

## AVALIAÇÃO DO GRAU DE EXPOSIÇÃO DE AMOSTRAS POPULACIONAIS DE SÃO PAULO (BRASIL) AO MONÓXIDO DE CARBONO \*

Nilda A. Gallego Gandara de Fernícola \*\*  
Ernesto Ronchini Lima \*\*

RSPUB9/459

FERNÍCOLA, N. A. G. G. de & LIMA, E. R. *Avaliação do grau de exposição de amostras populacionais de São Paulo ao monóxido de carbono.* Rev. Saúde públ., S. Paulo, 13:151-8, 1979.

RESUMO: Com a finalidade de avaliar o grau de exposição ao monóxido de carbono da população da cidade de São Paulo (Brasil), foram coletadas 327 amostras de sangue de adultos, procedendo-se à determinação do conteúdo de carboxiemoglobina pela técnica espectrofotométrica. Trinta das amostras obtidas de residentes de uma cidade (Embú-Guaçu) considerada, por suas características, como local de baixas concentrações de monóxido de carbono, foram tomadas como grupo-controle. Os valores de carboxiemoglobina encontrados foram os seguintes: policiais de trânsito: fumantes  $6,3 \pm 2,07$ , não fumantes  $2,1 \pm 0,68$ ; motoristas de ônibus: fumantes  $4,6 \pm 1,94$ , não fumantes  $1,6 \pm 0,46$ ; grupo-controle: fumantes  $3,8 \pm 1,74$ , não fumantes  $0,8 \pm 0,21$ .

UNITERMOS: Monóxido de carbono. Espectrofotometria.

### INTRODUÇÃO

O monóxido de carbono (CO) é quase inteiramente produzido e emitido na atmosfera como sub-produto da combustão incompleta de combustíveis fósseis.

Os automotores são responsáveis pela emissão de cerca de 75% do CO produzido por fontes artificiais, mundialmente.

A toxicidade do CO é devida às suas reações de combinação reversível com as hemoproteínas tais como a mioglobina, citocromo oxidase, citocromo P<sub>450</sub>, hidroxiperoxidases. Entretanto, é com a hemoglobina que fica caracterizada sua combinação

principal, pois a afinidade desta hemoproteína com o CO é cerca de 210 vezes maior que com o oxigênio.

Pode-se afirmar que as combinações de CO com as outras hemoproteínas já citadas, em conjunto, representam somente de 10 a 15% do total de CO no homem normal, atribuindo-se o resto à carboxiemoglobina (COHb)<sup>1,4</sup>.

A produção endógena de CO no corpo humano é devida ao catabolismo normal do heme, atingindo-se cerca de 0,4 ml de CO por hora, os quais resultam, para adultos

\* Trabalho realizado na Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB).

\*\* Da Diretoria de Tecnologia de Saneamento do Ar e de Controle de Fontes de Poluição (DTSA) da CETESB — Av. Prof. Frederico Hermann Jr., 345 — 05459 — São Paulo — SP — Brasil.

normais, em um percentual da saturação de COHb de cerca de 0,5%<sup>15</sup>.

Lafontaine<sup>8</sup> destaca que a presença de COHb entre 0,5 — 0,8% poderia corresponder a uma exposição contínua, a 5 ppm de CO no ar, ou a uma exposição de 8 horas a 7 ppm ou uma hora a 20 ppm.

Em termos de exposição ao CO exógeno, vários fatores influem sobre os percentuais de saturação de COHb atingidos, entre os quais destacamos: as pressões parciais do oxigênio e do CO no ambiente de exposição, o tipo de atividade física que se está desempenhando bem como o hábito de fumar. Estudos cuidadosos<sup>10</sup> têm demonstrado que a taxa de formação de COHb é diretamente proporcional à ventilação alveolar e ao gradiente das pressões parciais de CO estabelecido entre os alvéolos e os capilares pulmonares.

O homem é, em última instância, o indicador biológico da contaminação do ar, e atua como um mecanismo de amostragem. Assim, no referente a um dos contaminantes mais conhecidos e estudados, como é o CO, a determinação da quantidade deste no sangue de não fumantes, expressada como um volume do gás ou como percentagem de COHb, permite conhecer o risco a que está sujeito o homem em relação a este contaminante<sup>11</sup>.

O CO é medido na cidade de São Paulo em um só lugar, no centro da cidade (Praça do Correio), sendo impossível então relacionar as concentrações desse lugar com a ação deste contaminante sobre os habitantes. Entretanto, em se conhecendo os valores apresentados pelos grupos de exposição extremada poder-se-á inferir no limite superior de exposição da população em geral. Desta forma, procedeu-se ao presente trabalho, determinando a COHb expressa como percentual de saturação da hemoglobina nos grupos sabidamente mais expostos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Sendo, como já referido, os veículos automotores os maiores responsáveis pelas emissões de CO, escolheram-se neste estudo grupos populacionais bem relacionados aos veículos e suas condições de tráfego, isto é, foram escolhidos os motoristas de ônibus, elétricos e a combustão, bem como policiais de trânsito na cidade de São Paulo, para constituírem o "grupo exposto". Tomou-se como grupo-controle policiais e funcionários públicos da cidade de Embu-Guaçú, onde não há razão para acreditar-se na existência de altas concentrações de CO, seja emitido por veículos automotores ou por fontes estacionárias de combustão.

Foi analisado um total de 327 amostras, 297 das quais relativas ao "grupo exposto" e 30 ao grupo-controle. No momento da tomada das amostras foi preenchido um questionário onde constava: tipo de trabalho, horas trabalhadas neste dia, hábito de fumar, entre outros.

Geralmente a tomada das amostras foi realizada ao redor do meio dia, o que representa de 6 a 7 horas de exposição.

As amostras de sangue foram obtidas por punção de dedo e o sangue recolhido em tubos capilares heparinizados, os quais foram mantidos em geladeira a 4°C e seu conteúdo analisado antes que se completassem dois dias de sua obtenção. Cada amostra foi colhida e analisada em triplicado.

A determinação da COHb, expressada como percentual de saturação da hemoglobina, se realizou pela técnica de Buchwald<sup>3</sup>, a qual é uma simplificação da publicada por Commins e Lawther<sup>4</sup>.

Foi utilizado um espectrofotômetro Varian 635. Para leitura de absorbância foram usadas cubas de 1 cm de percurso ótico. O CO necessário para a análise das amostras foi obtido por reação entre o formiato de sódio e ácido sulfúrico concentrado e o oxigênio utilizado foi obtido de cilindro pressurizado.

## RESULTADOS

A população amostrada foi classificada segundo o hábito de fumar, devido a significância deste nos percentuais de COHb presentes no sangue, obtendo-se a distribuição que consta nas Tabelas 1 e 2.

As amostras foram coletadas nos seguintes períodos:

São Paulo ("grupo exposto"):

empregados de transportes: de 10/11/76 a 20/12/76

guardas de trânsito: de 26/01/77 a 28/02/77

Embu-Guaçu (grupo-controle):

funcionários públicos e policiais: de 02/03/77 a 09/03/77.

Os valores de COHb obtidos constam nas Tabelas 3 e 4.

Do estudo dos dados obtidos por intervalo de classe foram construídos os histogramas das Figs. 1, 2, 3 e 4\*.

Em termos de frequência acumulada, a Fig. 5\* mostra as distribuições percentuais obtidas para fumantes e não-fumantes do grupo controle bem como do "grupo exposto".

Pela análise da Fig. 5 verificou-se que como o esperado, as curvas *a*, *c* e *d* referentes aos grupos não-fumantes estão deslocadas para a esquerda, formando, pela simples impressão visual, um conjunto de posicionamento diferenciado das curvas referentes aos grupos fumantes. Em termos de significância estatística de diferenças das médias obtidas entre os grupos expostos e controle, procedeu-se a um teste bicaudal de diferenças de médias (teoria das pequenas amostras)<sup>13</sup> a níveis de confiança de 99% e 95%.

TABELA 1

Grupos populacionais de adultos da cidade de São Paulo, classificados segundo a ocupação e o hábito de fumar.

Grupo Populacional	Fumantes	Não-Fumantes	Total
Empregados de transporte	46	52	98
Guardas de trânsito	100	99	199
Total	146	151	297

TABELA 2

Grupo populacional de adultos da cidade de Embu-Guaçu, classificados segundo o hábito de fumar. (Grupo-Controle)

Grupo Populacional	Fumantes	Não-Fumantes	Total
Policiais e empregados	17	13	30

\* As Figs. 1, 2, 3, 4 e 5 foram extraídas do Projeto 47/76: Avaliação do Grau de Exposição de Amostras Populacionais ao Monóxido de Carbono. Junho/1977 — STAR/DTSA-CETESB — Superintendência de Tecnologia do Ar/Diretoria de Tecnologia de Saneamento do Ar e de Controle de Fontes de Poluição — Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

TABELA 3

Carboxiemoglobina: Valor médio (percentagem de saturação da hemoglobina) e desvio padrão nos grupos populacionais de adultos "expostos" da cidade de São Paulo, conforme a ocupação e o hábito de fumar.

Grupo Populacional	Fumantes	Não-Fumantes
Empregados de transporte	4,6 ± 1,94	1,6 ± 0,46
Guardas de trânsito	6,3 ± 2,07	2,1 ± 0,68

TABELA 4

Carboxiemoglobina: Valor médio (percentagem de saturação da hemoglobina) e desvio padrão no grupo populacional de adultos da cidade de Embu-Guaçu, conforme o hábito de fumar (Grupo-Controle)

Grupo Populacional	Fumantes	Não-Fumantes
Policiais e empregados	3,8 ± 1,74	0,8 ± 0,21

A aplicação dos testes de hipóteses acima descritos mostrou que a hipótese nula, referente à igualdade entre populações, só foi aceita no cruzamento motoristas de ônibus e grupo-controle para categoria fumante. Os demais cruzamentos tanto para fumantes como para não fumantes apresentaram rejeição da hipótese de nulidade em ambos os níveis de significância utilizados.

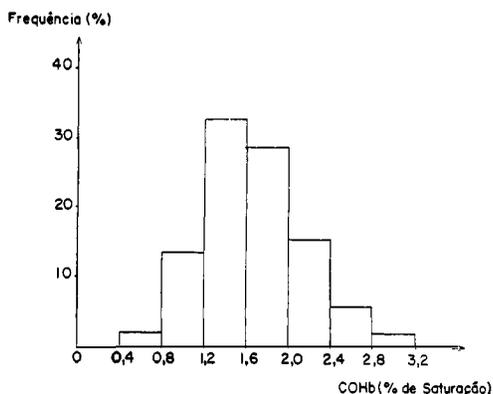


Fig. 1 — Distribuição da frequência percentual dos valores de COHb (% de saturação) em empregados de transporte coletivo, não fumantes.

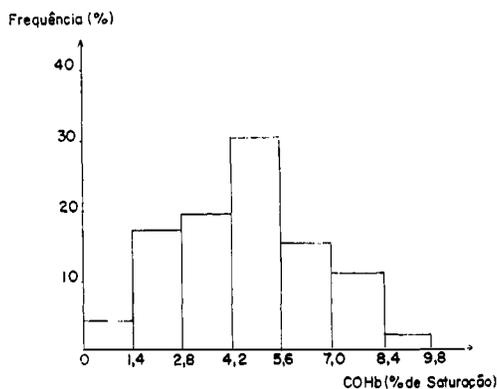


Fig. 2 — Distribuição de frequência percentual dos valores de COHb (% de saturação) em empregados de transporte coletivo, fumantes.

#### DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os padrões de qualidade do ar do Estado de São Paulo para o CO são (Decreto nº 8468 de 08 de setembro de 1976): 10 mg/m<sup>3</sup> (9 ppm) como média máxima de 8 horas contínuas a não ser excedida mais que uma

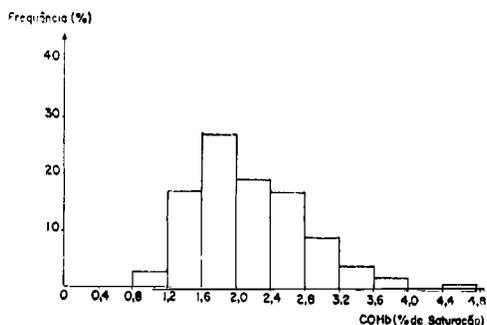


Fig. 3 — Distribuição da freqüência percentual dos valores de COHb (% de saturação) em policiais não fumantes

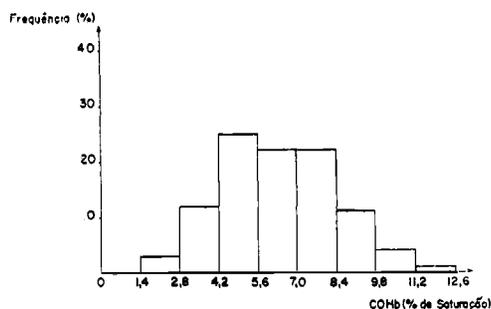


Fig. 4 — Distribuição da freqüência percentual dos valores de COHb (% de saturação) em policiais fumantes.

vez por ano; 40 mg/m<sup>3</sup> (35 ppm) como média máxima de uma hora a não ser excedida mais que uma vez por ano.

Estes valores são idênticos aos adotados pela Environmental Protection Agency<sup>6</sup> (EPA) dos E.U.A., propostos a 30 de janeiro de 1971. A fixação de tais padrões visou evitar a ocorrência de níveis de COHb superiores a 2%.

No presente estudo foram propositadamente tomadas para formar o "grupo exposto" pessoas que, por força de suas atividades, servem como um provável máximo de exposição ao CO à qual poderia estar sujeita a população de São Paulo de forma genérica.

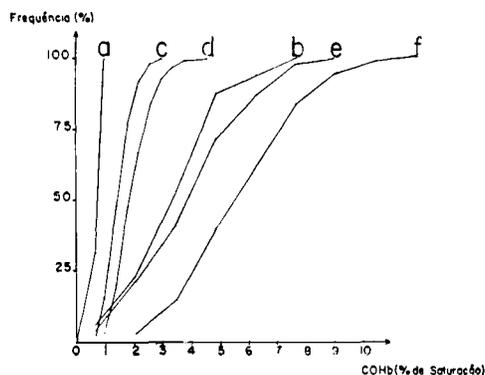


Fig. 5 — Freqüência percentual acumulada dos valores de COHb (% de saturação) em fumantes e não fumantes.

- a — grupo controle dos não fumantes
- b — grupo controle dos fumantes
- c — empregados de transporte coletivo não fumantes
- d — policiais não fumantes
- e — empregados de transporte coletivo fumantes
- f — policiais fumantes.

Para os grupos fumantes, o valor máximo da mediana encontrada foi de 6,24% de COHb para policiais de São Paulo. Em estudos realizados<sup>15</sup> foram encontradas medianas de 5,9% de COHb (fumantes moderados que inalam fumaça) e 6,9% de COHb (fumantes inveterados que fumam mais de 40 cigarros por dia e inalam a fumaça). Todavia, cumpre ressaltar que 6,24% de COHb é um valor alto, pois nem todos os policiais fumantes são inveterados e as amostras foram colhidas em torno do meio dia, quando seria pouco provável já se ter fumado 40 cigarros. Outro fator que nos prende a atenção sobre o resultado é que somente os testes de hipótese que confrontaram este grupo com os não-fumantes apresentaram rejeição da hipótese nula, isto é, mostrando que os policiais de trânsito constituem um grupo diferente dos outros testados. Cumpre ressaltar que na ocasião da tomada das amostras alguns elementos tinham terminado o último cigar-

ro há poucos instantes, o que fica bem evidenciado pelo desvio padrão apresentado (Tabela 3). Segundo De Bruin<sup>5</sup>, policiais fumantes expostos durante 4,5 horas nas ruas de Amsterdan apresentaram um valor médio de 5,16% de COHb, com desvio padrão de 0,27.

Estudos referentes a níveis de COHb realizados em 1973 por vários pesquisadores<sup>1,2</sup> evidenciaram que em pacientes portadores de insuficiência coronária a inalação de CO (50 ppm) com conseqüente elevação dos níveis de COHb a valores superiores a 2% (2,9%<sup>1</sup> e 2,68%<sup>2</sup>) encurta significativamente o tempo até o aparecimento de dor durante a realização de exercícios físicos.

Segundo Schlipkötter<sup>12</sup> os níveis permitidos de CO na atmosfera devem proteger os enfermos, pessoas idosas e crianças.

Considerando que é possível a existência de doentes cardíacos que fiquem tão expostos quanto os policiais de trânsito não-fumantes e que a média de COHb e respectivo desvio padrão por nós obtidos para este grupo admitem a ocorrência de valores superiores ao encontrado por Aronow e Isbell<sup>2</sup> em seu trabalho experimental, pode-se esperar que, eventualmente, tais cardíacos apresentem problemas quando da execução de esforços físicos.

Como já mencionado, o padrão de qualidade do ar para o monóxido de carbono foi estabelecido para não se ultrapassar 2% de COHb em não-fumantes<sup>9</sup>. A duração da exposição e uma determinada concentração de CO necessária para atingir níveis de equilíbrio da COHb é demorada. Para fins práticos, um prazo de 7 a 8 horas de exposição a uma determinada concentração estado de equilíbrio<sup>7</sup>. Embora o presente estudo tenha observado, via de regra, o prazo acima, certamente houve variações da concentração de CO em cada local no período que antecedeu à tomada da amostra e, portanto, é impossível qualquer correlação com estados de equilíbrio da percentagem de COHb, bem como as concentrações locais de CO.

Em termos de comparação da percentagem de COHb, associada ao padrão, para indivíduos não-fumantes, podemos dizer que: o valor médio determinado para a população de Embú-Guaçu,  $0,8 \pm 0,21$ , é bastante próximo aos achados por outros autores, para zonas rurais de outros países:  $0,71 \pm 0,02$ <sup>7</sup>. A diferença existente talvez possa ser explicada pelo fato de que aquele município não possui características exclusivamente rurais no tocante aos locais de coleta de amostras e ao tipo de atividade dos indivíduos amostrados. O valor médio de  $1,6 \pm 0,46$  determinado para o grupo de empregados do transporte coletivo está dentro dos limites da percentagem de COHb associada ao padrão de qualidade do ar para o CO. O valor médio de  $2,1 \pm 0,68$  encontrado para os guardas de trânsito supera o valor referência para a COHb.

Do ponto de vista de referencial em relação ao escoamento do tráfego, admitindo que o mesmo fosse contínuo sem fontes ou sumidouros, os guardas de trânsito poderiam ser tomados como referencial fixo (euleriano) enquanto os motoristas, por acompanharem a corrente, se constituiriam em um referencial móvel (lagrangeano).

No primeiro aspecto, o guarda de trânsito segue todas as variações locais de concentração. As amostras para esta população foram colhidas em diferentes partes da cidade, onde se espera, pela própria presença de policiais de trânsito, que o escoamento do mesmo seja problemático e, portanto, apresentando uma predominância do uso de marcha lenta, com maior emissão de monóxido de carbono pelos veículos. Os motoristas, por executarem percursos, não estariam tão expostos como os guardas de trânsito, a menos que existissem problemas de escapamento de gases para a carroceria de seu próprio veículo, o que não é de esperar. Portanto, os resultados obtidos de COHb para essas populações é bastante coerente ainda se levarmos em conta que

a atividade física de um policial de trânsito talvez venha a ser superior à de um empregado de transporte coletivo.

Se o padrão de qualidade do ar não deve ser ultrapassado mais que uma vez por ano, por analogia o mesmo se deveria esperar da percentagem de COHb. Ora, ambas as populações do município de São Paulo escolhidas neste estudo, se levarmos em conta os desvios padrões, apresentam valores superiores a 2% de carboxiemoglobina, o que já representa um desrespeito ao valor referência. Muito embora espere-se que o restante da população deva apresentar valores menores que 2% de carboxiemoglobina, devemos lembrar que tal estudo foi realizado

no período de 10/11/76 a 09/03/77, relativo principalmente ao verão e que caso fosse executado no inverno, onde em 1976 a relação das médias máximas de 8 horas (inverno/verão) foi de 16,7/5,2 poderia apresentar um aumento em relação aos níveis de COHb aqui apresentados.

Em síntese, existe a necessidade da adoção de medidas específicas em relação aos veículos automotores e sua circulação para garantir a proteção da população da cidade de São Paulo contra níveis superiores a 2% de COHb, ainda mais por haver indícios de que o referido percentual de COHb associado ao padrão (9 ppm) possa ser o menor do que o aceito atualmente.\*

RSPUB9/459

FERNÍCOLA, N. A. G. G. de & LIMA, E. R. [Evaluation of the degree of exposure of sample population groups in S. Paulo (Brazil) to carbon monoxide]. *Rev. Saúde públ.*, S. Paulo, 13:151-8, 1979.

ABSTRACT: In order to evaluate the degree of exposure of the S. Paulo city (Brazil) population to carbon monoxide, 327 blood samples from adults were collected and the carboxihemoglobin content determined by the spectrophotometric method. Thirty of these samples (control group) were taken from residents of a city (Embú-Guaçu) considered by its characteristics to be an area of low environmental carbon monoxide concentration. The following results were obtained: traffic policemen: smokers  $6.3 \pm 2.07$ , non-smokers  $2.1 \pm 0.68$ ; bus drivers: smokers  $4.6 \pm 1.94$ , non-smokers  $1.6 \pm 0.46$ ; control: smokers  $3.8 \pm 1.74$ , non-smokers  $0.8 \pm 0.21$ .

UNITERMS: Carbon monoxide. Spectrophotometry.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDERSON, E. W. et al. Effect of low-level carbon monoxide exposure on onset and duration of angina pectoris. *Ann. int. Med.*, 79:46-50, 1973.
2. ARONOW, W. S. & ISBELL, M. W. Carbon monoxide effect on exercise-induced angina pectoris. *Ann. int. Med.*, 79:392-5, 1973.
3. BUCHWALD, H. A rapid and sensitive method for estimating carbon monoxide in blood and its application in problem areas. *Amer. industr. Hyg. Ass. J.*, 30:564-9, 1969.
4. COMMINS, B. T. & LAWTHORP, P. J. A sensitive method for the determination of carboxyhemoglobin in a finger prick

\* Informação da CETESE: dossiê SOMA 4885/76, de 21 de outubro de 1976. Dados inéditos.

---

FERNÍCOLA, N. A. G. G. de & LIMA, E. R. Avaliação do grau de exposição de amostras populacionais de São Paulo (Brasil) ao monóxido de carbono. *Rev. Saúde públ.*, S. Paulo, 13: 151-8, 1979.

---

- sampler of blood. *Brit. J. industr. Med.*, 22:139-43, 1965.
5. DE BRUIN, A. Carboxyhemoglobin levels due to traffic exhaust. *Arch. environm. Hlth*, 15:384-9, 1967.
6. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National primary and secondary ambient air quality standards. *Fed. Regis.*, Washington, D. C., 36(84): 8186, 1971.
7. KALM, A. et al. *A study of carbon monoxide sources in the St. Louis metropolitan population and some police implications*. Edwardsville, Center for Urban and Environmental Research and Services Southern Illinois University, 1975. (Report nº 4).
8. LAFONTAINE, A. Current views regarding the existing air quality criteria for CO. In: *European Colloquium on Health Effect of Carbon Monoxide Environmental Pollution*, Luxembourg, 1973. *Proceedings*, Luxembourg, 1973, p. 354-67.
9. MAGE, D. T. CO emission standards. *J. Air Pollut. control Ass.*, 27:10-1, 1977.
10. MIRANDA, J. M. et al. Carbon monoxide control in a high highway tunnel. *Arch. environm. Hlth*, 15:16-25, 1967.
11. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Comité de Expertos sobre la Contaminación del aire en el medio urbano, Ginebra, 1969. *Informe*. Ginebra, 1969. (Ser. Inf. tecn., 410).
12. SCHLIPKÖTER, H. W. Discussion. In: *European Colloquium on Health Effects of Carbon Monoxide Environmental Pollution*, Luxembourg, 1973. *Proceedings*. Luxembourg, 1973. p. 321-2.
13. SPIEGEL, M. R. *Estatística*. São Paulo, Ed. Mc Graw-Hill do Brasil, 1972.
14. STEWART, R. D. The effect of carbon monoxide on humans. *J. occup. Med.*, 18:304-9, 1976.
15. U. S. Department of Health, Education and Welfare. *Air quality criteria for carbon monoxide*. Washington, D. C., 1970.

Recebido para publicação em 15/01/1979

Aprovado para publicação em 22/03/1979