

Anestesia Quantitativa em Sistema Fechado

R. Bernal, MD, FACA[¶], F. Nuñez, MD[§] & R. Seixas, MD[§]

Bernal R, Nuñez F, Seixas R – Quantitative anesthesia in closed circuit. Rev Bras Anest 1983; 33: 5: 333 - 336

The authors discuss the pollution of the operating room and the need of sophisticated equipment for gas scavenging. Because this procedure has a high cost and is always ineffective, they recommend the use of a low closed system to administer inhalation anesthesia.

They demonstrate that Lowe's technique is very stimulating because it does not need equipment, it has a low cost, and the mathematical steps are very simple. These features make this technique the anesthesia of the future in the developing countries.

Key - Words: ANESTHETIC CIRCUITS: closed; ANESTHETIC TECHNIQUES: general, inhalation

Bernal R, Nuñez F, Seixas R – Anestesia quantitativa em sistema fechado. Rev Bras Anest 1983; 33: 5: 333 - 336

Os autores, considerando a poluição ambiental e a conseqüente necessidade de se instalar equipamentos caros e nem sempre eficientes para eliminar o ar expirado pelos pacientes, preconizam o uso de sistema fechados e com baixos fluxos de gases para administração de anestesia inalatória.

Procuram demonstrar em seu trabalho, que a técnica preconizada por Lowe é estimulante, pois não requer equipamentos sofisticados, e os cálculos matemáticos podem ser perfeitamente simplificados.

Chamam principalmente atenção à não necessidade de equipamentos, tais como vaporizadores calibrados de alto custo, e da economia que este tipo de anestesia traz para os pacientes. Acreditam que seja mais difundida principalmente nos países em desenvolvimento.

Unitermos: SISTEMAS DE ANESTESIA: com absorvedor de dióxido de carbono; TÉCNICAS DE ANESTESIA: geral, inalatória

ATUALMENTE, na prática da Anestesiologia, devemos considerar alguns fatores importantes tais como: a poluição ambiental, que aumenta o risco ao pessoal da sala de operações¹ e a conseqüente necessidade de instalar equipamentos caros e nem sempre eficientes² para eliminação adequada dos gases anestésicos; os elevados custos dos gases e vapores anestésicos, que aumentam consideravelmente o custo do atendimento médico; o difícil acesso às fontes de óxido nitroso ou a impraticabilidade de sua administração. Estes fatores estimulam a prática da anestesia quantitativa, preconizada por Lowe³, utilizando o equipamento disponível, e simplificando ao máximo os cálculos matemáticos que esta técnica exige.

METODOLOGIA

Foram estudados 74 pacientes, 38 do sexo feminino e 36 do masculino, de idade variável entre 3 e 89 anos, com pesos de 10 a 100 kg; classificação ASA de I a III (Tabela I), aos quais foram administradas 75 anestésias, 54 através de sonda endotraqueais e 21 sob máscara, para diferentes intervenções cirúrgicas (ortopédicas 35; oftalmológicas 23; otorrinolaringológicas 10; intraabdominais 3 e outras 3).

TABELA I

| Sexo | Idade f | Peso kg f | ASA |
|------|--------------|--------------|---------|
| M 36 | 3 - 10 = 8 | 10 - 20 = 3 | I = 40 |
| F 38 | 11 - 20 = 6 | 21 - 30 = 6 | II = 32 |
| | 21 - 30 = 6 | 31 - 40 = 3 | III = 2 |
| | 31 - 40 = 10 | 45 - 50 = 6 | |
| | 41 - 50 = 6 | 51 - 60 = 29 | |
| | 51 - 60 = 11 | 61 - 70 = 19 | |
| | 61 - 70 = 13 | 71 - 80 = 4 | |
| | 71 - 80 = 7 | - - 80 = | |
| | 81 - 90 = 3 | | |

f = frequência

¶ Médico funcionário, Serviço de Anestesiologia do Centro Hospitalario Metropolitano de 1.^a Caja de Seguro Social

§ Médico Residente, Serviço de Anestesiologia do Centro Hospitalario Metropolitano de 1.^a Caja de Seguro Social

Correspondência para Rodrigo Bernal

Apartado 4339

Panamá 5

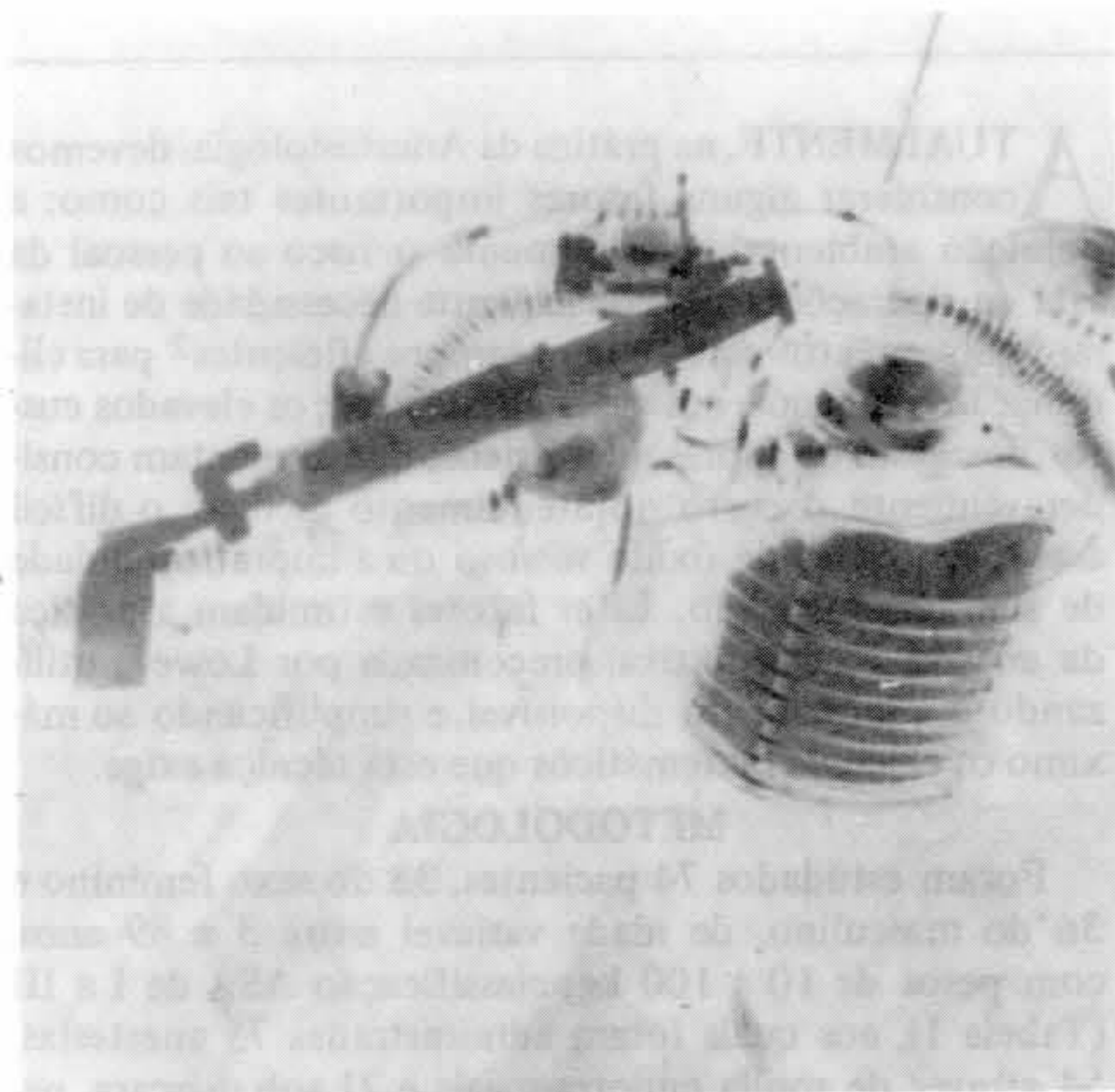
República do Panamá

Recebido em 4 de fevereiro de 1982

Aceito para publicação em 18 de agosto de 1982

© 1983, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Em sua maioria os pacientes, receberam medicação pré-anestésica com diazepam + atropina ou meperidina + atropina, conforme o caso, 1 hora antes da indução. A maioria dos pacientes recebeu para indução e intubação, tiopental sódico, succinilcolina e instilação tópica laríngea de lidocaína a 2% ou 4%. Seguiu-se de hiperventilação durante 2 a 3 minutos com oxigênio a 100%. Depois de fixado o tubo traqueal, o sistema de inalação era fechado e passava-se a injetar o líquido anestésico no ramo expiratório do sistema, por meio de uma seringa de 10 ml, conectada a uma agulha n.º 25, por meio de torneira de 3 vias. As doses e seus intervalos foram determinados de acordo com os postulados de Lowe⁴ para manter uma CAM de 1,3. Usou-se oxigênio isoladamente, ou em combinação com óxido nitroso, e nestes casos sempre empregou-se um analisador polarográfico de oxigênio para manter a concentração de oxigênio expirado em 40%. Os fluxos de oxigênio foram calculados de acordo com a fórmula de Brody⁵. Foram empregados relaxantes adespolarizantes sempre que se necessitou relaxante muscular.



RESULTADOS

A duração média da anestesia com enflurano foi de 1,63 horas com extremos de 0:25 a 3:15' horas e com halotano foi de 1,84 horas com extremos de 0:50 a 3:20'; o consumo médio horário de enflurano foi de 8,5 ml e o total com extremos de 5 a 28 ml, e de halotano 3,7 ml, com total extremos de 1,8 ml a 17 ml (Tabelas II e III). A dose

TABELA II

ENFLURANO

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Tempo Médio de Anestesia: | 1,63 h |
| Consumo Médio por Caso: | 13,9 ml |
| Consumo Médio por Hora: | 8,5 ml |
| Extremos: Tempo: | 00:25 a 03:15 h |
| Consumo | 5 a 28 ml |

máxima de isoflurano foi de 14,5 ml em 6 horas de anestesia. Os fluxos máximos de oxigênio foram de 350 ml. min⁻¹ e os de óxido nitroso de 300 ml. min⁻¹ ou menos.

TABELA III

HALOTANO

| | |
|---------------------------|-----------------|
| Tempo Médio de Anestesia: | 1,84 h |
| Consumo Médio por Caso: | 6,8 ml |
| Consumo Médio por Hora: | 3,7 ml |
| Extremos: Tempo: | 00:50 a 03:20 h |
| Consumo | 1,8 a 17 ml |

DISCUSSÃO

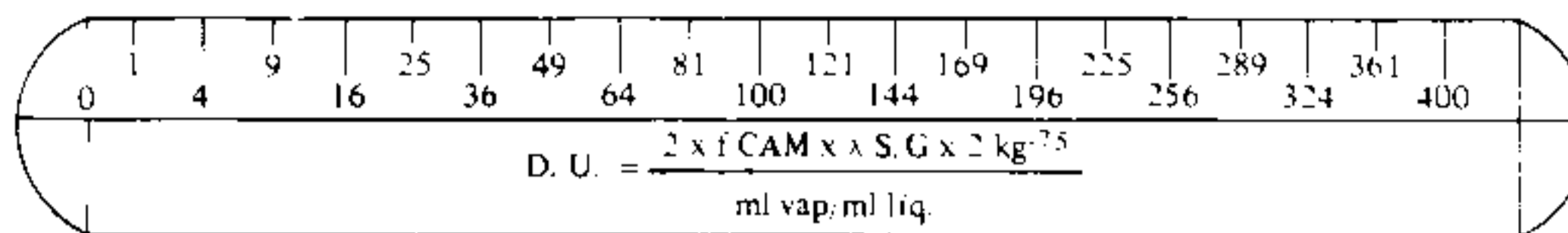
Embora, desde 1973, um dos autores⁶ tenha iniciado sua experiência com a técnica de injeção de doses calculadas, de acordo com o método preconizado por Weingarten e Lowe⁷, somente em abril de 1981 iniciamos o uso da anestesia quantitativa, com os anestésicos utilizados mais freqüentemente: halotano, enflurano e, mais recentemente, isoflurano. Apesar de nossa experiência ainda limitada, pudemos comprovar a validade da técnica e recomendar seu uso mais generalizado.

Existem várias idéias errôneas acerca dos perigos do sistema fechado, tais como o acúmulo excessivo de nitrogênio, a formação de quantidades tóxicas de monóxido de carbono ou a produção de metabólitos voláteis tóxicos, todas rebatidas plenamente por Barton e Nunn⁸, Cole⁹ e Eger¹⁰. Como em qualquer outra técnica, também existe o risco de administrar uma mistura hipóxica, porém, na falta de um analisador de oxigênio, se nos abstermos de usar óxido nitroso e usarmos somente oxigênio, este risco desaparece. A vantagem desta técnica reside, principalmente, na presença de uma alta concentração de oxigênio inspirado, e na ausência de óxido nitroso. Assim, esta técnica seria favorável nos pacientes com pneumopatias, nos chocados, na obstrução intestinal ou na cirurgia otológica.

Finalmente, é costume dizer que a técnica é de manuseio difícil, e que o cálculo da dose unitária requer o uso de um computador com execução de operações matemáticas. Embora seja necessário utilizar uma série de equações complicadas para entender o mecanismo íntimo da absorção dos anestésicos¹¹, conseguimos elaborar, com a ajuda de uma calculadora de bolso, uma tabela para o cálculo do oxigênio basal e da dose unitária. Para fácil manuseio na sala de operação, escrevemos esta tabela em um simples abaixador de língua de madeira. Baseamo-nos na fórmula derivada de Brody e ampliada por Kleiber¹², para o cálculo do consumo basal de oxigênio, produção de dióxido de carbono, débito cardíaco, necessidades hídricas e ventilação pulmonar. Assim, em uma face do abaixador de língua colocamos numa coluna, os pesos em kg de 5 até 150 e, ao seu lado, em outra, os valores correspondentes em kg 0,75 (n.º de Brody). Na outra face imprimimos a fórmula de Lowe¹³ para a dose unitária e os intervalos para sua administração (Fig 1). Se atribuirmos um valor numérico a cada fração da fórmula, podemos obter um fator constante para cada anestésico para uma CAM de 1,3. Assim, o fator é 0,0373 para halotano, 0,0799 para

| CAM | |
|-----------|-----------|
| 1,3 MAC | |
| H | E |
| 0,04 | 0,09 |
| kg. | .75 |
| 150 | 42,8 |
| 140 | 40,8 |
| 130 | 35,4 |
| 120 | 32,2 |
| 110 | 33,9 |
| 100 | 31,6 |
| 95 | 30,4 |
| 90 | 29,7 |
| 85 | 25,0 |
| 80 | 26,7 |
| 75 | 25,4 |
| 70 | 24,0 |
| 65 | 22,9 |
| 60 | 22,5 |
| 55 | 20,0 |
| 50 | 18,8 |
| 45 | 17,3 |
| 40 | 15,5 |
| 35 | 14,3 |
| 30 | 12,8 |
| 27,5 | 12,0 |
| 2,5 | 11,2 |
| 22,5 | 10,3 |
| 20 | 9,8 |
| 17,5 | 8,5 |
| 15 | 7,6 |
| 12,5 | 6,6 |
| 10 | 2,6 |
| 7,5 | 4,5 |
| 5 | 3,3 |
| I 0,05 | M 0,04 |

FIGURA I



CAM λ S/G

DU – Dose Unitária
 CAM – Concentração Alveolar Mínima
 λ S/G – Coeficiente de solubilidade sangue/gás

H – Halotano
 E – Enflurano
 I – Isoflurano
 M – Metoxiflurano

enflurano, 0,0485 para isoflurano e 0,0387 para metoxiflurano. Só falta a incógnita que corresponderia ao número de Brody (Tabela IV). Assim, todo o cálculo matemático

fica reduzido a uma simples operação aritmética de multiplicação (Tabela V).

| | |
|---|--|
| $DU = 2 Ca \cdot Q = \frac{2 \times f \text{ CAM} \times \lambda \text{ S/G} \times 2 \cdot \text{kg}^{0,75}}{\text{ml vap/ml liq.}}$ | |
| Substituindo: | |
| Halotano | $= \frac{2 \times 1,3 \times 0,75 \times 2,3 \times 2 \text{ kg}^{0,75}}{240} = 0,0373 \times \text{kg}^{0,75}$ |
| Enflurano | $= \frac{2 \times 1,3 \times 1,7 \times 1,9 \times 2 \text{ kg}^{0,75}}{210} = 0,0799 \times \text{kg}^{0,75}$ |
| Isoflurano | $= \frac{2 \times 1,3 \times 1,3 \times 1,48 \times 2 \text{ kg}^{0,75}}{206} = 0,0485 \times \text{kg}^{0,75}$ |
| Metoxiflurano | $= \frac{2 \times 1,3 \times 0,16 \times 10,2 \times 2 \text{ kg}^{0,75}}{219} = 0,0387 \times \text{kg}^{0,75}$ |

Tabela IV – O modelo prevê: A Dose Unitária (D. U.) é igual a duas vezes a concentração arterial (2 Ca) vezes o débito cardíaco (Q).

Uma vez superado o obstáculo matemático, a técnica é de fácil administração, embora necessite alguns requisitos que, certamente, não lhe são exclusivos.

a) - Sistema anestésico hermeticamente fechado. Isto limita seu uso em pacientes pediátricos.

b) - Absorção eficiente do dióxido de carbono.

c) - Atenção constante à evolução clínica da anestesia, que aliás, constitui vantagem indiscutível.

Por outro lado são grandes as vantagens desta técnica (Tabela VI):

a) - **Economia:** - Se considerarmos as técnicas em uso corrente utilizando fluxos médios de 4 l min⁻¹ e vapor

Tabela V – Cálculo da dose unitária usando a tabela

| | |
|---|--|
| Pacientes de 70 kg – CAM 1,3 de Enflurano | |
| Peso = 70 kg | $kg^{-75} = 24,2$ |
| Oxigênio Basal = | 242 ml. min ⁻¹ |
| Dose Unitária* | $24,2 \times 0,08 = 1,9$ ml de Enflurano Líquido |

* Cálculo realizados considerando pressão barométrica de 103 kPa (760 mm Hg) a 20°C.

de enflurano a 2%, o consumo de anestésico será de 23 ml. h⁻¹ e no caso do halotano 10 ml por hora. O ml de enflurano custa US\$ 0,232 e o de halotano US\$ 0,307. O cilindro de óxido nitroso tamanho E custa US\$ 193,20 e a cal sodada US\$ 1,49 a libra. Ice e Duncan¹⁴, em uma análise comparativa de 1226 casos e 2047 horas de anestesia, concluíram que a economia por hora era de US\$ 2,45 (Tabela VII).

b) - **Controle da contaminação ambiental:** - Ao administrar somente o anestésico necessário para o paciente

TABELA VI

VANTAGENS DA TÉCNICA

1. – Economia
2. – Controle da Poluição Ambiental
3. – Equipamento ao Alcance de Todos
4. – Controlabilidade e Segurança
5. – Resultados Previsíveis
6. – Quantificação do Anestésico
7. – Conservação de Umidade e Calor
8. – Monitorização não Invasiva de Parâmetros Vitais

não há necessidade de eliminar o excesso de gases para o exterior, com a conseqüente economia de equipamento adicional e obtenção de uma atmosfera limpa.

c) - **Controlabilidade, Segurança, Previsibilidade**

d) - **Monitorização não invasora de parâmetros vitais:** - Variações do débito cardíaco, medida contínua do consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono, ventilação por minuto, volume corrente, oscilações da bolsa reservatória durante a apnéia (batimentos cardíacos, movimentos diafragmáticos).

e) - **Conservação de umidade e calor**

f) - **Equipamento ao alcance de todos:** - Não são necessários vaporizadores especiais.

Em conclusão, acreditamos que a anestesia quantitativa, em sistema fechado, constitui a anestesia do futuro, sobretudo nos países em desenvolvimento, que não podem continuar permitindo-se o luxo de contaminar a atmosfera com gases exóticos e caros.

Tabela VII – O uso de enflurano em 0,65 CAM de óxido nitroso comparado com enflurano a 2% em 2 litros de óxido nitroso e 1 litro de oxigênio por minuto.

| | |
|-------------------------------|---------------|
| N.º de Casos | 1.226 |
| N.º de Horas | 2.047 |
| Quantidade Prevista | 36.847 ml |
| Quantidade Real | 11.215 ml |
| Diferença | 25.632 ml |
| Economia por Caso | US\$ 4,10 |
| Economia por Hora | US\$ 2,45 |
| Economia Total | US\$ 4.024,00 |

Ice, NO, Duncan RB. Circle Injection Enflurane. In International Symposium on Closed Circuit Anesthesia, Birmingham, Alabama, abril, 1981.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Occupational disease among operating room personnel: A National study. *Anesthesiology* 1974; 41: 321 - 340.
2. Miller M G, Cullen B F – The cost of scavenging: It is worth it? *Anesth Analg* 1979; 58: 265 - 266.
3. Lowe H J – Dose Regulated Penthrane Anesthesia. Chicago, Illinois, Abbott Lab, 1972.
4. Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of Anesthesia. Use of Closed Circuit. Baltimore, Williams, Wilkins, 1981.
5. Brody S – Bioenergetics and Growth. Reinhold, New York, 1945, citado em Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of Anesthesia. Use of Closed Circuit. Baltimore, Williams, Wilkins, 1981.
6. Bernal R – Experiência clínica com metoxiflurano y la técnica de la dosis calculada. Trabalho apresentado no XV Congresso Médico Centro-Americano, San José, Costa Rica, novembro 1973.
7. Weingarten M, Lowe H J – A new circuit injection technique for syringemeasured administration of methoxyflurane: a new dimension in anesthesia. *Anesth Analg*, 1973; 52: 634.
8. Barton F, Nunn J F – Use of refractometry to determine nitrogen accumulation in closed circuits. *Br J Anaesth* 1975; 43: 348.
9. Cole P V – Personal Communication, em Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of Anesthesia. Use of Closed Circuit. Baltimore, Williams, Wilkins, 1981.
10. Eger E I II – Dragons and other scientific hazards (Editorial). *Anesthesiology* 1979; 50: 1.
11. Spain J A – Tissue uptake of volatile anesthetic agents as a function of time. em International Symposium of Closed Circuit Anesthesia. Birmingham, Al, April 1981.
12. Kleiber M – Body size and metabolic rate. *Physiol Rev* 1947; 27: 511. Citado por Lowe H J, Ernst E A – The Quantitative Practice of 1981.
13. Lowe H J – The anesthetic continuum in Aldrete J A, Lowe H J, Virtue R W – Low Flow and Closed System Anesthesia. New York, Grune, Stratton, 1979: 11 - 38.
14. Ice N O, Duncan R B – Circle injection enflurane. Em International Symposium of Closed Circuit Anesthesia. Birmingham, Al, 1981.