É o que se vê na Figura 5, a seguir. A iteração do processo de seleção por menus conduz ao completamento do enunciado, normalmente marcado pela pontuação "?".

O interpretador desmembra o enunciado resultante das opções dos menus em SB's, conforme sua gramática gerativa. Neste exemplo, nenhuma operação complexa é necessária. A Figura 6 mostra as estruturas preenchidas pelo interpretador, destacando-se na estrutura temática (ET) o papel da semântica lexical com as estruturas conceituais.

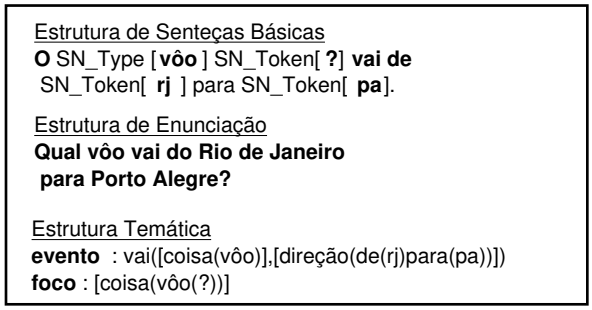

Figura 6: Estrutura de Saída do Interpretador

O restante do processamento desta primeira intervenção não apresenta especial interesse para exibir o funcionamento dos módulos subseqüentes. Estes outros módulos serão explorados na continuação dos exemplos. Basta retomar o exemplo corrente quando o gerador lineariza uma resposta vinda do raciocinador automático com o seguinte enunciado:

> O vôo RG101 vai do Rio de Janeiro para Porto Alegre sem escalas e o TB201 vai via São Paulo e Curitiba.

O gerador atualiza a estrutura temática (ET) pela resposta tornando-a uma variação da que se vê acima na Figura 6. Na Figura 7, notam-se as alterações decorrentes das informações obtidas da base.

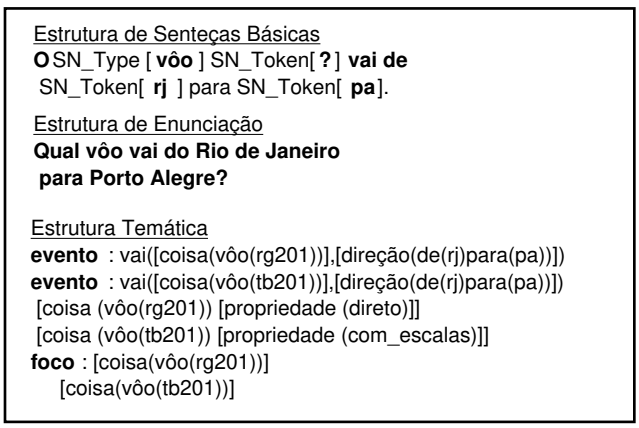

Figura 7: Estrutura Temática atualizada pelo Gerador de Textos

A continuação do diálogo poderia levar o usuário a formular o enunciado P2: "Qual é o melhor?". Esta pergunta é oferecida a partir da ET instanciada, que mostra a possibilidade de ocorrer uma elipse subseqüente, alternativa a uma pergunta sobre outra classe de objetos do domínio. Vejam-se na Figura 8 os estados possíveis nos menus, que são diferentes dos estado iniciais do exemplo 1.

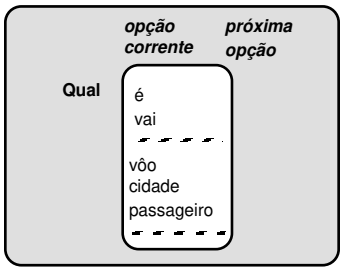

Figura 8: Menus da Interface LINX com opção de Elipse

O interpretador atua da mesma maneira que no exemplo anterior, exceto que precisa resolver uma elipse. A resolução é possível a partir da gramática, léxico e estrutura de discurso, fazendo com que sua saída para o módulo seguinte — SP — seja a que aparece na Figura 9.

Estrutura de Senteças Básicas
{Elipse SN_Type [**vôo**] SN_Token[**?**]} **é**
SN_Type[**o_melhor**].
Estrutura de Enunciação
Qual vôo vai do Rio de Janeiro para Porto Alegre?
Qual é o melhor?
Estrutura Temática
evento : vai([coisa(vôo(rg201))],[direção(de(rj)para(pa))])
evento : vai([coisa(vôo(tb201))],[direção(de(rj)para(pa))])
[coisa (vôo(rg201)) [propriedade (direto)]]
[coisa (vôo(tb201)) [propriedade (com_escalas)]]
foco : [coisa(vôo(?)) [propriedade(o_melhor)]
<< controle dos valores rg201 e tb201 >>

Figura 9: Saída do Interpretador para o Exemplo 2

O restante do processamento não oferece detalhes relevantes para a apresentação do LINX. Já, numa terceira intervenção do usuário, também permeada de fenômenos discursivos importantes, vêem-se aspectos interessantes. Se esta intervenção for P3: "E de São Paulo para Porto Alegre?", o LINX deverá entrar num processo de seleção de menus onde aparecem os estados apontados na Figura 10.

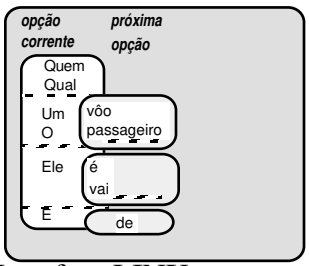

Figura 10: Menus da Interface LINX com nova opção de Referência

Esta pergunta é oferecida a partir das estruturas de enunciação e temática instanciadas. Este contexto permite tanto elipse de predicado em enunciados como "E de São Paulo para Curitiba?", quanto anáforas, como em "Ele é o mais rápido?". Assim, o menu é apresentado em quatro áreas básicas: duas correspondentes a perguntas completas, tipos Qu_ e S/N, e duas correspondentes a perguntas com referência, anafórica ou elíptica.

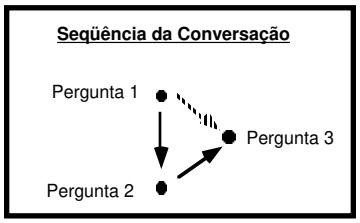

Figura 11: Visualização de Estruturas de Discurso Alternativas

Como é possível que esta pergunta se refira somente à anterior ou, alternativamente, à seqüência das duas anteriores, o LINX pretende permitir que o usuário opte pela interpretação que lhe convém. Como se trata de um problema de estrutura discursiva, cuja representação interna do sistema pode ser demasiado complexa para um leigo (pois é determinada por motivações independentes da capacidade de compreensão humana), torna-se preciso expressar estas informações em um código adequado e compreensível. Está sendo investigada a melhor representação da estrutura de enunciação, e a realização que otimiza a visualização da mesma pelo usuário. Contestando a premissa de que o usuário acha as estruturas computacionais de árvore e grafo naturais, procura-se permitir que ele, restrito a âncoras determinadas pela estrutura temática sobre a de enunciação, seja capaz de delimitar o subconjunto do diálogo ao qual ele quer fazer referência na pergunta elíptica. A figura 11 é uma visualização provisória contemplada para este caso. Nela constam as dependências de encadeamento que o LINX reconhece possíveis para interpretar a pergunta corrente. Um *click* do usuário sobre aquela que lhe parece melhor determina a continuação da interação até a exibição da resposta final.

Para dar um exemplo mais ilustrativo sobre como uma resposta final explicativa e mais extensa é obtida, podemos pressupor que depois de ter a sua resposta sobre os vôos mencionados até o momento corrente do diálogo, o usuário formule P4: "Um voô direto é o melhor?". P4 é convertido numa solicitação de prova para a expressão $\forall$ x (direto(x) $\rightarrow$ o_melhor(x)). A prova em DN resultante é convertida por regras propostas por Nunes [10] e por regras de otimização de planos de texto ainda sob investigação [20] no plano de texto produzido pelo módulo PT. A prova e o plano de texto encontram-se esquematizados na Figura 12

Este plano otimizado de texto torna-se a entrada para o processo de linearização cujo algoritmo básico é uma leitura *depth-first, left-to-right* das folhas da árvore, transformando-se cada uma em sentença básica ou sentença composta conforme a gramática gerativa. As sentenças básicas, como visto, são mapeamentos sintáticos das estruturas de predicados da base de conhecimento, ao passo que as sentenças compostas são mapeamentos sintáticos de expressões lógicas contendo conectivos e/ou quantificadores associados a predicados e argumentos. Adicionalmente, cada relação retórica é associada a um marcador retórico. Esta etapa de procedimento lineariza o plano de texto da Figura 12 da seguinte forma:

[VIII] Para todo vôo, se /o vôo/ é direto então /o vôo/ é o mais rápido.
[Particularização] Particularmente,
[VI] se /um vôo V1/ é direto então /o vôo V1/ é o mais rápido.
[Lista] Além disto,
[VII] Para todo vôo, se /o vôo/ é o mais rápido então /o vôo/ é o melhor.
[Particularização] Particularmente,
[VI] se /um vôo V1/ é o mais rápido então /o vôo V1/ é o melhor.
[Conseqüência] Conseqüentemente,
[Condição] A condição que
[IX] /um vôo V1/ pode ser qualquer vôo
[II] se /um vôo V1/ é direto então /o vôo V1/ é o melhor.
[Paráfrase] Em outras palavras:
[I] Para todo vôo, se /o vôo/ é direto então /o vôo/ é o melhor.

Esta linearização não é a definitiva, visto que há evidentes oportunidades de se aplicarem transformações gramaticais que garantirão melhor estilo e maior compreensibilidade do texto. Estas, como proposto em trabalho anterior [16], embora possam ser classificadas como estilísticas, pois melhoram a qualidade do texto, têm objetivos cognitivos explícitos: otimizar o processo de interpretação de texto feito pelo usuário. O GEMA [12], um gerador de textos descritivos extensos, implementou boa parte destas transformações, em particular as de anáfora, elipse e coordenação cuja aplicação sobre a primeira linearização acima contribui para uma próxima linearização deste processo de aperfeiçoamento do texto final.

[VIII] Para todo vôo, se ele {anáfora} é direto então {elipse} é o mais rápido.
[Particularização] Particularmente,
[VI] se um vôo V1 é direto então ele {anáfora} é o mais rápido.
[Lista] Além disto,
[VII] Para todo vôo, se ele {anáfora} é o mais rápido então {elipse} é o melhor.
[Particularização] Mais especificamente {Sinonímia},
[VI] se um mesmo {anáfora} vôo V1 é o mais rápido então {elipse} é o melhor.
[Conseqüência] Conseqüentemente,
[Condição] A condição que
[IX] o {anáfora} vôo V1 possa ser qualquer vôo
[II] se ele {anáfora} é direto então {elipse} é o melhor.
[Paráfrase] Em outras palavras:
[I] Para todo vôo, se ele {anáfora} é direto então {elipse} é o melhor.

O texto final apresentado para o usuário tem o formato corrido, onde se lêem os parágrafos abaixo.

" Para todo vôo, se ele é direto então é o mais rápido. Particularmente, se um vôo V1 é direto então ele é o mais rápido. Além disto, para todo vôo, se ele é o mais rápido então é o melhor. Mais especificamente, se um mesmo vôo V1 é o mais rápido então é o melhor.

Conseqüentemente, a condição que o vôo V1 possa ser qualquer vôo, se ele é direto então é o melhor. Em outras palavras: para todo vôo, se ele é direto então é o melhor."

Ele foi gerado com uma gramática ainda provisória, cuja versão definitiva está sendo preparada como tese de doutorado em lingüística aplicada [14]. As regras aplicadas são as disponíveis no GEMA, acrescidas de regras de mapeamento para relações retóricas da RST e para a tradução de fórmulas lógicas em sentenças do português do Brasil. Apesar de caberem e serem necessárias regras adicionais e mais refinadas, a qualidade do texto gerado para provas envolvendo os esquemas RST verificados neste caso parece bastante satisfatória. Observam-se fenômenos referenciais fundamentais para a manutenção da coesão textual e dialógica, visto que os focos da resposta estão em harmonia não só com a sua estrutura interna, mas também com a estrutura temática da pergunta que a motivou.

4. Discussão

O tipo de semântica aqui proposto incorpora os princípios de organização em estruturas conceituais de Jackendoff e o uso de traços para garantir a manutenção de certas restrições de seleção, como, por exemplo, impedir que "vôo" apareça como o argumento sujeito do verbo "viajar". Contudo, a definição das estruturas conceituais e a delimitação dos traços obedece a uma regra geral que determina que apenas os fatos distintivos, dentro do escopo da base de conhecimento, são relevantes. Surge disto uma *Semântica Distintiva*, assentada sobre um sistema de oposições mínimas e suficientes para distinguir itens lexicais. No dicionário ligado à base aqui utilizada, a EC do verbo "voar" tem como argumento sujeito apenas o item "avião"; no português em geral, "voar" admite muitos outros, tais como "ave", "morcego", "dirigível" e "nave espacial".

A característica apontada acima para tratamento lexical em SBC's aparentemente representa um distanciamento acentuado em relação às propriedades do léxico de uma língua natural. Porém,

observa-se que as múltiplas facetas de um item lexical numa interação entre seres humanos sofrem uma drástica redução decorrente do contexto do discurso. Assim como as limitações computacionais restringem o léxico, também a situação em que ocorre o discurso delimita os usos e as interpretações dos itens. Raramente aconteceria num diálogo num aeroporto a ocorrência da expressão "das andorinhas" após a palavra "vôo" (*"O vôo das andorinhas vai para Porto Alegre").

Muitas vezes, a base de conhecimentos é criada antes do léxico. Nesta situação, o projetista não precisa determinar previamente e de forma sistemática as relações semânticas entre os itens lexicais. Na abordagem do LINX, a base é elaborada a partir da sintatização das estruturas conceituais, originárias do domínio. O processo de construção da base se inicia com a determinação das palavras ou expressões do domínio que representam as categorias ontológicas e que serão transformadas em estruturas conceituais. Essas estruturas dão origem a predicados sintaticamente determinados, associados a sentenças básicas.

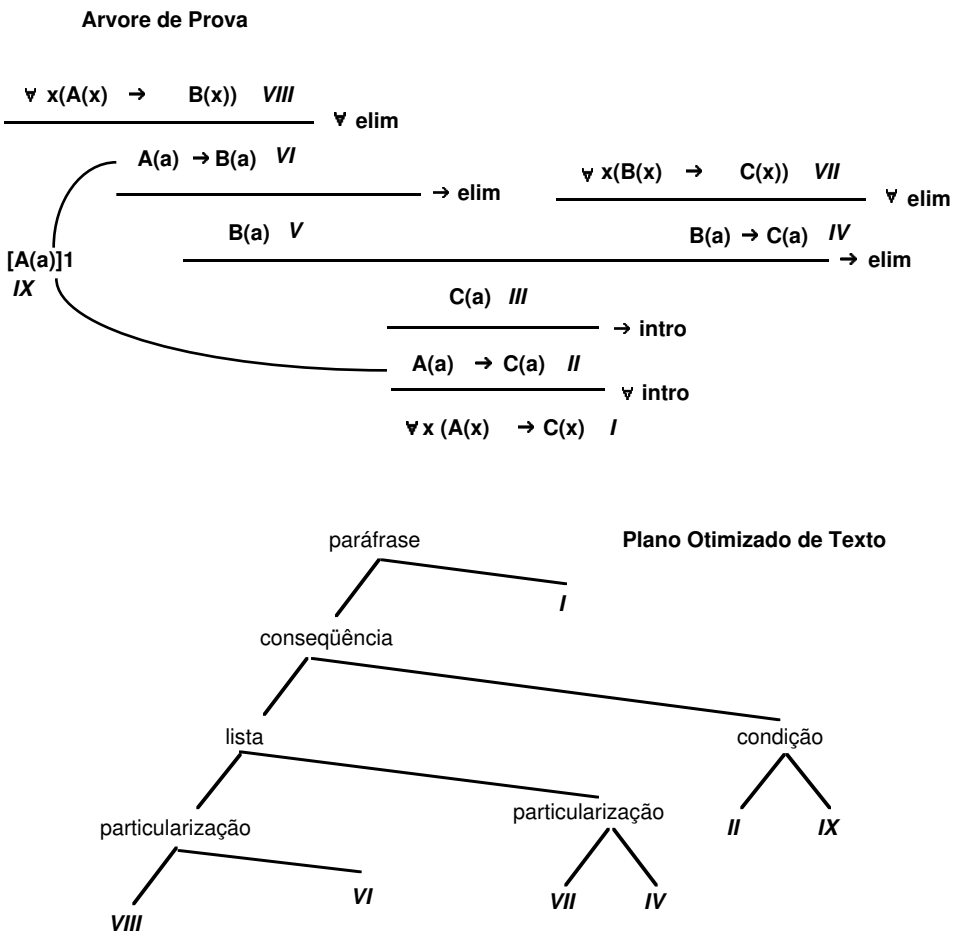

Figura 12: prova DN e Plano de Texto já otimizado

Um dos efeitos da criação da base sem levar em consideração aspectos lexicais é a limitação do universo de possibilidades de referências inter-sentenciais. Ao se nomear um predicado verbal, por exemplo, fica determinada certa regência, que, por sua vez, enseja certo conjunto de referências elípticas totalmente dependente do item escolhido. Podem acontecer, assim, duas situações: ocorrência de elipses motivadas apenas sintaticamente, que ficam pouco naturais, ou ausência de elipses em casos em que elas seriam comuns no contexto de língua natural.

É importante adicionar às estratégias de criação da base de conhecimentos que as informações de natureza não-inferencial lógica, mas sim de natureza lingüística, estejam codificadas em pontos diferentes do sistema. Por exemplo, a estratégia de separar as informações semântico-lexicais das informações de domínio permite que paráfrases e sinonímias sejam tratadas não através de regras de dedução lógica, mas sim pelas redes de associação semântica estabelecidas. A relação entre "vôo direto" e "vôo sem escalas" estaria, nesta abordagem, expressa no léxico, e não como uma regra a mais, ligando dois predicados da base. A conseqüência da mistura na BC dos conhecimentos de domínio com os lingüísticos é que as provas resultantes trazem informações redundantes para a explicação. Por exemplo, se a BC incorpora a inferência de que um vôo direto é um vôo sem escalas, as duas informacões, semanticamente redundantes, aparecem na árvore de prova e no texto de resposta (e.g. "Já que o vôo RG101 é direto, porque não tem escalas, ele é o melhor"), a menos que o gerador tenha um filtro de sinonímias e paráfrases, o que causa uma ineficiência importante no processamento global da interface.

5. Referência

[01] Calejo M.; Pereira, L.M.; e Porto, A. (1986) Linguagem Natural por Menus. **Actas do II Encontro Português de Inteligëncia Artificial**, Lisboa, APPIA.

[02] di Eugenio, B. e White, M. (1992) On the Interpretation of Natural Language Instructions. **Proceedings of COLING'82** (Vol.IV). Nantes, ICCL.

[03] Draper, S.W. (1986) Display Managers as the Basis for User-Machine Communication. in Norman, D.A. e Draper, S.W. (eds) *User Centered System Design*. Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum.

[04] Haeusler, E.H. (1990) *Prova Automática de Teoremas em Dedução Natural: uma Abordagem Abstrata*. Tese de Doutorado. Departamento de Informática. PUC-Rio.

[05] Jackendoff, R. (1983) Semantics and Cognition. Cambridge, Ma. MIT Press.

[06] Jackendoff, R. (1990) *Semantic Structures*. Cambridge, Ma. MIT Press.

[07] Mann, W.C. e Thompson, S.A. (1987) *Rhetorical Structure Theory: Description and Construction of Text PStructures.* Technical Report ISI/RS-86-174. Information Sciences Institute. USC.

[08] Norman, K.L. (1991) *The Psychology of Menu Selection*. Norwood, NJ. Ablex.

[09] Nunes, M.G.V. (1989) *Lettera: Um Gerador de Textos em Português*. **Monografias em Ciência da Computação** 01/89. Departamento de Informática. PUC-Rio.

[10] Nunes, M.G.V.(1991) *A Geração de Respostas Cooperativas em Sistemas Baseados em Lógica*. Tese de Doutorado. Departamento de Informática. PUC-Rio.

[11] Oliveira, D.A.S. (1992) *Um Provador de Teoremas em Dedução Natural Capaz de Complementar seu Conhecimento*. Tese de Mestrado. Departamento de Informática. PUC-Rio.

[12] Oliveira, L.L.G. (1990) *Um Realizador para o Gerador Automático de Textos Descritivos do GEMA*. Tese de Mestrado. Departamento de Informática. PUC-Rio.

[13] Pereira, F.C.N. e Warren,D.H.D. (1980) Definite-Clause Grammars for Language Analysis. **Artificial Intelligence** nº 13.

[14] Quental, V. (s.d.) Tese de Doutorado em Lingüística Aplicada, em preparação. Departamento de Letras. PUC-Rio.

[15] Schank, R. (1975) *Conceptual Information Processing*. Nova Iorque. Elsevier.

[16] Scott, D.R. e Souza, C.S. (1990) Getting the Message Across in RST-Based Text Generation. in Dale,R.; Mellish,C.; e Zock,M. (eds) *Current Research in Natural Language Generation*. London. Academic Press.

[17] Schieber, S.M. (1986) *An Introduction to Unification-Based Approaches to Grammar*. Stanford University. CSLI.

[18] Souza, C.S. (1992a) *Projeto LINX: Documento de Atualização*. Manuscrito não-publicado.

[19] Souza, C.S. e Nunes, M.G.V. (1992b) Explanatory Text Planning in Logic Based Systems. **Proceedings of COLING'82** (Vol.II). Nantes, ICCL.

[20] Souza, C.S.; García, L.S.; Dias, M.C.P.; e Basílio, M.P. (1993) *Compreensão e Geração de Linguagem Pseudo-Natural no Ambiente LINX*. Manuscrito não-publicado.

[21] Tennant, H.R.; Ross, K.M.; e Thompson, C.W. (1984) Usable Natural Language Interfaces through Menu-Based Natural Language Understanding. **Proceedings of CHI'83**, Amsterdam, North Holland.

[22] White, M. (1992) Conceptual Structures and CCG: Linking Theory and Incorporated Argument Adjuncts. **Proceedings of COLING'82** (Vol.I). Nantes, ICCL.

Agradecimentos

A autora Clarisse Sieckenius de Souza agradece ao CNPq a bolsa de auxílio a pesquisa para realizar este projeto. Muito se deve também às colaborações valiosas, sob as mais diversas formas, de Denise Oliveira, Violeta Quental, Helena Martins, Letícia Correa e Graça Nunes.