Cadernos de Estudos Linguísticos
Número 12, 1987
Páginas 25 - 41

UM EXEMPLO DE MODELO INTENSIONAL

Marta S. de Gallego
(Univ. de La Plata - Argentina)

INTRODUÇÃO

Na Linguística moderna tem-se registrado uma grande e, para alguns, surpreendente aproximação com a Matemática e com a Lógica. Esse interesse provém de uma tendência, que atualmente aparece (em maior ou menor grau) em todas as ciências, à formalização do conhecimento.

Definiremos, sinteticamente, o que significa "formalizar o conhecimento".

Suponhamos que um cientista estuda um determinado problema. Se ele pretende fazê-lo formalmente, então fará o seguinte: em primeiro lugar, estabelecerá os "entes primitivos" (que podem ser, por exemplo, dados experimentais) que são os elementos básicos que aparecem na formulação do problema, com os quais se trabalha (por exemplo, ponto, reta e plano na Geometria de Euclides). Em segundo lugar, os "postulados" que são princípios ou regras que são aceitos sem demonstração para construir a teoria (no caso da Geometria são justamente os postulados de Euclides). A teoria que explica o problema levantado constrói-se, então, demonstrando (se fôr possível) as conclusões que o cientista intui como verdadeiras, partindo dos entes primitivos e aplicando os postulados em forma adequada. Ou seja, esquece-se a natureza dos entes primitivos e se trabalha com as relações estabelecidas entre eles pelos postulados. Os resultados obtidos dessa maneira serão os mesmos para qualquer teoria que apresente entes primitivos de natureza diferente mas verificando os mesmos postulados. A teoria construída, cuja motivação foi dada por um determinado problema pode, assim, aplicar-se a outros problemas diferentes.

O método "axiomático" ou formal que acabamos de descrever, próprio das Ciências Exatas, atualmente se aplica, em algumas áreas das Ciências Humanas.

Um exemplo típico é a definição de gramática formal como generalização do conceito linguístico de gramática. Os entes primitivos de uma gramática formal são os símbolos (letras, palavras, etc.) do "vocabulário", que é simplesmente um conjunto finito. Os postulados são as regras que determinam como se combinam os elementos do vocabulário para produzir as "frases" da linguagem. Impondo condições às regras obtém-se diferentes tipos de gramáticas formais, as mais importantes das quais são as da chamada "hierarquia de Chomsky" (regulares, livres e dependentes do contexto). Usando um desses tipos de gramáticas formais como base podem ser difinidas as gramáticas "transformacionais". Elas constituem uma contribuição importante para a construção de modelos formais das línguas naturais. Porém, o tratamento, que usa métodos matemáticos-algébricos, visa mais à parte sintática da linguagem, se bem que existam também, dentro dessa corrente linguística, trabalhos em semântica (por exemplo, 3).

Uma outra linha de pensamento, que se origina provavelmente em G. Frege e recolhe idéias lógico-filosóficas de Carnap, Tarski, Kripke, etc., se aplica também ao estudo da linguagem sob o ponto de vista formal. Porém, as linguagens formais construídas aqui como aproximação das naturais são de natureza diferente: elas provêm da Lógica, e tentam descrever ao mesmo tempo a estrutura sintática e <u>semântica</u> das sentenças, fazendo com que a relação entre sintaxe e semântica seja muito estreita.

No que segue, exporemos sinteticamente as principais idéias que se aplicam ao estudo da linguagem sob este ponto de vista, descrevendo com mais detalhe o esquema geral dos trabalhos de um importante representante desta corrente, o filósofo-matemático Richard Montague.

SINTAXE

A Sintaxe dos fragmentos de língua (inglês) que R. Montague descreve baseia-se numa gramática <u>Categorial</u>. Esse tipo de gramática é usado também por D. Lewis (ver 4), por M.J. Cresswell (ver 4) e por outros.

Uma gramática categorial consta de um léxico no qual se especifica a <u>categoria sintática</u> (frase nominal, sentença, etc.) à qual cada expressão pertence. As categorias são ou <u>básicas</u> ou <u>compostas</u>. As categorias compostas serão da forma A/B, sendo A e B categorias quaisquer. Indica-se com esta notação que as expressões da categoria A/B são caracterizadas pelo fato de que, quando se combinam com uma expressão da categoria B, produzem uma expressão da categoria A. O léxico dá as <u>expressões básicas</u> de cada categoria. As <u>frases</u> ou expressões compostas são obtidas combinando as expressões básicas na forma indicada pelo índice categorial. Por exemplo, se "João" pertence à categoria N de nomes, "anda" à categorial dos verbos intransitivos, que é da forma S/N, "João anda" pertence à categoria S das sentenças.

A seguir, damos um exemplo de uma pequena gramática categorial inspirada no fragmento dado em 6, (PTQ), com algumas modificações.

Sejam S (sentenças) e N (nomes) as categorias básicas. A lista das categorias compostas é a seguinte.

VI=S/N (frases verbais intransitivas)
VT=VI/N (frases verbais transitivas)

AVI=VI/VI (advérbios de verbos intransitivos)

VS=VI/S (expressões que tomam uma sentença e formam uma frase verbal intransitiva)

AS=S/S (advérbios de sentença)

Chamaremos B_A ao conjunto das expressões básicas da categoria A (sendo A básica ou composta). Definimos:

B_N= {João, Maria, Pedro}

B_{VI}= {anda, fala, corre}

B_{VT}= {ama, encontra}

B_{AVI}= {rapidamente, vagarosamente}

B_{VS} = {acredita que}

B_{AS}= {necessariamente}

B_S= $\emptyset$ (a categoria S não tem expressões básicas)

Chamaremos P_A ao conjunto das frases da categoria A. Por exemplo: "ama Pedro", sendo combinação de uma expressão da categoria VI/N ("ama") com uma expressão da categoria N ("Pedro"), é uma frase da categoria VI; ou seja, "ama Pedro" $\in$ P_{VI} . Também são frases de VI: "anda rapidamente", "fala vagarosamente", etc., que são combinações de expressões de VI/VI com expressões de VI. São elementos de P_S (sentenças) as seguintes: "Maria ama Pedro" (combinação de "Maria" (de P_N) com "ama Pedro" (de $P_{VI}=P_{S/N}$), "João acredita que Maria ama Pedro" (combinação de "João" com "acredita que Maria ama Pedro", que é por sua vez composição de "acredita que" e de "Maria ama Pedro" expressões das categorias VI/S e S respectivamente), "Necessariamente João acredita que Maria ama Pedro", etc.

A escolha de uma sintaxe de tipo categorial para tratar um fragmento da linguagem não é feita por acaso, mas por ser uma das mais apropriadas para o tratamento semântico.

Com efeito, a idéia é que o valor semântico de uma expressão composta depende dos valores semânticos das expressões simples da mesma maneira em que os elementos sintáticos compostos dependem do valor sintático dos básicos.

Aqui podemos perceber dois princípioss fundamentais que se aplicam. O chamado "princípio de Frege" (por ser o filósofo G. Frege quem lhe deu origem) que pode enunciar-se como segue: "o significado de uma expressão composta é função do significado de suas partes". O outro princípio é de que existe uma relação muito estreita entre a sintaxe e a semântica, estando as categorias sintáticas em correspondência com os tipos semânticos e as regras sintáticas em correspondência com as regras semânticas.

Estes princípios têm relação também com noções que provêm da Lógica Clássica (de fato generalizam, como veremos depois, princípios da Lógica Clássica, porque se aplicam também a operadores "não-clássicos"). Por exemplo, o Cálculo Proposicional usual verifica um princípio análogo ao de Frege: o valor de verdade de uma proposição composta depende (na forma determinada pelas "tabelas de verdade" dos diferentes conectivos) dos valores de verdade de suas componentes.

Se quisermos nos aprofundar um pouco no estudo da sintaxe apresentada nos trabalhos de R. Montague, devemos ampliar nosso fragmento e introduzir certas modificações, a fim de incluir também regras "não categoriais" do tipo usado nos citados trabalhos.

Com efeito, o tratamento sintático de R. Montague não é "categorial puro", mas suas regras são de um tipo mais geral. Poderíamos esquematizar essas regras na forma seguinte. Seja V um vocabulário mais amplo que o dado pelo léxico (por exemplo, podemos considerar: V = {palavras da língua}) e seja V* o conjunto de cadeias de palavras de V. Então, uma "operação estrutural" é uma função $F\colon (V^*)^n \longrightarrow V^*$, onde $(V^*)^n$ significa o produto cartesiano de V* $\underline{n}$ vezes ou potência enésima de V*: V*xV*x..xV* ($\underline{n}$ vezes). Uma "regra sintática" determina que, para uma dada operação estrutural, se o domínio é restringido a um produto cartesiano de conjuntos de frases, então sua imagem está contida num outro conjunto de frases.

As regras "categoriais" ficam incluídas dentro desse esquema. Nesta forma se dá explicitamente a maneira como é combinada uma expressão de uma categoria composta A/B com uma expressão da categoria B para dar uma expressão da categoria A.

No fragmento dado anteriormente, por exemplo, a operação estrutural usada para as regras categoriais é simplesmente a concatenação (na ordem dada ou na inversa):

$$F_1,\ F_1'\colon V^* x V^* \longrightarrow V^*, \text{ sendo } F_1(\xi,\zeta)=\xi\zeta\ ,\ F_1'(\xi,\zeta)=\zeta\xi.$$

As regras sintáticas que correspondem as cinco categorias compostas são as seguintes.

R_1: Se $\xi \in P_{VI}, \zeta \in P_N$, então $F_1'(\xi,\zeta) \in P_S$.
R_2: Se $\xi \in P_{VT}, \zeta \in P_N$, então $F_1(\xi,\zeta) \in P_{VI}$.
R_3: Se $\xi \in P_{AVI}, \zeta \in P_{VI}$, então $F_1'(\xi,\zeta) \in P_{VI}$.
R_4: Se $\xi \in P_{VS}, \zeta \in P_S$, então $F_1(\xi,\zeta) \in P_{VI}$.
R_5: Se $\xi \in P_{AS}, \zeta \in P_S$, então $F_1(\xi,\zeta) \in P_S$.

Observe-se que, se bem que pareça próprio da gramática categorial concatenar as expressões, as regras poderiam estabelecer outras formas de combiná-las. Por exemplo, em 6 (PTQ) as frases verbais são dadas no infinitivo (nesse caso: B_{VI} = {andar, falar}, etc.) e para combinar uma frase verbal intransitiva com uma frase nominal, a regra sintática correspondente deve especificar que o verbo é mudado para a terceira pessoa do presente indicativo.

Adicionaremos, a seguir, algumas regras sintáticas "não categoriais" a nosso fragmento.

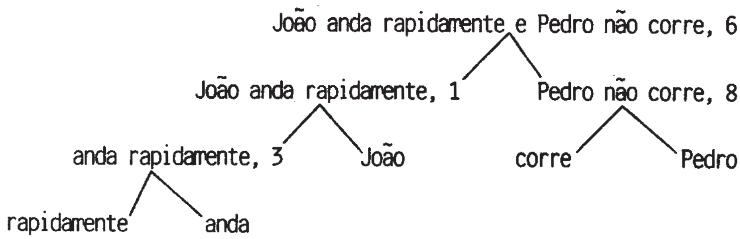
Seja (para i=2,3,4,5) F_i: $V^*xV^* \longrightarrow V^*$ definida por:

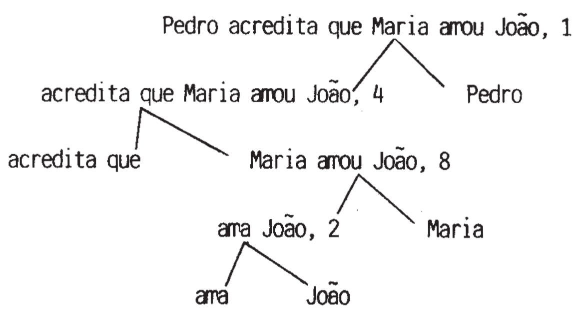
F_2 $(\varphi,\psi) = \varphi$ e ψ (conjunção)
F_3 $(\varphi,\psi) = \varphi$ ou ψ (disjunção)
F_4 $(\varphi,\psi) = \varphi\,\psi'$, sendo ψ' o resultado de substituir o primeiro verbo de ψ por sua negação.
F_5 $(\varphi,\psi) = \varphi\psi''$, sendo ψ'' o resultado de substituir ao primeiro verbo de ψ seu passado (na terceira pessoa).

As regras sintáticas correspondentes são as seguintes:

R_6: Se $\varphi,\psi \in P_S$, então $F_2(\varphi,\psi) \in P_S$, $F_3(\varphi,\psi) \in P_S$.
R_7: Se α,β P_{VI}, então $F_2(\alpha,\beta)$ P_{VI}, $F_3(\alpha,\beta) \in P_{VI}$.
R_8: Se $\alpha \in P_{VI}$, $\delta \in P$, então $F_4(\alpha,\delta) \in P_S$, $F_5(\alpha,\delta) \in P_S$.

Vamos ver alguns exemplos de sentenças geradas pela gramática. Sejam as sentenças: "João anda rapidamente e Pedro corre" e "Pedro acredita que Maria amou João". Vamos indicar num gráfico a forma em que as sentenças são geradas. Os números que aparecem à direita correspondem as regras sintáticas usadas em cada caso.





SEMÂNTICA

Vamos nos aproximar da semântica de Montague passo a passo. Seja L a linguagem gerada a partir do léxico pelas regras $R_1, \ldots, R_8$.

Numa primeira aproximação podemos considerar a linguagem L como uma linguagem de primeira ordem ou do tipo do cálculo de predicados. (ver 8). Neste caso não temos igualdade, nem variáveis (portanto, os quantificadores não têm aplicação) nem funções que aplicadas a termos dão termos.

Os elementos primitivos de L são: os predicados de 1 lugar (verbos intransitivos) "anda", "fala", "corre", os de 2 lugares (verbos transitivos): "ama", "encontra", as constantes: "João", "Maria", "Pedro" e os conectivos $\sim, \vee$ ($\wedge$ pode ser gerado pelos outros) dados pelas regras R_6, R_7, R_8. Observe-se que aqui a metalinguagem é o português e a linguagem objeto (ver 5) é L.

Uma interpretação (ver 8) é um par (A,f) onde A é um conjunto não vazio e f é uma aplicação tal que a cada predicado n-ário faz corresponder uma parte de A^n e a cada constante faz corresponder um elemento de A.

No caso, se considerarmos: A= {seres humanos} podemos definir f de uma maneira natural, como segue:

1º) Constantes. f("João") é o indivíduo chamado João (um João determinado, fixo). Analogamente para Maria e Pedro.

2º) Verbos intransitivos f("anda")= $\{x \in A$ / x anda$\}$. Analogamente para "fala" e "corre".

3º) Verbos transitivos. f("ama")= $\{(x,y) \in A^2$/ x ama y$\}$. Analogamente para "encontra".

Chamaremos I_1 à interpretação dada, ou seja $I_1=(A,f)$.

Dada uma interpretação pode definir-se o conceito de sentença verdadeira na interpretação; a definição é a de A. Tarski, baseada na noção de satisfatibilidade de uma fórmula (fórmula é uma "sentença aberta", com variáveis livres ou uma sentença) por uma avaliação de variáveis. (ver 8).

Como no nosso caso as fórmulas da linguagem L não possuem variáveis, a definição de sentença verdadeira se reduz à seguinte:

(1) Uma setença da forma $M^n(t_1,\ldots,t_n)$ (n=1,2) é verdadeira se e somente se $(t_1,\ldots,t_n)$ pertence ao conjunto $f(M^n)$. (Por exemplo "João ama Maria" é verdadeira se o par (João, Maria) pertence ao conjunto f("ama")).

(2) Uma setença da forma $p \vee q$ é verdadeira se p é verdadeira ou q é verdadeira.

(3) Uma setença da forma $\sim p$ é verdadeira se p não é verdadeira.

Por exemplo, seja a sentença p= "João anda ou João corre". Por (2) ela é verdadeira se pelo menos uma das duas setenças: "João anda" e "João corre" é verdadeira. A setença "João anda", por (1), será verdadeira se o indivíduo João pertence ao conjunto f ("anda"). Analogamente para "João corre". Portanto, p será verdadeira se João pertence ao conjunto f ("anda") ou ao conjunto f ("corre").

Na interpretação dada I_1, observamos que somente são atribuídos valores semânticos, "significados", às expressões das categorias VI, VT, N e S (se considerarmos como significado de uma sentença seu valor de verdade). Portanto, precisamos fazer uma generalização, que será o segundo passo para chegar a uma semântica do tipo da de R. Montague.

Em geral, um subconjunto X de um conjunto Y pode identificar-se com uma função f_X (função característica de X), $f_X: Y \longrightarrow \{0,1\}$ definida por $f_X(x)=1$, se $x \in X$, $f_X(x)=0$ se $x \notin X$.

Então, na interpretação I_1, podemos considerar que f faz corresponder a um VI uma função de $A \longrightarrow \{0,1\}$ e a um VT uma função $A \times A \longrightarrow \{0,1\}$.

Também podemos considerar que a cada sentença corresponde um valor de verdade e identificando verdadeiro com 1 e falso com 0, podemos estender f às sentenças de maneira que f leva o conjunto das sentenças no conjunto $\{0,1\}$.

Então, temos que a f faz corresponder às expressões das categorias básicas N e S elementos de A e de $\{0,1\}$ respectivamente, às expressões de VI elementos de $\{0,1\}^A$ (em geral denota-se X^Y o conjunto das funções de Y em X) e às expressões de VT elementos de $\{0,1\}^{A \times A}$. Se considerarmos a seguinte identificação: (válida para conjuntos E, F, G quaisquer) $E^{F \times G} \equiv (E^G)^F$, teremos que f faz corresponder às expressões de VT elementos de $(\{0,1\}^A)^A$, que é o conjunto das funções de A em $\{0,1\}^A$.

Podemos observar aqui que se verifica o seguinte princípio: se é X_B o conjunto de elementos que corresponde, por f, às expressões da categoria B, X_C o conjunto de elementos correspondentes a expressões de C, então ${X_B}^{X_C}$ é o conjunto de elementos correspondentes às expressões da categoria B/C. Isso é válido, até aqui, para as categorias VI e VT. Parece natural, então, tentar generalizar o resultado para as outras categorias.

Vamos definir a interpretação "generalizada" I_2.

O conjunto T^0 de <u>tipos clássicos</u> (ver 7, introdução) é o menor conjunto tal que:

1º) $e \in T^0$, $t \in T^0$
2º) se σ, τ T^0, então $\langle\sigma,\tau\rangle \in T^0$.

O O conjunto D_σ das <u>denotações possíveis de tipo σ</u>, para $\sigma \in T^0$, se define como segue: seja A o conjunto das denotações possíveis de tipo <u>e</u> e $\{0,1\}$ o conjunto das denotações possíveis de tipo <u>t</u>.; se X é o conjunto das denotações possíveis de tipo σ, Y o conjunto das de tipo τ, então Y^X é o conjunto das denotações possíveis de tipo $\langle\sigma,\tau\rangle$.

Estabelecemos a correspondência <u>g</u> entre categorias sintáticas e tipos semânticos definida por: g (N) = e, g (S) = t, g (B/C) = $\langle$g (C), g(B)$\rangle$, ou seja:

$$g: \begin{cases} N \longrightarrow e \\ S \longrightarrow t \\ VI \longrightarrow \langle e,t\rangle \\ VT \longrightarrow \langle e, \langle e,t\rangle\rangle \\ AVI \longrightarrow \langle\langle e,t\rangle, \langle e,t\rangle\rangle \\ VS \longrightarrow \langle t, \langle e,t\rangle\rangle \\ AS \longrightarrow \langle t,t\rangle \end{cases}$$

Consideramos $I_2= (A,\bar{f})$ onde $\bar{f}$ é uma função que leva o conjunto das frases da categoria B no conjunto das denotações posssíveis do tipo correspondente a B (para B= N, S, VI, VT, etc.). Do dito anteriormente decorre que as denotações possíveis são:

$D_e= A$, $D_t= \{0,1\}$, $D_{e,t} = \{0,1\}^A$, $D_{\langle e,\langle e,t\rangle\rangle} = (\{0,1\}^A)^A$,

$D_{\langle\langle e,t\rangle , \langle e,t\rangle\rangle} = (\{0,1\}^A)^{\{0,1\}^A}$, $D_{\langle t, \langle e,t\rangle\rangle} = (\{0,1\}^A)^{\{0,1\}}$, $D_{\langle t,t\rangle} = 0,1^{\{0,1\}}$

ou seja: $D_e= A$, $D_t= \{0,1\}$ e, para os tipos compostos: $D_{\langle\sigma,\tau\rangle} = D_\tau^{D_\sigma}$

Então, $\bar{f}$ é a função que faz corresponder a cada expressão seu "significado" ou denotação possível. Assim, por exemplo, ao advérbio "rapidamente" a função $\bar{f}$ faz corresponder uma função f_r , $f_r: \{0,1\}^A \longrightarrow \{0,1\}^A$. Podemos pensar que f_r leva a função característica de um verbo intransitivo, por exemplo "anda", na função característica da frase verbal intransitiva "anda rapidamente".

Mas até agora só temos definida a $\bar{f}$ nas expressões básicas de cada categoria. Como defini-la nas frases?

Vamos definir funções $G_1,\ldots, G_5$ e regras $S_1 ,\ldots, S_8$ correspondentes a $F_1 ,\ldots, F_5$ e $R_1 ,\ldots,R_5$ respectivamente. As funções G_i , que estão definidas em subconjuntos D_i de DxD (donde $D= \bigcup_{\sigma\in T^\circ} D_\sigma$), se definem da seguinte maneira:

$G_1 (\alpha,\beta) = \alpha(\beta)$ (G_1 está definida só no subconjunto de DxD formado por aqueles pares tais que β é um elementos do dominio da função α)

$$G_2 (\alpha,\beta) = \begin{cases} 1, \text{ se } \alpha=\beta=1 \\ 0, \text{ se não} \end{cases} \qquad (\text{para } \alpha,\beta\in \{0,1\})$$

$$G_2 (\alpha,\beta)=\gamma,\ \gamma \text{ definida para cada } a\in A \text{ por: } (a)= \begin{cases} 1, \text{ se } \alpha(a)=\beta(a)=1 \\ 0, \text{ se não} \end{cases}$$

(para α, β $\{0,1\}^A$)

$$G_3(\alpha,\beta)=\begin{cases}0, \text{ se } \alpha=\beta=0\\ 1, \text{ se não}\end{cases} \qquad (\text{para } \alpha,\beta\in\{0,1\})$$

$$G_3(\alpha,\beta)=\delta, \text{ definida para cada } a\in A \text{ por: } \delta(a)=\begin{cases}0, \text{ se } \delta(a)=\delta(a)=0\\ 1, \text{ se não}\end{cases}$$

$$G_4(\alpha,\beta)=\begin{cases}0, \text{ se } \alpha(\beta)=1, \text{ para } \alpha\in\{0,1\}^A, \beta\in A\\ 1, \text{ se } \alpha(\beta)=0, \text{ para } \alpha\in\{0,1\}^A, \beta\in A\end{cases}$$

(Não definiremos aqui G_5 por motivos que explicaremos depois)

S_1 . Se $\xi\in P_{S/N}$, $\zeta\in P_N$, então $f(F_1'(\xi,\zeta)=G_1(f(\xi), f(\zeta))$ (ou seja, a denotação de $F_1'(\xi,\zeta)$ é $G_1(f(\xi), f(\zeta)))$.

S_2 . Se $\xi\in P_{VI/N}$, $\zeta\in P_N$, então $f(F_1(\xi,\zeta)=G_1(f(\xi), f(\zeta))$.
S_3 . Se $\xi\in P_{VI/VI}$, $\zeta\in P_{VI}$, então $f(F_1'(\xi,\zeta)=G_1(f(\xi), f(\zeta))$.
S_4 . Se $\xi\in P_{VI/S}$, $\zeta\in P_S$, então $f(F_1(\xi,\zeta)=G_1(f(\xi), f(\zeta))$.
S_5 . Se $\xi\in P_{S/S}$, $\zeta\in P_S$, então $f(F_1(\xi,\zeta)=G_1(f(\xi), f(\zeta))$.

S_6 . Se $\varphi,\psi\in P_S$, então $\begin{cases}f(F_2(\varphi,\psi)=G_2(f(\varphi),f(\psi))\\ f(F_3(\varphi,\psi)=G_3(f(\varphi),f(\psi))\end{cases}$

S_7 . Se $\alpha,\beta\in P_{VI}$, então $\begin{cases}f(F_2(\alpha,\beta)=G_2(f(\alpha),f(\beta))\\ f(F_3(\alpha,\beta)=G_3(f(\alpha),f(\beta))\end{cases}$

S_8 . Se $\xi\in P_N$,$\zeta\in P_{VI}$, então $f(F_4(\xi,\zeta)=G_4(f(\xi), f(\zeta))$.

As regras $S_1,\ldots, S_8$ podem-se resumir pela igualdade:

$$f(F_i(\xi,\zeta))=G_i(f(\xi),f(\zeta)) \quad (*),$$

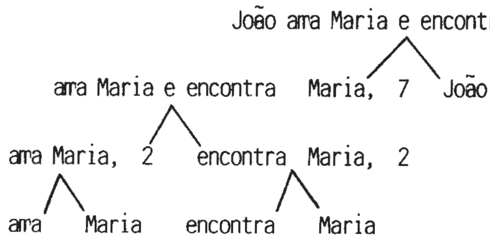
onde ξ,ζ pertencem aos conjuntos determinados pelas regras $R_1,\ldots,R_8$ (observe-se que G_1 corresponde tanto a F_1 quanto a F_1').

A igualdade ($*$) é, se a observamos com cuidado, muito significativa. Com relação aos dois princípios da pág. 27, eles aparecem evidentes aqui.

Em primeiro lugar, ($*$) da uma expressão do significado de uma expressão composta ($F_i(\xi,\zeta)$ é a expressão composta, f a função que lhe faz corresponder seu significado) em função dos significados $f(\xi)$, $f(\zeta)$ de suas partes ξ,ζ. Esse é justamente o princípio de Frege.

Em segundo lugar, ($*$) estabelece uma correspondência ($F_i \longrightarrow G_i$) entre as funções F_i e as funções G_i e portanto, entre as regras sintáticas e as regras semânticas. Esse é o segundo princípio enunciado, ou seja, o da correspondência sintaxe-semântica.

Vamos dar um exemplo de análise semântica de uma sentença. Seja a sentença: "João ama Maria e encontra Maria". Seu correspondente gráfico é:



Seja f("João") = j (j é o indivíduo chamado João), f("ama Maria") = g_1, f("encontra Maria") = g_2 e suponhamos que g_1 (j) = 1 e que g_2 (j) = 0 (ou seja, que "João ama Maria" é verdadeiro e "João encontra Maria" é falso). Então, pela regra S_7, se é $G_2(g_1, g_2) = g_3$ (ou seja, g_3 = f("ama Maria e encontra Maria")) é $g_3(j) = 0$; portanto a sentença "João ama Maria e encontra Maria" é falsa.

O que, até aqui, consideramos como o "significado" de uma expressão α, ou seja, $f(\alpha)$, é a chamada <u>extensão</u> de α. Explicitamente: a extensão de uma sentença é o seu valor de verdade, a extensão de uma frase verbal intransitiva é o conjunto dos indivíduos que verificam a propriedade dada pela frase verbal (ou a função característica desse conjunto), etc.

Pareceria, então, que com essa noção de significado definimos um modelo satisfatório sintático-semântico para a linguagem L.

Mas os problemas aparecerem logo. Vamos supor que temos as sentenças: (α) "Pedro ama Maria", e (β) "Maria ama Pedro". Seja $f(\alpha) = f(\beta) = 1$ e sejam as setenças: (γ) "João acredita que "Pedro ama Maria" e (δ) "João acredita que Maria ama Pedro" com valores de verdade 1 e 0 respectivamente. Mas essa atribuição de valores não é possível. Com efeito, calculemos as denotações das sentenças (γ) e (δ).

$$\begin{aligned} f(\gamma) &= f(F_1' (\text{"acredita que } \alpha\text{", "João"})) \\ &= G_1 (f(\text{"acredita que } \alpha\text{"}), f(\text{"João"})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f(\text{"acredita que } \alpha\text{"}) &= f(F_1 (\text{"acredita que"}, \alpha)) \\ &= G_1(f(\text{"acredita que"}), f(\alpha)) \end{aligned}$$

Seja f ("acredita que") = $g \in (\{0,1\}^A)^{\{0,1\}}$, f ("João") = $j \in A$.

Por hipótese $f(\alpha) = 1$. Substituindo acima:

$$f(\gamma) = G_1(G_1(g,1),\ j) = G_1(g(1),\ j) = (g(1))\ (j)$$

Analogamente: $f(\delta) = (g(1))\ (j)$, porque a única diferença a entre γ e δ é que uma é função de α e a outra de β, mas α e β têm o mesmo valor de verdade ($f(\alpha) = f(\beta) = 1$, por hipótese) e é só o valor de verdade que aparece no cálculo de $f(\gamma)$ e $f(\delta)$ Então, provamos que $f(\gamma) = f(\delta) = (g(1))\ (j)$, fato que contraria a hipótese de que γ é verdadeiro e δ falso.

O que acontece aqui é que uma construção do tipo "acredito que" ou "é possível que" ou "necessariamente", etc., não é "truth-functional", ou seja, não responde aos princípios da Lógica Classica, porquanto a verdade da composição não depende da verdade de suas partes. Por exemplo, o valor de verdade da sentença γ (respectivamente δ) é independente do valor de verdade da sentença α (respectivamente β).

Uma questão semelhante é a introduzida pela expressão "necessariamente". Se as sentenças "João anda" e "João anda rapidamente" são ambas verdadeiras, isso não implica que "Necessariamente João anda" e "Necessariamente João anda rapidamente" tenham o mesmo valor de verdade. Podemos supor, por exemplo, que a primeira é verdadeira (considerando a faculdade de andar como inerente à condição humana) mas que a segunda não é (supondo que João costuma andar devagar).

Outro problema que aparece é o da definição da G_5. A função G_5 deve estabelecer uma relação entre o sujeito (elemento de P_N) e o predicado (elemento de P_{VI}) de uma sentença e o valor de verdade do passado da sentença. Mas o valor de verdade do passado de uma sentença não depende <u>somente</u> do seu sujeito e do seu predicado.

Estes três exemplos bastam para mostrar que é preciso acrescentar mais "dados" para poder definir adequadamente as regras semânticas.

Em particular, para conhecer o significado de uma sentença é necessário saber as condições sob as quais ela é verdadeira. As condições, "circunstâncias", os "mundos possíveis", são expressões equivalentes para designar aqueles parâmetros (tempo, local, ouvinte, falante, etc.) dos quais dependem as funções semânticas. Por exemplo, o passado de uma setença é verdadeiro se existe um "mundo possível", no passado, no qual a sentença foi verdadeira.

Vamos definir, então, o significado de uma expressão α não mais como sua extensão, mas como sua <u>intensão</u>, ou seja, como uma função que a cada mundo possível faz corresponder a extensão de α nesse mundo.

Este tipo de problemas nos introduz no domínio da Lógica (Não Clássica) chamada Intensional ou Modal.

Em geral, a Lógica Modal trata questões relativas a"operadores" que não são "truth-functional". O exemplo típico é o seguinte: o valor de verdade de uma setença da forma "necessariamente α" não depende do valor de verdade de α no mundo real, mas dos valores de verdade de α em <u>todos</u> os mundos possíveis. Intuitivamente, a sentença "necessariamente α" será verdadeira se e somente se α for verdadeira em <u>todos</u> os mundos possíveis.

Vamos precisar os conceitos de intensão e extensão e definir uma nova interpretação I_3 do fragmento.

Em primeiro lugar, definiremos o novo conjunto T dos <u>tipos</u> (ver 7, Introdução) como sendo o menor conjunto que verifica as seguintes condições:

1º $e \in T$, $t \in T$

2º se $\sigma, \tau \in T$, então $\langle \sigma, \tau \rangle \in T$.

3º se $\sigma \in T$ então $\langle s, \sigma \rangle \in T$.

Os novos conjuntos D_σ de denotações possíveis de tipo σ para $\sigma \in T$, relativas a três conjuntos dados A, I, J, se definem como segue:

$D_e = A$, $D_t = \{0,1\}$, $D_{\langle \sigma,\tau \rangle} = D_\tau^{D_\sigma}$, $D_{\langle s,\sigma \rangle} = D_\sigma^{I \times J}$.

Os conjuntos A, I, J representam, respectivamente, o conjunto dos indivíduos, dos mundos possíveis e dos instantes de tempo.

O conjunto S_σ dos <u>sentidos</u> de tipo σ é definido por:

$$S_\sigma = D_{\langle s,\sigma \rangle}.$$

Uma <u>interpretação</u> ou <u>modelo intensional</u> é uma quintupla (A, I, J,$\leqslant$, F) tal que: A, I, J são conjuntos não vazios, J totalmente ordenado(*) pela relação $\leqslant$, e F é uma função que atribui a cada expressão constante α da categoria B cujo tipo correspondente é σ (na linguagem L todas as expressões são constantes) um sentido $F(\alpha)$ de tipo σ, ou seja, um elemento de S_σ.

A <u>intensão</u> de uma expressão α de uma categoria B é, na interpretação, o valor $F(\alpha) \in S_\sigma$. Sua <u>extensão</u> relativa a um mundo possível <u>i</u> e a um instante de tempo <u>j</u> é o valor $F(\alpha)(i, j)$ (observe-se que $F(\alpha): I \times J \longrightarrow D_\sigma$).

Seja $I_3 = (A, I, J, \leqslant, F)$ uma tal interpretação para L.

Então, o "significado" $F(\alpha)$ atribuído na interpretação I_3 a α já não é mais a extensão de α, mas sua intensão.

A correspondência g entre categorias e tipos de T é agora a seguinte:

$$\begin{cases} N \longrightarrow e \\ S \longrightarrow t \\ VI \longrightarrow \langle e, t \rangle \\ VT \longrightarrow \langle e, \langle e, t \rangle\rangle \\ AVI \longrightarrow \langle\langle s, \langle e, t \rangle\rangle, \langle e, t \rangle\rangle \\ AS \longrightarrow \langle\langle s, t \rangle, t \rangle \\ VS \longrightarrow \langle\langle s, t \rangle, \langle e, t \rangle\rangle \end{cases}$$

(*) Um conjunto é <u>totalmente ordenado</u> se existe nele uma relação R reflexiva, antissimétrica e transitiva, tal que para todo par (a,b) de elementos do conjunto é aRb ou bRa.

Verifica-se a seguinte regra: $\bar{g}(N)=e$, $\bar{g}(S)=t$ e, se na correspondência g a uma categoria C/B corresponde um tipo $\langle b, c\rangle$ então, na correspondência $\bar{g}$ dada acima à categoria C/B corresponde o tipo $\langle\langle s, b\rangle, c\rangle$. A única exceção é no caso em que B=N (ou, equivalentemente, b=e); nesse caso, no lugar de $\langle\langle s,e\rangle,c\rangle$ teremos $\bar{g}(C/N)= g(C/N)=\langle e,c\rangle$, considerando identificado $\langle s,e\rangle$ com e. O motivo será explicado a seguir.

Para as expressões da categoria N, os sentidos do tipo $\underline{e}$ correspondente são funções $\bar{p}$: $I \times J \longrightarrow A$. Consideraremos, porém como Montague em EFL, que são funções constantes (supondo que para cada mundo e instante de tempo o indivíduo de nome "João" é sempre o mesmo, por exemplo). Fazendo a identificação: $\bar{p}_a \simeq a$, (sendo $\bar{p}_a$ a função constante cujo valor é $\underline{a}$ A) teremos que os sentidos de tipo $\underline{e}$ são elementos de A.

Para os outros tipos, os sentidos são, segundo a definição: $S_t= \{0,1\}^{I \times J}$, $S_{\langle e,t\rangle}= (\{0,1\}^A)^{I \times J}$, $S_{\langle\langle s,t\rangle,t\rangle}= (\{0,1\}^{(\{0,1\}^{I \times J})})^{I \times J}$ etc.

Por definição de interpretação, a função F faz corresponder a uma expressão da categoria B um sentido de tipo $\bar{g}(B)$, quer dizer, um elemento do conjunto $S_{\bar{g}(B)}$. A função F atribui valores arbitrários às expressões básicas, com a excepção da expressão "necessariamente".

Seja n= F("necessariamente"); por definição, para cada $(i,j) \in I \times J$, n(i, j) é uma função:

$$n(i,j): \{0,1\}^{I \times J} \longrightarrow \{0,1\}$$

Se define n(i,j) explicitamente como segue, para cada $\bar{\alpha} : I \times J \longrightarrow \{0,1\}$.

$$n(i,j)(\bar{\alpha}) = \begin{cases} 1, \text{ se } \bar{\alpha}(i',j')=1, \text{ para todo } (i',j') \in I \times J \\ 0, \text{ se não.} \end{cases}$$

Para calcular o valor de F nas expressões compostas, vamos definir novas funções semânticas $\bar{G}_1,\ldots,\bar{G}_5$.

$\bar{G}_1(\bar{\xi},\bar{\zeta})(i,j)= \bar{\xi}(i,j)(\bar{\zeta})$ por ser $\bar{\xi}$ de um tipo "compatível" como de $\bar{\zeta}$, ou seja, $\bar{\zeta}$ deve estar no domínio da função $\bar{\xi}(i,j)$.

$$G_2(\bar{\varphi},\bar{\psi})(i,j) = \begin{cases} 1, \text{ se } \bar{\varphi}(i,j) = \psi(i,j) = 1 \\ 0, \text{ se não (em todo outro caso)} \end{cases}$$

(para φ, ψ sentidos de tipo $\underline{t}$)

$$G_2(\bar{\alpha},\bar{\beta}) = \bar{\gamma}, \text{ tal que } \bar{\gamma}(i,j)(a) = \begin{cases} 1, \text{ se } \bar{\alpha}(i,j)(a) = \bar{\beta}(i,j)(a) = 1 \\ 0, \text{ se não} \end{cases}$$

(para $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ sentidos de tipo $\langle e,t\rangle$, $a \in A$).

$$\bar{G}_3 (\bar{\varphi},\bar{\psi}) (i,j) = \begin{cases} 0, \text{ se } \bar{\varphi} (i,j) = \bar{\psi} (i,j) = 0. \\ 1, \text{ se não} \end{cases}$$

(para $\bar{\varphi}$, $\bar{\psi}$ sentidos de tipo $\underline{t}$)

$$\bar{G}_3 (\bar{\alpha},\bar{\beta}) = \bar{\delta} \text{ tal que } \bar{\delta} (i,j)(a) = \begin{cases} 0, \text{ se } \bar{\alpha}(i,j)(\alpha) = \bar{\beta} (i,j)(a)=0 \\ 1, \text{ se não} \end{cases}$$

(para α, β sentidos de tipo $\langle e,t\rangle$)

$$\bar{G}_4 (\bar{\alpha},\beta) (i,j) = \begin{cases} 1, \text{ se } \bar{\alpha} (i,j) (\beta) = 0 \\ 0, \text{ se } \bar{\alpha} (i,j) (\beta) = 1 \end{cases}$$

(para $\bar{\alpha}$ sentido de tipo $\langle e,t\rangle$, $\beta \in A$)

$$\bar{G}_5 (\bar{\alpha},\beta) (i,j) = \begin{cases} 1, \text{ se existe } j' < j \text{ tal que: } \bar{\alpha} (i,j').(\beta) = 1 \\ 0, \text{ se não} \end{cases}$$

(para α sentido de tipo $\langle e,t\rangle$, $\beta \in A$).

Então, as novas regras semânticas $S_1,\ldots,S_8$ podem resumir-se pela igualdade: $F(F_i (\xi,\zeta)) = \bar{G}_i (F(\xi), F(\zeta))$ (sendo $\bar{G}_1$ correspondente tanto a F_1 quanto a F_1') que é aplicada em cada regra para ξ,ζ nas categorias adequadas.

Vamos provar agora que os três problemas para a interpretação I_2 ficam resolvidos na interpretação I_3.

Primeiramente sejam $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ como na pg. 34. Provenios que F pode ser definida de modo que $F(\gamma) (i_o,j_o) = 1$ e $F(\delta) (i_o,j_o) = 0$, sendo (i_o,j_o) o mundo real e o instante de tempo presente, respectivamente (observe-se que $F(\gamma) (i_o,j_o)$ é a <u>extensão</u> de $F(\gamma)$ com relação a (i_o,j_o)).

Em geral: $F(\gamma) (i,j) = \bar{G}_1$ (F("acredita que α"), F("João"))(i, j)
$= F$ ("acredita que α ") (i,j) (F("João"))

F("acredita que α") (i,j) = $\bar{G}_1$ (F("acredita que"), $F(\alpha)$)
= F("acredita que")(i,j) ($\bar{\alpha}$), sendo $\alpha = F(\alpha)$.

Portanto: $F(\gamma)(i,j) = (F(\text{"acredita que"})\ (i,j)\ (\alpha))\ (F(\text{"J."}))$

Analogamente: $F(\delta)(i,j) = (F(\text{"acredita que"})\ (i,j)\ (\bar{\beta}))\ (F(\text{"João"}))$

Mas agora podemos considerar que a intensão de α é diferente da intensão de β (ou seja $\bar{\alpha} \neq \bar{\beta}$) e que, portanto, no índice (i_o, j_o), pode ser: $F(\text{"acredita que"})\ (i_o, j_o)\ (\bar{\alpha}) \neq F(\text{"acredita que"})\ (i_o, j_o)\ (\bar{\beta})$. Então também pode ser:

$(F(\text{"acredita que"})\ (i_o, j_o)\ (\bar{\alpha}))\ (F(\text{"João"})) \neq (F(\text{"acr.que"})\ (i_o, j_o)\ (\bar{\beta}))(F(\text{"J."}))$

Em particular pode ser:

$$F(\gamma)\ (i_o, j_o) = 1 \quad \text{e} \quad F(\delta)\ (i_o, j_o) = 0.$$

Para a questão do "necessariamente" a solução é similar: se α, β são as sentenças "João anda" e "João anda rapidamente", respectivamente, dizer que elas são verdadeiras significa, com a introdução das intensões, verdadeiras neste mundo e neste instante de tempo. Portanto, se são $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ as intensões de α e β respectivamente, será $\bar{\alpha}(i_o, j_o) = \bar{\beta}(i_o, j_o) = 1$. Por outra parte:

$$\begin{aligned} F(\text{"necessariamente } \alpha\text{"})\ (i,j) &= \bar{G}_1(F(\text{"neces."}), \bar{\alpha})\ (i,j) \\ &= \bar{G}_1(n, \bar{\alpha})\ (i,j) \\ &= n\ (i,j)\ (\bar{\alpha}) \end{aligned}$$

Analogamente: $F(\text{"necessariamente } \beta\text{"})\ (i,j) = n\ (i,j)\ (\bar{\beta})$

Como a função $n(i,j)$ depende (inclusive para $(i,j) = (i_o, j_o)$ não de $\bar{\alpha}(i,j)$ mas de $\bar{\alpha}$ (analogamente para $\bar{\beta}$) se é $\bar{\alpha} \neq \bar{\beta}$, pode ser:

$$n\ (i_o, j_o)\ (\bar{\alpha}) \neq n\ (i_o, j_o)\ (\bar{\beta}).$$

Por último, o problema do passado ficou resolvido com a definição de G_5.

Daremos a seguir um exemplo de análise semântica de uma sentença na interpretação I_3.

Seja: (η) "Necessariamente João falou ou Pedro encontrou Maria". A análise sintética é a seguinte:

Necessariamente João falou ou Pedro encontrou Maria, 5

Necessariamente — João falou ou Pedro encontrou Maria, 6

João falou, 8 — Pedro encontrou Maria, 8

fala — João — encontra Maria, 2 — Pedro

encontra — Maria

Calculemos agora o valor de verdade de η, supondo que, se são ξ, ζ as sentenças "João falou" e "Pedro encontrou Maria", respectivamente, ξ é falsa e ζ verdadeira.

$$\begin{aligned} F(\eta)(i,j) &= \bar{G}_1 (F(\text{"necessariamente"}), F(\xi \text{ ou } \zeta))(i,j) \\ &= \bar{G}_1 (n, \bar{G}_3 (F(\xi), F(\zeta)))(i,j) \\ &= n(i,j)(G_3(F(\xi), F(\zeta))) \end{aligned}$$

A hipótese "ξ é falsa e ζ é verdadeira" é referida ao índice (i_o, j_o) com (i_o, j_o) como antes .

Portanto: $\bar{G}_3 (F(\xi), F(\zeta))(i_o, j_o) = 1$, porque $F(\xi)(i_o, j_o) = 0$ e $F(\zeta)(i_o, j_o) = 1$ (ou seja, existe $j' < j_o$ tal que $F(\text{"Pedro encontra M."})(i_o, j') = 1$ (:)).

Mas se considerarmos j_o', o menor dos j' que verificam (:), será (1) $F(\zeta)(i_o, j_o') = 0$, porque não existe nenhum $j'' < j_o'$ para o qual a igualdade (:) se verifique (o tempo em que Pedro realiza a ação de encontrar Maria é, para j_o', futuro).

Também será: (2) $F(\xi)(i_o, j_o') = 0$, porque sendo $F(\xi)(i_o, j_o) = 0$, por definição, não existe $i_o' < j$ a condição continua em vigência (se existisse $j' < j_o'$ verificando (⁝), sendo $j_o' < j_o$ existiria $j' < j_o$ verificando (⁝) e então seria $F(\xi)(i_o, j_o) = 1$, que contradiz a hipótese).

Portanto, de (1) e (2), por definição de $\bar{G}_3$ temos que $\bar{G}_3(F(\xi), F(\xi))(i_o, j_o') = 0$ donde por definição de <u>n</u>, será:

$$n(i,j)(\bar{G}_3(F(\xi), F(\zeta))) = 0$$

Portanto: $F(\eta)(i,j) = 0$, para todo (i,j). Ou seja, a sentença "Necessariamente João falou ou Pedro encontrou Maria" é falsa para todo índice (i,j). Dito de outra maneira, sua extensão é 0 em cada (i,j) e sua intensão é a função constante igual a 0.

CONCLUSÃO

A "intenção" (esta vez com "ç") de apresentar aqui a linguagem L (fragmento muito reduzido do português) não é outra que a de introduzir o leitor à leitura de R. Montague. Foram deliberadamente evitados problemas (essenciais no PTQ) da quantificação, da tradução para uma linguagem simbólica, das ambiguidades, etc. Pretende-se somente dar uma idéia, o mais clara possível, da gramática de Montague e dos princípios nos quais ela se baseia. Tratou-se de desenvolver o tema num nível elementar, dando as definições necessárias em cada caso, ou referindo-se à bibliografia.

BIBLIOGRAFIA

M.J. CRESSWEL: "Logics and Languages", Methuen and Co. Ltd., W. Cloves and Sons Limited, London, Colcherster and Beccles, (1973).

B.HALL PARTEE: "Montague Grammar and Transformational Grammar", Univ. of Mass. Amherst (1974).

J. KATZ and J. FODOR: "The structure of a semantic theory" Language 39, 170-210.

D. LEWIS: "General Semantics", Davidson and Harman (editores). Semantics of Natural Language, 169-218, (1972), D. Reidel Publishing Company, Dordrechet-Holland.

E. MENDELSON: "Introduction to Mathematical Logic" Van Nostrand, Princeton, 1963.

R. MONTAGUE: "English as a formal language" Bruno Visentini et al., Linguaggi nella Società e nella Tecnica, Milan, Edizione di Comunità (1970), pp. 189-224.

______. "The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English", J.Hintikka, J. Moravcsik and P. Suppes (editores) Approaches to Natural Language: Proceedings of the 1970 Stanford Workshop on Grammar and Semantics. Dordrechet, D. Reidel Publishing Company, (1973), pp. 221-42. (As referências aos trabalhos de R. Montague estão denotadas no texto por G.EFL e G.PTQ respectivamente).

R. THOMASON: "Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague", editado por R. Thomason, New Haven and London, Yale University Press, (1974).

J. ZIMBARG: "Introdução à Lógica Matemática" 9º Colóquio Brasileiro de Matemática, Poços de Caldas, Julho 1973, IMPA.