

# Estudo da exposição ocupacional ao tolueno e ao ruído e dos efeitos na audição de trabalhadores de uma indústria da grande Porto Alegre

Study of occupational exposure to toluene and noise in the hearing of factory workers from Porto Alegre, Brazil

Adriana S. Costa<sup>1</sup>; Aletéia S. Alano<sup>1</sup>; Renata Limberger<sup>1</sup>; Flávio M. Simões<sup>2</sup>; Paulo R. Farenzena<sup>2</sup>; Adriana Andrade<sup>4</sup>; Andréia R. Silva<sup>5</sup> & Vera M. Steffen<sup>1</sup>

**RESUMO** - Um estudo sobre os efeitos da exposição de trabalhadores a agentes físicos (ruído) e químicos (tolueno) foi descrito neste trabalho. Para isto, foram realizados monitoramento ambiental e biológico, avaliação audiométrica e avaliação dos níveis de ruído. Este estudo foi realizado com trabalhadores de uma indústria da grande Porto Alegre, dos quais foram coletadas amostras de urina para avaliar a intensidade da exposição ao tolueno através da determinação do ácido hipúrico. Foram utilizados monitores passivos para vapores orgânicos, para determinação dos níveis de tolueno no ambiente laboral. Foram realizadas medições do ruído ambiental em 1/3 de oitavas e em dB(A), durante 3 minutos, e obtivemos os níveis equivalentes,  $L_{eq}$  (NBR 10151). Foi investigado o comprometimento da via auditiva, através da audiometria ocupacional por via aérea. Analisando os resultados obtidos, foi constatada perda auditiva bilateral nos trabalhadores expostos ao tolueno e ao ruído e uma tendência de interação destes agentes na audição.

**PALAVRAS-CHAVE** - Tolueno, ácido hipúrico, ruído, audição, monitoramento ambiental, audiometria, monitoramento biológico.

**SUMMARY** - In this work we studied the effects of occupational exposure to solvent and noise in the hearing of factory workers from Porto Alegre, Brazil. The study group analyzed solvents concentration in air, biological marker for toluene in urine (hippuric acid) and levels of environmental noises. The analysis of these results showed hearing loss in the workers of occupational exposure to solvent toluene and noise. These findings suggest the exposure to toluene and noise has a toxic effect on the auditory system. Further researches are needed for better understanding of the interaction of these agents in the auditory systems.

**KEYWORDS** - Toluene, hippuric acid, noise, hearing, environmental monitoring, audiometry, biological monitoring.

## INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), *Saúde não significa apenas ausência de doença ou dor, mas, também, um ótimo estado de bem estar físico, mental e social.* A saúde desenvolve-se e mantém-se graças à interação entre o homem e o meio ambiente total. Como o ambiente de trabalho constitui uma parte importante deste, a manutenção da saúde depende, em grande parte, da salubridade do ambiente ocupacional.

Nos últimos anos temos observado um interesse crescente em pesquisas sobre os efeitos das exposições combinadas a agentes físicos, químicos, biológicos e organizacionais, presentes no ambiente de trabalho. Em particular, temos uma ênfase em estudos da potencial interação entre produtos químicos e ruído, que podem ocasionar perdas auditivas nos trabalhadores. As perdas auditivas têm ocupado lugar de destaque nas doenças relacionadas ao trabalho. Porém, por muitos anos tais perdas foram atribuídas exclusivamente à exposição ao ruído ocupacional.

A alta prevalência da perda auditiva induzida por ruído foi descrita em diversos trabalhos<sup>1,2,3,4</sup>. Porém as características de tal perda são muito semelhantes às da perda auditiva por ototoxicidade, ou seja, ambas são neuro-sensoriais, apresentam lesões co-

cleares, são irreversíveis, acometem inicialmente altas frequências e quase sempre são bilaterais<sup>4,5</sup>. Este fato talvez tenha postergado os estudos a respeito dos efeitos auditivos da exposição ocupacional a produtos químicos. Considerando que é freqüente a exposição combinada a agentes físicos e químicos nos ambientes de trabalho, torna-se extremamente importante estudos envolvendo possíveis interações entre tais agentes e seus efeitos na audição dos trabalhadores.

Dentre os compostos químicos ototóxicos, podemos destacar os metais (chumbo, arsênico, cobalto e manganês), os asfixiantes (cianeto, monóxido de carbono e nitrato de butila) e os solventes (álcool, dissulfeto de carbono, hexano, tricloroetileno, tolueno, xileno, estireno e misturas). Podemos considerar que, dentre tais compostos, os solventes são de utilização mais freqüente na indústria<sup>6</sup>. O tolueno, por exemplo, é um agente químico presente em colas, lacas, tintas, vernizes, óleos, dentre outros. Este solvente é biotransformado no organismo originando, principalmente, ácido benzóico, que se conjuga com a glicina, produzindo o ácido hipúrico, seu principal metabólito urinário<sup>7,8,9</sup>.

Este trabalho apresenta os resultados preliminares do estudo da exposição ocupacional ao tolueno e ao ruído, e dos seus efeitos na audição dos traba-

Recebido em 18/01/2001

<sup>1</sup>Departamento de Análises, Faculdade de Farmácia, UFRGS, Av. Ipiranga, 2752, Santana, Porto Alegre, RS; <sup>2</sup>Departamento de Tecnologia, FAU, Faculdades Integradas Ritter dos Reis, Rua Orfanotrófio, 555, Alto Teresópolis, Porto Alegre, RS; <sup>3</sup>Hospital Divina Providência, Centro de Diagnósticos, Rua da Gruta, 145, Glória, Porto Alegre, RS; <sup>4</sup>Centro de Inf. Toxicol. do Rio Grande do Sul (CIT-RS), Lab. de Anál. de Emergência (LAE), Rua Domingos Crescêncio, 132, 7º and., Santana, Porto Alegre, RS; <sup>5</sup>ULBRA

lhadores de uma indústria de móveis da grande Porto Alegre. Para obtenção dos dados, foram realizados monitoramento ambiental e biológico, que objetivam a avaliação da exposição potencial, isto é, a quantidade de agente químico que pode alcançar os organismos vivos, prevenindo assim a exposição excessiva a estes agentes que podem provocar efeitos nocivos agudos ou crônicos nos trabalhadores expostos. Foram realizadas também, medições dos níveis de ruído no ambiente laboral e avaliações audiológicas nos trabalhadores.

No Brasil, a Norma Regulamentadora nº 7 (NR 7-MT/BR)<sup>10</sup> estabelece parâmetros para o monitoramento biológico da exposição ocupacional aos agentes químicos. O ácido hipúrico é o bioindicador urinário para o tolueno<sup>9,11</sup>, sendo 1,5g/g de creatinina o valor de referência e 2,5g/g de creatinina o IBMP (Índice Biológico Máximo Permitido). O ácido hipúrico é um componente normal da urina, sendo suas concentrações influenciadas por fatores, tais como diurese, alimentos e medicamentos. Além destes, as características individuais como sexo, idade, raça e estado nutricional podem diversificar a resposta de cada organismo frente à exposição à mesma concentração de um xenobiótico<sup>12</sup>. Esta norma também determina que são considerados sugestivos de perda auditiva os casos cujos audiogramas, nas frequências de 3000 e/ou 4000 e/ou 6000 Hz, apresentarem limiares auditivos acima de 25dB(A).

A Norma Regulamentadora nº15 (NR 15-MT/BR)<sup>13</sup> estabelece os limites para o monitoramento ambiental, caracterizando insalubridade quando for ultrapassado o limite de tolerância de 78ppm para o tolueno. Para realização deste monitoramento é necessário o conhecimento prévio de diversas condições relacionadas aos trabalhadores e ao ambiente. Dentre elas, a movimentação dos trabalhadores, condições de ventilação, atividades ou funções e outros<sup>8</sup>. A NR 15-MT/BR<sup>13</sup> estabelece, também, que para uma jornada de 8 horas diárias de trabalho, o nível de ruído não deve exceder 85dB(A).

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Materiais

#### Reagentes

**Monitoramento biológico:** ácido hipúrico (Riedel); acetato de etila (Synth); álcool metílico (Nuclear); sulfato de sódio anidro (Nuclear); clorofórmio (Nuclear); metilisobutil cetona-MIBK (Merck); ácido sulfúrico 5% (Merck); ácido clorídrico 0,5N (Merck); kit creatinina (LabTest).

**Monitoramento ambiental:** dissulfeto de carbono (Synth); metilisobutil cetona-MIBK (Merck); tolueno (Merck).

#### Amostras

Amostras de urina de trabalhadores expostos a tolueno e a ruído (n=20).

Amostras de urina de indivíduos não expostos a tolueno e a ruído, grupo controle (n=10).

#### Equipamentos e acessórios

**Monitoramento biológico:** Cromatógrafo a gás GC-17A (Shimadzu, Japão, Tóquio) equipado com detector de massas QP 5000, injetor capilar do tipo split/splitless, coluna capilar DB-5 com 30m de comprimento, 0,25mm de diâmetro interno e 0,25 mm de espessura de filme.

TABELA I  
Perfil dos trabalhadores estudados

	Média (anos)	Mínimo-Máximo (anos)
Idade	32,4	17-62
Tempo de trabalho na indústria	5,4	2-18
Exposição ao ruído	5,8	2-18
Exposição a solvente	5,3	2-13
Exposição anterior ao ruído	4,2	2-14
Exposição anterior a solvente	3,3	2-4

**Monitoramento ambiental:** Monitores passivos para vapores orgânicos (OVM 3500-3M); cromatógrafo a gás Varian 3800, equipado com detector FID e coluna capilar DB-1 com 30m e 0,25mm de diâmetro interno.

**Ruído ambiental:** Analisador de som em tempo real, modelo NOR-110; microfone condensador modelo NOR-1220; pré-amplificador NOR-1201; calibrador autocompensado de precisão modelo NOR-1251, todos fabricados por Norsonic, Noruega, do tipo 1.

**Avaliação audiológica:** Audiômetro Interacoustics Acoustic Analyser AA30.

### Métodos

Os trabalhadores foram submetidos a uma entrevista composta de aproximadamente 30 questões referentes à história clínica, ocupacional, cuidados no trabalho e qualidade de vida. O grupo estudado é todo do sexo masculino e apresenta, pelo menos, dois anos de exposição a ruído e solventes.

#### Procedimento analítico/Monitoramento biológico

**Método:** As amostras foram preparadas conforme o método sugerido por Roosmalen e Drummond (1978)<sup>14</sup>, sendo as condições cromatográficas modificadas pelo CIT-RS. Para cálculo da concentração de ácido hipúrico os resultados foram divididos pela concentração de creatinina na amostra, conforme estabelece a NR 7-MT/BR.

**Amostragem:** As amostras de urina, para análise de ácido hipúrico, foram coletadas no início e final da jornada de trabalho.

**Estabilidade:** O ácido hipúrico é estável na urina por um dia à temperatura ambiente (20-23°C) e por duas semanas se a amostra for congelada.

**Armazenamento:** As amostras de urina foram mantidas sob refrigeração a 4°C até seu processamento analítico.

**Condições cromatográficas:** Fluxo do gás de arraste (He) 1,0 ml/min.; temperatura do injetor e do detector 220°C e programação de temperatura da coluna: inicial de 140°C por 3,5min.; rampa de 50°C/min. até 190°C, manutenção por 1,0 min.; rampa de 50°C/min. até 200°C, manutenção por 1,0 min.; injetor capilar na função "Split", com razão 1:50.

#### Procedimento analítico/Monitoramento ambiental

**Método:** Um determinado volume de eluente foi injetado no monitor para promover a desorção e dissolução dos contaminantes. O eluente é extraído do monitor e analisado por cromatografia gasosa de acordo com a metodologia descrita pelo NIOSH<sup>11</sup>.

**Amostragem:** O monitor foi colocado próximo a região respiratória do trabalhador. Foi anotado o tempo de amostragem, a temperatura local e a umidade relativa do ar.

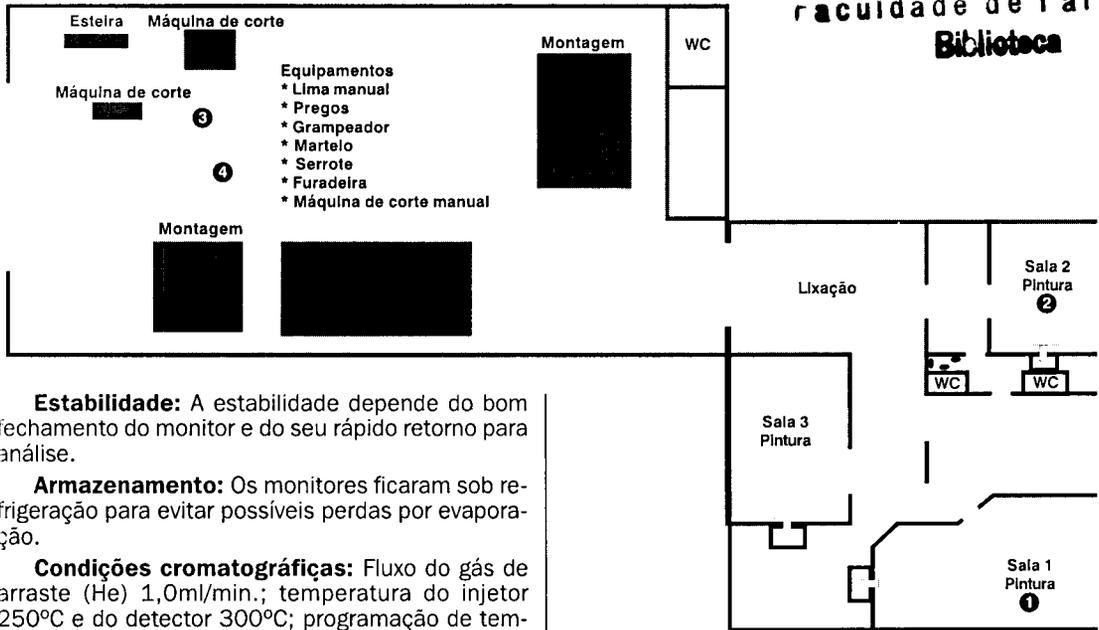


FIG. 1 - Planta da indústria com pontos de medidas.

**Estabilidade:** A estabilidade depende do bom fechamento do monitor e do seu rápido retorno para análise.

**Armazenamento:** Os monitores ficaram sob refrigeração para evitar possíveis perdas por evaporação.

**Condições cromatográficas:** Fluxo do gás de arraste (He) 1,0ml/min.; temperatura do injetor 250°C e do detector 300°C; programação de temperatura da coluna: inicial de 30°C por 4 min.; rampa de 50°C/min. até 220°C; injetor capilar na função "Split", com razão 10.

#### Avaliação dos níveis de ruído ambiental

**Método:** A avaliação dos níveis de pressão sonora em nível equivalente ( $L_{eq}$ ), de 3 minutos, em 1/3 de oitavas e em dB(A) foi realizada utilizando analisador de som em tempo real, tipo 1, modelo NOR-110, (normas IEC 651/804 e ANSI s.1.4), previamente calibrado com calibrador auto-compensado de precisão modelo NOR-1251 (norma IEC 942), seguindo os procedimentos indicados pela ABNT- NBR 10151.

#### Avaliação audiométrica

**Método:** Foi realizado por meio de audiometria ocupacional limiar por via aérea, precedidas de 14 horas de repouso.

### RESULTADOS

- 63,1% dos trabalhadores referiram ter o hábito de fumar, tomar café ou bebidas alcoólicas;
- 15,8% dos trabalhadores faz uso diário de medicamentos, porém, de acordo com a literatura, nenhum dos medicamentos referidos parece ter influência sobre a excreção do ácido hipúrico;
- Nenhum dos trabalhadores referiu ter diabetes ou outro histórico clínico que pudesse interferir na audição;
- 94,7% dos trabalhadores não referiram exposição extra-ocupacional a ruído;
- 57,9% dos trabalhadores estão expostos a níveis de ruído superiores a 85 dB(A), sendo que nenhum deles utiliza protetor auricular em 100% da jornada de trabalho;
- 47,4% dos trabalhadores apresentaram perda auditiva bilateral nas altas frequências (3000-8000Hz), sendo 77,8% destes, expostos a solvente e ruído associados, 11,1% expostos somente a solvente ou a ruído.

TABELA II  
Ruído no interior da fábrica dB(A)

Local	Equipamento em uso	Leq	Mín.	Máx.
Ponto 1: Cabine de pintura	Exaustor	77,8	76,2	83,5
	Exaustor	78,5	76,5	81,4
	Exaustor e Pistola de pintura	77,2	75,6	80,3
Ponto 2: Cabine de pintura	Exaustor	74,9	73,8	76,5
	Exaustor e Pistola de pintura	73,7	71,7	82,7
Ponto 3: Corte	Serra circular (2 un.)	88,8	76,4	95,3
	Serra circular (2 un.)	92,1	83,2	97,3
Ponto 4: Montagem	Lima manual, martelo, pregos, grampos, serrotes, furadeira manual	72,7	54,3	86,5

Min. = mínimo; Máx. = máximo

### DISCUSSÃO

Analisando o perfil do grupo estudado foi observado que é composto, em sua maioria, por trabalhadores jovens (32,4 anos), com exposição atual de 5,3 anos a solventes e a 5,8 anos ao ruído. No histórico de exposição anterior foi verificado que menos de 50% destes trabalhadores estavam expostos a solvente e que mais de 60% estavam expostos ao ruído. Estes dados indicam que o ruído teve maior ação na perda auditiva bilateral, que é típica na exposição a este agente.

Neste estudo, encontramos que "ponto 3", indicado na Fig. 1, apresentou níveis de ruído superiores ao estabelecido pela NR 15-MT/BR<sup>13</sup> o que representa um percentual elevado de trabalhadores (57,9%) expostos a níveis de ruído superiores ao limite estabelecido por esta norma. Este dado é preocupante tendo em vista que os trabalhadores permanecem expostos a esse agente durante a jornada de 8 horas de trabalho, sem a proteção adequada, já que, segundo o levantamento o protetor auricular não é utilizado por mais de 4 horas. Foi constatado, que mais da metade dos trabalhadores que apresentaram perda auditiva bilateral, tem suas funções neste setor

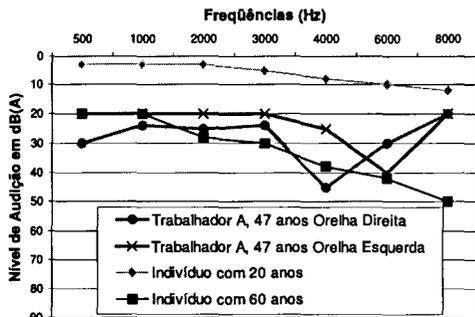


FIG. 2 - Exemplo típico de perda auditiva causada por ruído e/ou solvente.

da indústria (ponto 3) e por, no mínimo, 2 anos. Estas informações sugerem que o ruído pode ter influenciado na perda auditiva destes trabalhadores.

Comparando o grupo exposto a tolueno e ruído com os grupos expostos somente a ruído ou a tolueno verificamos uma perda auditiva sete vezes maior para o grupo que associa estes agentes. Este dado sugere uma tendência de interação ototóxica do tolueno com o ruído e corrobora com dados publicados em outros trabalhos<sup>1,2,3,4,15,16,17</sup>.

Comparando os resultados obtidos do monitoramento ambiental com o do biológico verificamos a confirmação dos dados, pois os mesmos trabalhadores (5,3%) que extrapolaram o IBMP para o ácido hipúrico tiveram seu ambiente laboral com níveis de tolueno superiores ao permitido pela NR15-MT/BR<sup>13</sup>. É importante ressaltar que os valores de referência foram estabelecidos para populações não expostas e que os IBMP devem ser considerados como níveis de advertência e não como números que delimitam claramente a exposição segura da perigosa<sup>19</sup>.

A Fig. 2 apresenta o resultado da avaliação audiométrica realizada em um trabalhador com típica perda auditiva ocasionada por ruído e/ou solvente, apresentando danos bilaterais nas altas freqüências. Também estão plotados os valores normais para pessoas com 20 e 60 anos de idade. Foi observado que indivíduos não expostos a estes agentes apresentam perda auditiva diferenciada, não acometendo as altas freqüências e podendo ter origem em outras causas, dentre elas a idade.

## CONCLUSÃO

Analisando os resultados obtidos, foi verificada considerável perda auditiva bilateral nos trabalhadores expostos a tolueno e a ruído e também uma tendência destes agentes em interagir sinergicamente na audição dos trabalhadores expostos. No entanto, se torna necessário estudos com uma popu-

lação maior para se obter resultados estatisticamente significativos e se possa atribuir as perdas auditivas a interação entre solvente e ruído.

Para fundamentar ações preventivas voltadas a conservação auditiva dos trabalhadores são necessárias pesquisas adicionais sobre ototoxicidade dos produtos químicos industriais, bem como sobre as possíveis interações com o ruído.

## REFERÊNCIAS

1. Morata, T.C. Study of the effects of simultaneous exposure to noise and carbon disulfide on workers' hearing. *Scand. Audiol.* v. 18, p.53-58, 1989
2. Morata, T.C.; Dunn, D.E.; Kretschmer, L. M.; Lemasters, G.K.; Keith, R.W. Occupational exposure to organic solvents and noise: effects on hearing. *Scand. J. Work Environ. Health.* v. 19, p.245-254, 1993
3. Morata, T.C.; Dunn, D.E.; Sieber, W.K. Occupational Exposure to Noise and Ototoxic Organic Solvents. *Arch. Environ. Health.* v. 49, n. 5, p.359-365, 1994
4. Fiorini, A.C.; Morata, T.C.; Fisher, F.M. *et al.* Efeitos da Interação ruído e solventes na audição de trabalhadores gráficos. *J Congresso Ibero-americano de Acústica.* p.222-230, 1998
5. Greenberg, M.I.; Hamilton, R.J.; Phillips, S.D. (Ed) *Occupational, Industrial, and Environmental Toxicology.* St. Louis: Mosby-Year Book. 1ª ed., p.620, 1997
6. Ukai, H.; Inui, S.; Takada, S. *et al.* Types of organic solvents used in small- to medium-scale industries in Japan; a nationwide field survey. *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* v. 70 (6), p.385-92, 1997 (resumo)
7. Truchon, G.; Tardif, R.; Brodeur, J. Gas chromatographic determination of urinary *o*-cresol for the monitoring of toluene exposure. *Journal of Analytical Toxicology.* v.20, p.309-312, 1996
8. Oga, S. *Fundamentos de Toxicologia.* São Paulo: Atheneu Editora de São Paulo. 1ª ed., p.515, 1996
9. Larini, L. *Toxicologia.* São Paulo: Editora Manole Ltda. 3ª ed., p.301, 1997
10. Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes NR-7 Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional-In: *Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho.* Rio de Janeiro: ABPA, 1996
11. NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a Recommended Standard - Occupational Noise Exposure. Cincinnati, Ohio: Revised Criteria, 1998. In: <http://www.cdc.gov.niosh>
12. Della Rosa, H.V.; Siqueira, M.E.P.B.; Fericola, N.A.G.G. *Monitorização biológica da exposição humana a agentes químicos.* São Paulo, Fundacentro; México, ECO/DPS, p.67, 1991
13. Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes. NR-15-In: *Legislação de Segurança e Medicina do Trabalho.* Rio de Janeiro: ABPA, 1996
14. Roosmalen, P. Van; Drummond, I. Simultaneous determination by gas chromatography of the major metabolites in urine of toluene, xylene and styrene. *British Journal of Industrial Medicine,* v. 35, p.56-60, 1978
15. Cary, R.; Clarke, S.; Delic, J. Effects of combined exposure to noise and toxic substances - critical review of the literature. *Ann. Occup. Hyg.* v. 41, n. 4, p.455-465, 1997
16. Bergström, B.; Nyström, B. Development of hearing loss during long-term exposure to occupational noise. *Scand. Audiol.* v. 15, p.227-34, 1986
17. Barregard, L.; Axelsson, A. Is there a ototraumatic interaction between noise and solvents? *Scand. Audiol.* v. 13, p.151-155, 1984
18. Johnson, A.C.; Juntunen, L.; Nylén, P.; Borg, E.; Hoglund, G. Effect of interaction between noise and toluene on auditory function in rat. *Acta Otolaryngol.* v. 105, p.56-63, 1988
19. Couto, H.A.; Leite, E.M.A.; Siqueira, M.E.P.B. *Monitorização biológica de trabalhadores expostos a substâncias químicas.* Belo Horizonte: Ergo Editora, p.170, 1992.