



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS

MICHEL GARDERE CAMARGO

**UTILIZAÇÃO DA CAPNOGRAFIA VOLUMÉTRICA NA
AVALIAÇÃO RESPIRATÓRIA DE PACIENTES SUBMETIDOS A
COLONOSCOPIA DIAGNÓSTICA COM
INSUFLAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO VS. AR COMPRIMIDO**

CAMPINAS

2022

MICHEL GARDERE CAMARGO

**UTILIZAÇÃO DA CAPNOGRAFIA VOLUMÉTRICA NA
AVALIAÇÃO RESPIRATÓRIA DE PACIENTES SUBMETIDOS A
COLONOSCOPIA DIAGNÓSTICA COM INSUFLAÇÃO DE GÁS
CARBÔNICO VS. AR COMPRIMIDO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção de título de Doutor em Ciências.

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARIA DE LOURDES SETSUKO AYRIZONO.

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO MICHEL GARDERE CAMARGO, E ORIENTADA PELA PROFA. DRA. MARIA DE LOURDES SETSUKO AYRIZONO.

CAMPINAS

2022

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Ciências Médicas
Patrícia de Paula Ravaschio - CRB 8/6426

C14u Camargo, Michel Gardere, 1979-
Utilização da capnografia volumétrica na avaliação respiratória de
pacientes submetidos a colonoscopia diagnóstica com insuflação de gás
carbônico vs. ar comprimido / Michel Gardere Camargo. – Campinas, SP :
[s.n.], 2022.

Orientador: Maria de Lourdes Setsuko Ayrizono.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Ciências Médicas.

1. Colonoscopia. 2. Capnografia. 3. Dióxido de carbono. 4. Segurança do
paciente. I. Ayrizono, Maria de Lourdes Setsuko, 1962-. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Ciências Médicas. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Volumetric capnography for respiratory monitoring of patients
during routine colonoscopy with carbon dioxide vs. room-air insufflation

Palavras-chave em inglês:

Colonoscopy

Capnography

Carbon dioxide

Patient safety

Área de concentração: Fisiopatologia Cirúrgica

Titulação: Doutor em Ciências

Banca examinadora:

Maria de Lourdes Setsuko Ayrizono [Orientador]

Omar Feres

Caio Sérgio Rizkallah Nahas

Derli Conceição Munhoz

Luiz Roberto Lopes

Data de defesa: 06-09-2022

Programa de Pós-Graduação: Ciências da Cirurgia

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-6820-8164>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/5842030714272304>

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DOUTORADO

MICHEL GARDERE CAMARGO

ORIENTADOR: PROFA. DRA. MARIA DE LOURDES SETSUKO AYRIZONO

MEMBROS TITULARES:

1. PROFA. DRA. MARIA DE LOURDES SETSUKO AYRIZONO

2. PROF. DR. OMAR FERES

3. PROF. DR. CAIO SÉRGIO RIZKALLAH NAHAS

4. PROF. DRA. DERLI CONCEIÇÃO MUNHOZ

5. PROF. DR. LUIZ ROBERTO LOPES

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Cirurgia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas.

A ata de defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da FCM.

Data de Defesa: 06/09/2022.

*“A verdade é inconvertível, a
malícia pode atacá-la, a ignorância
pode zombar dela, mas no fim lá está ela.”*

Sir Winston Churchill

AGRADECIMENTOS

À **UNICAMP**, instituição da qual faço parte desde 1998 e que me deu sólida formação teórica e prática, sendo determinante para minha carreira acadêmica e profissional. Foi o local onde construí minha vida pessoal e profissional, e que me brindou ao longo da vida com toda sorte de sentimentos e emoções.

À **Profa. Dra. Maria de Lourdes Setsuko Ayrizono**, Professora Doutora do Grupo de Coloproctologia da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, pelo segundo aceite de orientação e pelo apoio na pós-graduação. Mais do que isso, agradeço pelas lições recebidas ao longo da graduação e na residência médica, e que ainda perduram na minha rotina de médico-assistente. Dotada de vasta experiência clínico-cirúrgica, seu empenho é um exemplo a ser seguido.

Ao **Prof. Dr. Marcos Mello Moreira**, fisioterapeuta da Unidade Respiratória do Hospital de Clínicas UNICAMP e responsável pela idealização deste trabalho e pela realização da técnica da capnografia volumétrica. Além de deter grande conhecimento teórico-prático, mostrou-se um profissional de caráter exemplar e uma excelente companhia nas tardes de terças-feiras. Não seria possível a realização desta pesquisa sem sua colaboração e amizade.

Ao **Dr. José Olympio Meirelles dos Santos**, médico-assistente do GASTROCENTRO/UNICAMP, que em conjunto com o Prof. Dr. Marcos Mello Moreira desenhou a metodologia da pesquisa, tendo participado de todas as etapas do estudo. Além de agradecer todos seus esforços, sem os quais esse projeto não teria sido executado, sou muito grato por toda sua amizade, confiança e ensinamentos que posso desfrutar ao longo de todos esses anos.

À **Profa. Dra. Daniéla de Oliveira Magro**, nutricionista pesquisadora do Grupo de Coloproctologia da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, minha querida amiga que tanto me auxilia na assistência aos pacientes e neste trabalho contribuiu substancialmente com a metodologia e análise estatística.

Ao **engenheiro Rogério Ulbrich**, proprietário da BIOCAM (Campinas/SP), por ter acreditado no serviço de Endoscopia do GASTROCENTRO/UNICAMP, desenvolvendo o protótipo do insuflador de gás carbônico permitindo seu uso para esta pesquisa.

Ao **Prof. Dr. Cláudio Saddy Rodrigues Coy**, Professor Titular do Grupo de Coloproctologia da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, pelo privilégio de tê-lo conhecido e ter me dado tantas oportunidades nas esferas privada e acadêmica. Solidificou meus alicerces na Coloproctologia, transmitindo seu vasto conhecimento muito além da Medicina. Modelo de dedicação e competência, ao qual eu e minha família um dia esperamos poder retribuir parte do tanto que nos foi dado.

Ao **Prof. Dr. João José Fagundes**, Professor Colaborador do Grupo de Coloproctologia da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, pela honra de tê-lo tido como professor na faculdade e preceptor na residência. Não tenho palavras para agradecer seu imenso apoio e seu compartilhamento de experiência. Mais do que cirurgião inteligente e habilidoso, um verdadeiro médico e um iluminado professor. Em minha mente, perduram seus ensinamentos de vida e de Medicina.

Ao **Prof. Dr. Carlos Augusto Real Martinez**, Professor Associado do Grupo de Coloproctologia da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, pela grande amizade e ensinamentos ao longo dos anos, que deixou a rotina diária mais leve e agradável. Seu caráter e dedicação são um modelo a ser seguido por todos nós.

À **Profa. Dra. Raquel Franco Leal**, Professora Associada do Grupo de Coloproctologia da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, médica e pesquisadora dedicada à qual sou grato pelos ensinamentos transmitidos e pelo convívio ao longo do tempo.

Aos **demais Docentes e Médicos Assistentes** da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP, obrigado por terem sido os responsáveis pela minha formação em Cirurgia Gastroenterológica e pelos relacionamentos que criamos.

Aos **Médicos Residentes** da Disciplina de Moléstias do Aparelho Digestivo, FCM-UNICAMP e **do Estágio** em Endoscopia do GASTROCENTRO/UNICAMP, que certamente me ensinaram muito e contribuem dia-a-dia para meu aperfeiçoamento. Obrigado pelo compartilhamento das atividades diárias e pelos vínculos que criamos.

Ao **Corpo de Funcionários e equipe de Enfermagem** do GASTROCENTRO/UNICAMP, composto por profissionais competentes e companheiros em nossa jornada diária de assistência à saúde.

Aos **colegas Dr. Celso de Oliveira, Dr. Sandro Nunes Ângelo, Dra. Lilian Vital Pinheiro e Dra. Priscila Natali Moraes**, que me deram a chance de integrar sua equipe cirúrgica na medicina privada. Ajudando-me a consolidar minha técnica, estes cirurgiões altamente capacitados e de caráter inquestionável, são verdadeiros amigos que tornam a rotina cirúrgica um prazer.

À **minha mulher Greice e minha filha Lara**, para quem vivo e tenho como meu verdadeiro norte. No lar que vocês me proporcionam, encontro a paz e a energia para continuar. Obrigado por entenderem minha frequente ausência, pois é apenas para vocês que ela acontece.

Aos **meus pais Marcus e Patrícia**, sem os quais nada seria possível. Ciente do tanto que sacrificaram pela família ao longo dos anos, jamais poderei retribuir à altura do tanto que recebi. Espero que possam se orgulhar da jornada do seu filho.

RESUMO

Introdução: A capnografia e a insuflação de gás carbônico (CO₂) durante endoscopia digestiva sob sedação são associados à maior segurança e conforto do paciente. A capnografia pode detectar precocemente a hipercapnia, enquanto a insuflação de CO₂ causa menor desconforto periprocedimento. Relatos da aplicação da capnografia volumétrica (CapV) em colonoscopias são escassos. **Objetivo:** Avaliar o uso de CapV durante colonoscopia diagnóstica com insuflação de ar comprimido (AC) e CO₂. **Método:** Estudo prospectivo, de coorte, onde foram incluídos um total de 101 pacientes submetidos à colonoscopia sob sedação com monitoração respiratória por meio de CapV. Insuflação com AC foi utilizado para distender o lúmen intestinal no Grupo 1 (n= 51), enquanto o Grupo 2 (n= 50) utilizou-se CO₂. Foram analisados os dados gerais, medicamentos utilizados para sedação, tempo de duração do exame, frequências cardíaca e respiratória, avaliação de dor pós-colonoscopia pela Escala Modificada de Gloucester e dados de avaliação respiratória (episódios de hipóxia e de hipoventilação alveolar, dados de EtCO₂ e dos volumes médios alveolares). **Resultados:** Não houve diferença quanto à idade e sexo; houve um predomínio de indivíduos com sobrepeso em ambos os grupos, e a maioria foi classificada como ASA I e ASA II. O número de episódios de hipóxia (SpO₂ < 90%) foi semelhante, sendo: quatro episódios no Grupo 1 e dois no Grupo 2. O tempo de duração da hipóxia foi significativamente maior no Grupo 1 (p= 0,02). A hipoventilação alveolar (EtCO₂ ≥ 25% do valor basal) ocorreu também mais frequentemente no Grupo 2 quando comparado ao Grupo 1 (27 vs. 18 episódios, p= 0,05). O Grupo 2 apresentou no momento de aferição cecal, valores maiores EtCO₂ (28.94 ± 4.68 vs. 26.65 ± 6.12 mmHg, p= 0,04), e valores significativamente menores do volume alveolar por minuto, comparado ao Grupo 1 (2027.53 ± 2818.89 vs. 970.88 ± 1840.25 L/min, p= 0,009). Não houve ocorrência de hipercapnia durante o estudo (EtCO₂ > 60mmHg). Além disso, não se observaram diferenças significativas em relação ao tempo de duração do exame e o

consumo de sedativos entre os dois grupos. O Grupo 2 apresentou imediatamente após a colonoscopia, significativamente menos dor que o Grupo 1 ($p= 0,05$).

Conclusão: Em nosso estudo, a CapV durante a colonoscopia foi factível e eficaz para monitorar parâmetros ventilatórios e detectar complicações respiratórias. A insuflação com CO₂ foi segura e associada a menos dor imediatamente pós-procedimento.

Palavras-chave: Colonoscopia; Capnografia; Dióxido de Carbono; Segurança do Paciente.

ABSTRACT

Volume capnography for respiratory monitoring of patients during routine colonoscopy with room-air and carbon dioxide insufflation

Background: Capnography and carbon dioxide (CO₂) insufflation during gastrointestinal endoscopy under sedation are associated with patient safety and comfort improvements. Capnography can provide early detection of hypercapnia, whereas CO₂ insufflation causes lower periprocedural discomfort. Reports on the application of volumetric capnography (VCap) in colonoscopy are scarce. **Objective:** This study aimed to evaluate the use of VCap with room air (RA) and CO₂ insufflation during routine colonoscopy. **Method:** In this prospective cohort study, 101 patients who underwent routine colonoscopy under sedation with VCap monitoring were included. Insufflation with RA was used to distend the intestinal lumen in Group 1 (n= 51), while Group 2 (n= 50) used CO₂ insufflation. The study analyzed demographic data, consumption of sedatives, procedure duration, cardiac and respiratory rates, post-colonoscopy pain by the Modified Gloucester Pain Scale and respiratory parameters (episodes of hypoxia and alveolar hypoventilation, EtCO₂ and tidal volume per minute). **Results:** There was no difference between groups regarding age and sex; overweight predominated in both groups, and most patients were classified as ASA I and ASA II. The number of episodes of hypoxia (SpO₂ < 90%) was similar between groups: four episodes in Group 1 and two episodes in Group 2. The duration of hypoxia was significantly longer in Group 1 (p= 0.02). Hypoalveolar ventilation (EtCO₂) also occurred more frequently in Group 2 than in Group 1 (27 vs. 18 episodes, p= 0.05). Regarding EtCO₂, Group 2 showed higher values in cecal evaluation (28.94 ± 4.68 mmHg vs. 26.65 ± 6.12 mmHg, p= 0.04). Regarding tidal volume per minute, Group 2 had significantly lower values at the cecal interval compared to Group 1 (2027.53 ± 2818.89 vs. 970.88 ± 1840.25 L/min, p= 0.009). No episodes of hypercapnia (EtCO₂ >

60 mmHg) occurred during the study. There was no significant differences regarding procedure time duration and consumption of sedation medications between the groups. Immediately after colonoscopy, Group 2 reported less pain than Group 1 ($p= 0.05$).

Conclusion: In our study, VCap during colonoscopy was feasible and effective for monitoring ventilatory parameters and detecting respiratory complications. CO₂ insufflation was safe and associated with less pain immediately after procedure.

Keywords: Colonoscopy; Capnography; Carbon Dioxide; Patient Safety.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Escala Modificada de Dor de Gloucester (EMDG).....	35
------------------	--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Estágios de sedação.....	7
Figura 2.	Capnograma CO ₂ vs. volume.....	12
Figura 3.	Capnograma CO ₂ vs. tempo.....	12
Figura 4.	Espectrografia infravermelha para aferição de CO ₂	13
Figura 5.	Capnograma CO ₂ vs. tempo.....	16
Figura 6.	Avaliação CapV para a concentração de CO ₂ durante expiração...	17
Figura 7.	CapV para avaliação de gases expirados.....	18
Figura 8.	Fluxograma prático do diagnóstico capnográfico durante sedação.	27
Figura 9.	Definição dos grupos experimentais.....	31
Figura 10.	Sistema de endoscopia Fujinon 4400.....	32
Figura 11.	Sistema de insuflação CO ₂ SICO®.....	33
Figura 12.	Sistema de insuflação de CO ₂ SICO®.....	33
Figura 13.	Oxicapnógrafo CO ₂ SMO Plus 8100®.....	34
Figura 14.	Paciente sob monitoramento de CapV com cateter de O ₂	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Dados gerais e demográficos.....	37
Tabela 2.	Medicamentos e doses utilizadas (mg).....	38
Tabela 3.	Dióxido de carbono expirado (EtCO ₂) em diferentes momentos do procedimento, máximo e média (mmHg).....	39
Tabela 4.	Dados de frequência cardíaca em batimentos por minuto (bpm).....	39
Tabela 5.	Dados de frequência respiratória em incursões respiratórias por minuto (irpm).....	40
Tabela 6.	Dados de volumes médios alveolares (Valv min) em litros por minuto (L/min).....	40
Tabela 7.	Dados de tempo de duração total do exame, spO ₂ , ocorrência e duração de hipóxia.....	41
Tabela 8.	Ocorrência de hipoventilação.....	42
Tabela 9.	Distribuição dos escores de dor (EMDG) em diferentes momentos..	44

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AC – ar comprimido

ASGE – *American Society for Gastrointestinal Endoscopy*

ASA – *American Society of Anesthesiology*

bpm – batimentos por minuto

Cap – capnografia

CapV – capnografia volumétrica

CAAE – Certificado de Apresentação de Apreciação Ética

CCR – câncer colorretal

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CNS – Conselho Nacional de Saúde

CO₂ – dióxido de carbono

CPRE – colangiopancreatografia retrógrada endoscópica

DPOC – doença pulmonar obstrutiva crônica

EDA – endoscopia digestiva alta

EMDG – Escala Modificada de Dor de Gloucester

EtCO₂ – pressão parcial do dióxido de carbono expiratório final

FC – frequência cardíaca

FR – frequência respiratória

GABA – Ácido Gama-AminoButírico

g – gramas

GASTROCENTRO – Centro de Diagnóstico de Doenças do Aparelho Digestivo

GOLD – *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*

h – horas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

irpm – incursões respiratórias por minuto

IMC – índice de massa corpórea

L - litros

ME – mucosectomia endoscópica

min – minutos

mmHg – milímetros de mercúrio

O₂ – oxigênio

pACO₂ – pressão parcial de dióxido de carbono no alvéolo pulmonar

paCO₂ – pressão parcial arterial de dióxido de carbono

PEEP – pressão expiratória final positiva

s – segundos

SME – submucosectomia endoscópica

spO₂ – saturação de oxigênio

SARA – síndrome da angústia respiratória do adulto

Unicamp – Universidade Estadual de Campinas

Valv min – volume alveolar minuto

α – alfa

β – beta

vs. – *versus*

= – igual

> – maior

< – menor

≥ – maior ou igual

≤ – menor ou igual

% – por cento

SUMÁRIO

1.) INTRODUÇÃO	20
1.1.) Histórico: Colonoscopia e capnografia	20
1.2.) Indicações de colonoscopia	21
1.3.) Racional do uso da colonoscopia para rastreamento do CCR	22
1.4.) Sedação para colonoscopia	25
1.5.) Capnografia	29
1.5.1.) Capnograma	30
1.5.2.) Capnógrafos	31
1.5.3.) Capnografia durante sedação	32
1.5.4.) Funcionamento da capnografia	33
1.5.5.) Capnografia volumétrica	35
1.6.) Uso do CO ₂ para colonoscopia	38
1.6.1.) Esquema de entrega de CO ₂	40
1.6.2.) Segurança do CO ₂	42
1.7.) Capnografia em Endoscopia	43
2.) OBJETIVO	47
2.1.) Objetivo geral	47
2.2.) Objetivos específicos	47
3.) MÉTODO	48
3.1.) Local do estudo	48
3.2.) População do estudo	48
3.3.) Tipo de estudo	48
3.4.) Critérios de inclusão	48
3.5.) Critérios de exclusão	49
3.6.) Casuística	49
3.6.1.) Definição dos grupos experimentais	49
3.7.) Colonoscopia	50
3.7.1.) Preparo de cólon	50
3.7.2.) Execução e equipamento de colonoscopia	51
3.7.3.) Sedação	51
3.7.4.) Métodos de insuflação durante a colonoscopia	52
3.7.5.) Capnografia volumétrica	52
3.8.) Variáveis analisadas	53
3.9.) Análise estatística	55

3.10.) Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	55
4.) RESULTADOS	56
4.1.) Dados gerais e demográficos	56
4.2.) Consumo de sedativos	57
4.3.) Dióxido de carbono expirado	57
4.4.) Frequências cardíaca e respiratória	58
4.5.) Volumes médios alveolares	59
4.6.) Tempo de duração do exame , SpO ₂ basal, ocorrência e tempo de duração de hipóxia	60
4.7.) Hipoventilação alveolar	61
4.8.) Escores de dor	61
5.) DISCUSSÃO	64
6.) CONCLUSÕES	76
7.) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
8.) APÊNDICES	94
8.1.) Apêndice 1. Ficha de coleta de dados	94
9.) ANEXOS	95
9.1.) Anexo 1. Classificação anestésica do estado físico	95
9.2.) Anexo 2. Classificação de Mallampati para via aérea difícil	96
9.3.) Anexo 3. Classificação de GOLD para doença pulmonar obstrutiva crônica (<i>Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease</i>)	97
9.4.) Anexo 4. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	98
9.5.) Anexo 5. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa	99

1.) INTRODUÇÃO

1.1.) Histórico: Colonoscopia e capnografia

Desde o tempo de Hipócrates, há relatos de tentativas para examinar o interior do corpo humano, por meio de espéculos rudimentares ¹. Durante o século XIX, na Europa, foram desenvolvidos instrumentos rígidos para exame de cavidades corporais, que eram limitados pela iluminação precária de velas ou luz natural ². No início do século XX, o alemão Strauss lançou em escala comercial um retossigmoidoscópio rígido com uma fonte externa de luz elétrica, cujos princípios básicos são utilizados até os dias atuais ³.

A história da colonoscopia flexível moderna inicia-se em 1963, seis anos após Basil Hirschowitz desenvolver o gastroscópio flexível nos Estados Unidos ⁴. Ao longo das décadas seguintes, os fibrocolonoscópios foram aperfeiçoados e atingiram seu ápice no fim do século XX, sendo gradualmente substituídos por videocolonoscópios, que foram introduzidos em 1983 ¹.

Desde as primeiras tentativas de intubar o ceco, a colonoscopia tornou-se um procedimento fundamental para avaliação e tratamento de doenças colorretais, com a capacidade de inspecionar, coletar amostras teciduais e remover pólipos, tendo expandido o conhecimento da história natural do câncer colorretal (CCR).

Diversos estudos demonstram que a remoção de adenomas benignos previne o CCR, sendo este importante causa de mortalidade em todo o mundo, e pela possibilidade de interrupção da sequência adenoma-carcinoma pela polipectomia, é natural que o volume de colonoscopias tende a aumentar. Além disso, em consequência do envelhecimento e urbanização da população mundial, outras doenças colorretais que também necessitam da colonoscopia para diagnóstico e/ou acompanhamento têm aumentado de incidência, como as doenças inflamatórias

intestinais, colite isquêmica, doença diverticular dos cólons, colite por *Clostridium difficile*, hemorragia digestiva e pseudo-obstrução colônica.

A colonoscopia está em constante evolução, tendo sido construída em alicerces de diferentes áreas da medicina como Cirurgia, Medicina Interna, Oncologia, Patologia, Radiologia, Pediatria, e especialmente, da Gastroenterologia. É inegável que a colonoscopia evoluiu de forma notável ao longo do tempo, e assim continuará por muitos anos, uma vez que há diversas questões a serem aperfeiçoadas, sendo uma das mais importantes, a segurança do paciente. A colonoscopia é um procedimento invasivo com possibilidade de ocorrência de complicações que podem estar relacionadas ao preparo intestinal, à sedação e à colonoscopia *per se*. Com o aumento da demanda, torna-se imperativo que sejam feitos estudos para impactar a prática endoscópica com maior conhecimento e segurança.

A capnografia (Cap) é sinônimo de segurança do paciente durante anestesia e sedação. Em 1943, Luft ⁵ realizou a primeira aferição infravermelha e registro de CO₂, e desde então a Cap tornou-se um componente obrigatório da monitoração anestésica. Durante qualquer ato anestésico como na sedação para colonoscopia, o principal objetivo é prevenir a hipóxia, e a Cap contribui para identificar situações que podem levar à hipóxia. Com isso, a Cap ganhou campo além das salas de cirurgia, sendo utilizadas em unidades de radiologia, salas de emergência e serviços de endoscopia. Nosso estudo deseja contribuir com a discussão da insuflação de gás carbônico (CO₂) e a monitoração com capnografia volumétrica (CapV) durante a colonoscopia.

1.2.) Indicações de colonoscopia

O rol de indicações do exame colonoscópico tem se expandido ao longo dos anos. O volume de exames aumentou significativamente desde que o rastreamento do CCR para indivíduos de risco moderado foi aceito, sendo a primeira publicação de

1988 por Neugut e Forde ⁶, e com estudos a seguir demonstrando resultados favoráveis no rastreamento do câncer de intestino nestes indivíduos ^{7,8}. Em 1997, a Sociedade Norte-Americana de Câncer publicou a primeira diretriz para rastreamento e seguimento de pólipos e CCR ⁹, e em 2000, o Colégio Norte-Americano de Gastroenterologia fez a recomendação da colonoscopia como o método preferencial para rastreamento do CCR ¹⁰. A partir disso, iniciaram-se programas de prevenção do CCR ao redor do mundo, principalmente na Europa ^{11,12}.

Na prática clínica, os recursos são limitados, ficando claro o benefício de priorizar o oferecimento do exame para indicações com maior rendimento diagnóstico, que pode ser estimado pela indicação clínica, idade do indivíduo e antecedente familiar de neoplasia ¹³. Apesar do rastreamento do CCR ser a indicação mais conhecida de colonoscopia, existem outras, como por exemplo, a investigação de sinais e sintomas (anemia, dor abdominal, diarreia e outros), o esclarecimento diagnóstico de achados anormais em outros exames (sangue oculto nas fezes, enema opaco e tomografia computadorizada) e intervenções endoscópicas terapêuticas.

1.3.) Racional do uso da colonoscopia para rastreamento do câncer colorretal

Conforme dados do Ministério da Saúde para o ano de 2020, a incidência estimada de CCR para homens foi de 17.760 casos, sendo a terceira neoplasia mais frequente ¹⁴. As mulheres, por sua vez, tiveram incidência estimada de 20.470 casos, colocando o CCR como o segundo mais frequente no sexo feminino ¹⁴. No ano de 2017, os tumores colorretais totalizaram 18.867 óbitos e ocuparam a terceira posição como causa de mortalidade por neoplasia em ambos os sexos ¹⁴.

Os dados demonstram que o CCR é uma questão de saúde pública por ser importante e crescente causa de morbidade e mortalidade no país, assim como na maior parte do mundo. À medida que a expectativa de vida da população aumenta, decorrente das melhores condições de saúde pública e dos avanços na medicina, as

mortes por CCR tendem a aumentar e requerem medidas que diminuam sua incidência e mortalidade. O rastreamento do CCR demonstrou oferecer ganhos substanciais na qualidade de vida e sobrevida, diminuindo o impacto socioeconômico da doença.

A biologia do CCR permite a oportunidade de detecção precoce e prevenção, uma vez que a maioria dos tumores origina-se de adenomas pré-cancerosos em um processo de malignização com tempo de duração de anos. Diferentes estudos mostraram que a ressecção de adenomas pré-malignos diminui a incidência do CCR^{15,16}. Há diferentes métodos diagnósticos disponíveis atualmente para rastreamento do CCR, não havendo ainda consenso sobre a melhor estratégia a ser realizada, que pode diferir nos diferentes países, e deve ser adaptada para a realidade local da população e dos recursos disponíveis, ainda que a colonoscopia seja o método mais eficaz para a detecção de pólipos. Outros métodos disponíveis para rastreamento do CCR são testes de sangue oculto nas fezes, retossigmoidoscopia flexível, colonotomografia e cápsula endoscópica¹³.

A colonoscopia é o exame de escolha para os indivíduos de alto risco que incluem parentes de primeiro grau de portadores de CCR, doentes com doença inflamatória intestinal de longa evolução com acometimento tipo pancolite, e integrantes de famílias com CCR hereditário¹⁷. Nestas populações, o intervalo entre exames deve ser bastante abreviado uma vez que os tumores não seguem a lenta e clássica sequência adenoma-adenocarcinoma.

O método padrão-ouro para avaliação do CCR é a colonoscopia, apesar de não haver estudos clínicos randomizados controlados que confirmem a diminuição da incidência e mortalidade pelo exame de rastreamento. Existem análises pós-estudos de rastreamento que atribuem benefício substancial à colonoscopia. Lang e Ransohoff¹⁸ observaram que a colonoscopia teve maior efeito protetor que o exame de sangue oculto nas fezes. E Mandel et al.¹⁶ verificaram redução de 20% da mortalidade por CCR na população rastreada, que foi atribuída à colonoscopia com polipectomia.

A evidência de eficácia da colonoscopia de rastreamento pode ser extrapolada dos estudos de retossigmoidoscopia. Thiis-Evensen et al.¹⁹, em um estudo randomizado controlado comparando retossigmoidoscopia flexível e não-rastreamento, com colonoscopia e polipectomia de seguimento em caso de retossigmoidoscopia flexível com achado de pólipos, demonstrou redução de 80% na incidência de CCR. Em estudo de caso-controle com veteranos militares norte-americanos, Muller e Sonnenberg²⁰ observaram que pacientes submetidos a colonoscopia apresentaram 39% de redução do risco para câncer retal e 53% para câncer de cólon. No Estudo Nacional do Pólipo Norte-Americano, indivíduos que foram submetidos a colonoscopia completa e foram acompanhados nos cinco anos seguintes, apresentaram redução de 76-90% da incidência de CCR em relação à população de referência¹⁵. Existem dados consistentes demonstrando que pacientes com uma colonoscopia negativa terão menor incidência de CCR nos dez anos subsequentes ao exame²¹. Diferentes modelos estatísticos sugerem que a colonoscopia de rastreamento diminui significativamente a incidência e mortalidade por CCR²².

Os estudos mencionados fornecem informações impactantes de forma indireta sobre o efeito protetor da colonoscopia de rastreamento para o CCR. Com a vantagem de ser simultaneamente diagnóstica e terapêutica em exame único, além de intervalos longos entre exames, a colonoscopia de rastreamento mostra-se superior aos exames fecais que devem ser repetidos periodicamente para ser efetivo, o que pode ser afetado pela baixa aderência. Todos os métodos de rastreamento com resultados positivos serão direcionados para colonoscopia, constituindo-se em um rastreamento estagiado, em contraste com a colonoscopia de rastreamento que é um evento único. Entretanto, existem pontos de discussão e incertezas para a colonoscopia de rastreamento, como custos envolvidos, segurança do procedimento, recursos disponíveis, qualidade da colonoscopia e intervalos de repetição do exame.

1.4.) Sedação para colonoscopia

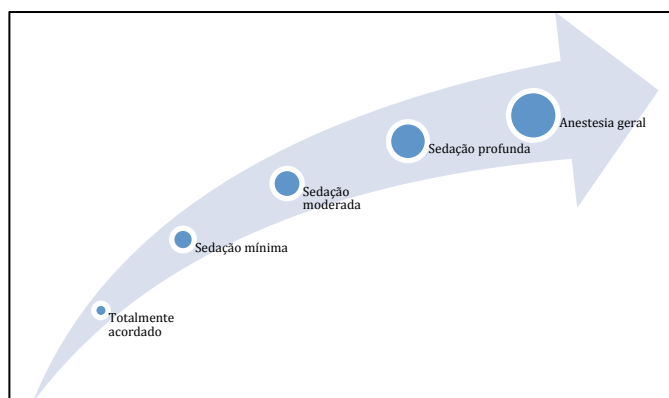
A sedação contribui para o sucesso técnico e qualidade da colonoscopia, uma vez que melhora sua execução técnica ao proporcionar melhor tolerância e satisfação ao paciente. Entretanto, a sedação e analgesia carregam riscos potenciais ao doente e adicionam custos econômicos às fontes pagadoras. As práticas e métodos de sedação têm grande variação não apenas entre diferentes países, mas também a nível regional. Os motivos destas diferenças são numerosos e complexos, incluindo fatores sociais, culturais, econômicos e regulatórios. Um estudo norte-americano de 2006 reportou taxas de sedação em colonoscopias acima de 98% ²³, enquanto outro realizado em países europeus e no Canadá, mostrou variação de taxas de sedação entre 0 e 100% ²⁴.

A sedação pode ser definida como o rebaixamento do nível de consciência induzido por medicamentos. Podemos definir os estágios de sedação conforme resposta a estímulos e padrões de circulação, ventilação e vias aéreas. A Sociedade Norte-Americana de Anestesiologia (*American Society of Anesthesiology - ASA*) definiu quatro estágios de sedação ²⁵, conforme demonstrado na figura 1:

- a) Sedação mínima: alívio da apreensão induzida por medicamento com mínimo efeito na consciência. O doente encontra-se desperto e alerta.
- b) Sedação moderada: previamente chamada de sedação consciente, é o rebaixamento do nível de consciência no qual o doente responde a estímulo verbal ou tátil leve. Os reflexos de via aérea, ventilação espontânea e função cardiovascular estão preservadas.
- c) Sedação profunda: rebaixamento do nível de consciência no qual o indivíduo não pode ser acordado, mas responde a estímulos repetitivos ou dolorosos; pode não manter os reflexos de via aérea ou ventilação espontânea, mas a função cardiovascular geralmente está mantida.

- d) Anestesia geral: é o estado de inconsciência. O paciente não responde a estímulos dolorosos. Faz-se necessária a intervenção nas vias aéreas, e geralmente, a função cardiovascular está mantida.

Figura 1. Estágios de sedação ²⁵.



A compreensão destes estágios é fundamental para os profissionais envolvidos na administração de sedação para colonoscopias, pois eles fornecem informações dos impactos da sedação nas funções fisiológicas. Durante a colonoscopia, o objetivo é atingir a sedação moderada. Na prática endoscópica, contudo, os limites entre a sedação moderada e a sedação profunda podem ser tênues, devido aos diferentes graus de estímulo durante o exame.

Patel et al. ²⁶ publicaram um estudo no qual relataram que mesmo sob sedação convencional, 45% dos doentes passaram pelo estágio de sedação profunda pelo menos uma vez durante o procedimento. A variabilidade da resposta individual dos doentes às drogas sedativas administradas pode resultar em maior ou menor grau de sedação. Consequentemente, o estágio de sedação moderada pode evoluir para o de sedação profunda, ou mesmo, de anestesia geral. Desta forma, é importante reconhecer o aprofundamento dos estágios de sedação e realizar manobras para resgate das funções fisiológicas que podem estar deterioradas. Os eventos adversos respiratórios são a maior preocupação dos médicos que administram sedação nos

procedimentos endoscópicos, devendo estar aptos a promover ventilação com pressão positiva, além de suporte e garantia de vias aéreas. A insuficiência respiratória aguda, resultante de hipoventilação central ou obstrução de vias aéreas superiores, é a complicação mais importante da sedação. Os médicos envolvidos em colonoscopia devem realizar sedação segura e eficiente, respeitando as características individuais do paciente e conhecendo as propriedades farmacológicas dos medicamentos, os princípios de monitoração hemodinâmica e o manejo das complicações da sedação.

A maioria das colonoscopias é realizada em salas de exames de unidades ambulatoriais, com tempo de duração média entre 20 e 30min. A sedação utilizada na colonoscopia deve dar conforto ao doente, permitindo um exame seguro e detalhado. Portanto, o medicamento ideal deve ter propriedades sedativa e analgésica, com perfil farmacológico de rápido início e pronta recuperação. O medicamento ideal deve ter um antagonista e possuir baixo potencial de depressão cardiorrespiratória, não havendo até o momento uma droga que preencha todos estes critérios. As drogas mais usadas para sedação em colonoscopia são propofol, meperidina, fentanil, diazepam e midazolam, além dos antagonistas naloxone e flumazenil.

A droga mais utilizada atualmente para sedação em colonoscopia é o propofol, seja como substância única ou em combinação com outros agentes. Trata-se de um hipnótico de ação ultrarrápida utilizado para indução e manutenção de anestesia. Na bula do propofol, recomenda-se o uso desta medicação apenas por médicos anesthesiologistas, por isso, seu uso na prática endoscópica enfrentou resistência inicial e teve lenta adoção por questões regulatórias e médico-legais. Hoje, recomenda-se o seu uso para exames endoscópicos na presença de dois médicos com habilidades no suporte cardiopulmomar.

Com perfil farmacológico único, o propofol tem início de ação rápido (30s a 45s) e duração de efeito curta (4min a 8min), o que é muito desejável em procedimentos rápidos, como a colonoscopia. Sua ação ocorre de forma intrínseca

nos receptores do ácido gama-aminobutírico (GABA) do sistema nervoso central; deve ser administrado de forma gradual a nível individual, devendo-se levar em conta a idade, peso corporal, comorbidades e medicações em uso. O propofol não possui droga antagonista como os opiáceos e benzodiazepínicos ²⁷. Durante a sedação, o paciente deve ser acessível visualmente enquanto são monitoradas a frequência cardíaca (FC), pressão arterial (PA) e saturação de oxigênio (SpO₂). Diferentes estudos confirmam que o uso de propofol na colonoscopia aumenta a satisfação dos pacientes e médicos, com início de ação e tempo de recuperação mais rápida que as outras drogas. O tempo médio de recuperação pós-colonoscopia é de 15-20 min, e testes específicos demonstram recuperação completa das habilidades psicomotoras após 1-2h da administração do medicamento ²⁸.

A maioria dos estudos sobre o uso do propofol em endoscopia é como monoterapia. Na maior série de casos, totalizando 36.743 indivíduos em três instituições diferentes, a dose utilizada variou entre 144 e 287g. Não houve casos de intubação orotraqueal, enquanto a ventilação com máscara foi necessária em 0,2-0,4% dos procedimentos ²⁹. As complicações cardiopulmonares (incluindo óbitos) relacionadas à sedação ocorrem em aproximadamente 0,33% das colonoscopias, e corresponde a cerca de metade dos eventos adversos graves no procedimento. Em 2006, estimava-se que um entre 500 processos médico-legais norte-americanos estivesse relacionado a complicações de sedação para endoscopia ³⁰.

Até o momento, não há dados definitivos se a sedação interfere de fato nas métricas de qualidade da colonoscopia. Um estudo chinês de 2020 envolvendo 48.838 colonoscopias, com uso de sedação em cerca de 80% dos procedimentos, não demonstrou diferença nas taxas de detecção de pólipos e de adenomas entre exames com sedação e sem sedação. Entretanto, houve taxa significativamente maior de intubação cecal nos exames sob sedação quando comparados aos procedimentos sem sedação (88,9% vs. 80,6%). Por outro lado, todos os cinco casos de perfuração do cólon ocorreram em pacientes submetidos a colonoscopia com sedação ³¹.

Apesar dos avanços tecnológicos dos endoscópios, a colonoscopia ainda causa desconforto. A eliminação da dor gerada pelo exame é um importante objetivo, e com isso aumenta a cooperação e aderência aos programas de rastreamento, favorecendo a recomendação da colonoscopia a terceiros pelos próprios pacientes. Por outro lado, a sedação tem riscos potenciais e custos associados. O endoscopista deve saber escolher dentre os diferentes medicamentos disponíveis, conhecendo os conceitos da sedação e aplicando técnicas de administração eficazes e seguras.

1.5.) Capnografia

Para qualquer procedimento médico com sedação, é fundamental a monitoração do paciente a fim de evitar complicações. A suplementação contínua de oxigênio (O_2) com cateter costuma ser a regra nos diferentes serviços brasileiros e do restante do mundo ²³. Diferentes estudos demonstraram redução nos eventos de hipoxemia durante colonoscopias com o uso de O_2 suplementar ^{32,33}. Por sua vez, a oximetria de pulso é capaz de detectar a hipoxemia, mas parece não alterar o desfecho clínico periprocedimento de forma significativa ³⁴.

A capnografia (Cap) fornece gráficos em tempo real por meio de um aparelho (capnógrafo) que refletem a respiração do paciente, sendo um indicador mais sensível de hipoventilação do que a oximetria de pulso ou a inspeção visual ³⁵. Até o momento, a Cap foi significativamente mais estudada na endoscopia digestiva alta (EDA) e demonstrou sensibilidade na detecção precoce de eventos respiratórios. Enquanto o oxímetro de pulso reflete diretamente o estado de oxigenação do paciente, a Cap monitora de forma indireta a hipóxia, contribuindo para seu diagnóstico diferencial e implementação de medidas de reversão a fim de evitar gravíssimas complicações como óbito e dano cerebral irreversível. A Cap dos gases expirados reflete diretamente o CO_2 eliminado pelos pulmões, refletindo indiretamente o CO_2 produzido pelos tecidos e transportado pela circulação até os pulmões. Portanto, ela fornece

informações sobre a produção e eliminação de CO_2 , perfusão pulmonar, ventilação alveolar e padrões respiratórios. Em meta-análise de Lam et al.³⁶, a combinação de oximetria de pulso e Cap contínuas foi capaz de prevenir 93% dos acidentes evitáveis em anestésias, uma vez que a oximetria contínua detecta melhor a dessaturação de O_2 quando comparada à oximetria intermitente, enquanto a Cap detecta precocemente a depressão respiratória pós-operatória antes da dessaturação de O_2 , fato relevante em pacientes com O_2 suplementar.

1.5.1.) Capnograma

O capnograma é o traçado que correlaciona CO_2 com volume ou tempo. Existem três fases (I, II e III), e eventualmente uma quarta fase (IV). Em um capnograma correlacionado com o tempo, temos o segmento inspiratório (fase 0 e ângulo β) e o segmento expiratório (fases I, II, III e ângulo α). A fase IV, quando presente, traduz o aumento final na concentração de CO_2 , sendo observada em pacientes com baixa complacência torácica, como obesos e gestantes.

O ângulo entre as fases II e III é o ângulo α . O ângulo praticamente perpendicular entre a fase III e a curva descendente é o ângulo β . Deve-se atentar para o fato de que a expiração termina exatamente quando a curva inicia sua queda, nem sempre é verdade.

No capnograma de tempo, o início e o fim do segmento inspiratório, e o início e fim da expiração não podem ser separados sem a superposição dos fluxos respiratórios. A expiração inicia-se em algum ponto da linha horizontal antes da elevação da curva e termina em algum ponto da fase III, lembrando que a fase III contém a pausa expiratória³⁷. As figuras 2 e 3 ilustram os capnogramas CO_2 vs. volume e CO_2 vs. tempo, respectivamente.

Figura 2. Capnograma CO_2 vs. volume (modificado de Bhavani-Shankar e Phillip ³⁷).

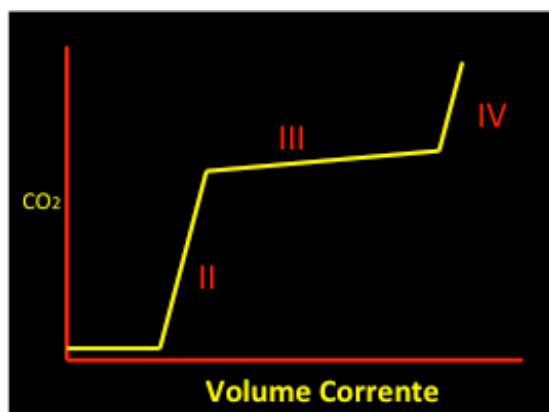
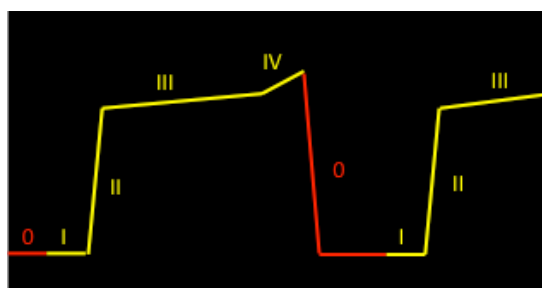


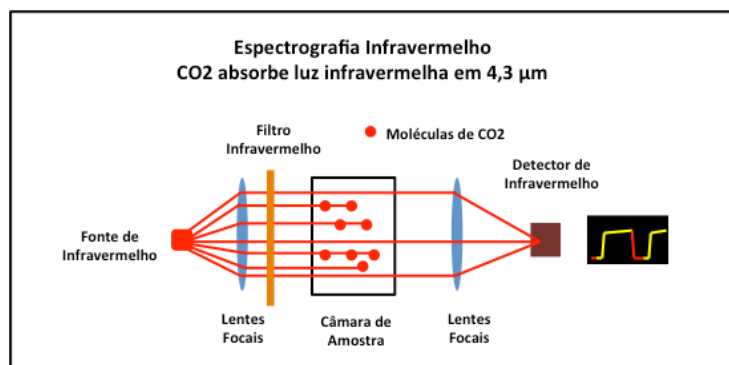
Figura 3. Capnograma CO_2 vs. tempo (modificado de Bhavani-Shankar e Phillip ³⁷).



1.5.2.) Capnógrafos

A maioria dos capnógrafos expressa o CO_2 medido em mmHg, utilizando o método de espectrografia infravermelha, sendo mais compactos e mais baratos. O CO_2 absorve seletivamente comprimentos de onda específicos de luz infravermelha, conforme a Lei de Beer-Lambertj. Como a quantidade de luz absorvida é proporcional à concentração de moléculas absorvidas, a concentração de gás pode ser calculada comparando-se a absorbância medida com a absorbância padrão ³⁸. A figura 4 ilustra o funcionamento da espectrografia infravermelha para aferição do CO_2 .

Figura 4. Espectrografia infravermelha para aferição de CO₂
(modificado de Bhavani-Shankar e Phillip ³⁷).



1.5.3.) Capnografia durante sedação

O uso de medicamentos para induzir sedação mínima ou moderada pode resultar em sedação profunda inadvertida comparável à anestesia geral, podendo colocar o paciente em risco significativo de depressão respiratória. Por isso, é importante monitorar a oxigenação e a ventilação. Como a hipoventilação, obstrução de vias aéreas e apneia precedem a hipóxia, o uso da Cap durante a sedação tem utilidade, pois pode detectar precocemente estes eventos, permitindo a adoção precoce de medidas de correção que evitem a hipóxia. Cabe lembrar também que a suplementação de O₂ pode mascarar a apneia e a hipoventilação que pode ocorrer devido à sedação. Muitos desses procedimentos são realizados com uso de propofol fora do ambiente do centro cirúrgico e sem a presença de médico anestesiológico, por profissionais com menor experiência em reconhecer a instalação destes eventos precursores de hipóxia. Portanto, a Cap como método de monitoração da ventilação pulmonar tem grande potencial de uso nos procedimentos endoscópicos.

Em estudo de 2002, Vargo et al. ³⁵ descreveram 49 pacientes submetidos a EDA terapêutica que foram submetidos a Cap, oximetria de pulso, monitoração da PA e inspeção visual. A equipe de assistência endoscópica não teve acesso aos dados da Cap. Episódios de apneia (parada da respiração $\geq$ 30s) ou respiração alterada

(intervalo de 45s que contivesse pelo menos 30s acumulados de apneia) foram documentados e comparados com os eventos de hipoxemia, hipercapnia, hipoventilação e respiração alterada, detectados pela equipe da endoscopia. A Cap identificou 54 eventos de apneia ou respiração alterada durante o procedimento endoscópico, enquanto a oximetria de pulso detectou apenas 27 eventos (50%) que progrediram para hipóxia (saturação de $O_2 < 90\%$). A hipoxemia ocorreu em média 45,6s (15-120) após a detecção capnográfica dos eventos respiratórios. A inspeção visual da equipe da endoscopia não detectou nenhum dos 54 eventos detectados pela Cap. A hipoventilação também foi detectada pela Cap, definida como aumento de 25% no valor basal de CO_2 expirado.

Sérios eventos de depressão cardiorrespiratória e óbitos foram reportados após sedação para procedimentos em adultos e crianças, devido à monitoração inadequada, erros de medicação e associação de drogas sedativas ³⁹. Além da disponibilidade do capnógrafo, existem outras dificuldades para o uso da Cap nos exames endoscópicos como a obtenção de amostras de gases expirados, interpretação dos capnogramas e treinamento de pessoal. Os dados mais relevantes da Cap envolvem a diferença qualitativa entre os dados pré-sedação e os dados durante sedação.

1.5.4.) Funcionamento da capnografia

Ao final da inspiração, a via aérea e os pulmões estão preenchidos com gases pobres em CO_2 . Nos alvéolos pulmonares, o CO_2 difunde e equilibra-se com o CO_2 do sangue capilar, portanto a pressão parcial de CO_2 no alvéolo pulmonar ($pACO_2$) iguala-se à pressão parcial arterial de CO_2 ($paCO_2$). A $pACO_2$ é determinada pela relação de ventilação-perfusão do alvéolo pulmonar: quanto maior a ventilação em relação à perfusão, menor será a quantidade de CO_2 no alvéolo, e da mesma forma, quanto menor esta relação, maior será a quantidade alveolar deste gás.

Nas porções mais proximais do trato respiratório, a concentração de CO_2 vai diminuindo até atingir zero. O volume de gás livre de CO_2 é definido como espaço morto, pois não há troca de O_2 por CO_2 entre os gases inspirados e o sangue. No início da expiração, o sensor na boca do paciente não detectará CO_2 pois o gás amostrado é o do espaço morto. À medida que a expiração continua, a concentração de CO_2 aumenta gradualmente e atinge o pico quando os gases ricos em CO_2 dos alvéolos atingem o sensor.

Ao final da expiração, a concentração de CO_2 diminui até zero, quando o paciente inicia a inalação de gases livres de CO_2 . A evolução de CO_2 do alvéolo pulmonar até a boca durante a expiração, e a inalação de gases livres de CO_2 durante a inspiração explica a forma característica da curva de CO_2 , que é idêntica em todos os indivíduos saudáveis.

Como mencionado anteriormente, o segmento inspiratório do capnograma contém a fase 0 e o ângulo β . A fase 0 representa a dinâmica da inspiração, com a inalação de gases livres de CO_2 . O ângulo β é praticamente perpendicular, e pode ser usado para avaliar a reinspiração, ocorrendo o aumento do ângulo quando ela ocorre. Por sua vez, o segmento expiratório contém as fases I, II, III e ângulo α .

A fase I representa o espaço morto, no qual não há troca de gases e a concentração de CO_2 pode ser considerada zero. A fase II representa a expiração de gases de uma mistura do espaço morto e espaço alveolar. A fase III é o platô alveolar, resultando da expiração de gases alveolares ricos em CO_2 , e apresenta traçado levemente ascendente devido à eliminação contínua do CO_2 dos capilares para os alvéolos e à eliminação lenta de alvéolos ricos em CO_2 das áreas com menor relação ventilação/perfusão. O ângulo α é uma avaliação indireta da relação ventilação/perfusão pulmonar, pois ele é determinado pela inclinação do platô da fase III ³⁸. A figura 5 demonstram um capnograma CO_2 vs. tempo.

Figura 5. Capnograma CO₂ vs. tempo (modificado de Bhavani-Shankar e Phillip ³⁷).



1.5.5.) Capnografia volumétrica

A capnografia volumétrica (CapV) vem ganhando espaço nos centros cirúrgicos e unidades de terapia intensiva nos últimos anos, embora ainda seja uma técnica de monitoração pouco utilizada. Ela fornece gráficos da pressão parcial do CO₂ expirado vs. volume expirado. O grande diferencial da CapV é a capacidade de calcular o espaço morto em relação ao volume total. A quantificação do espaço morto é especialmente importante em pulmões previamente comprometidos, como em casos de síndrome da angústia respiratória do adulto (SARA). Ao se utilizar pressão expiratória final positiva (PEEP) para minimizar o espaço morto, a ventilação torna-se mais eficaz e diminui o risco de lesão pulmonar ⁴⁰.

O capnograma volumétrico típico representa o CO₂ expirado vs. volume expirado total. A curva de CO₂ apresenta as seguintes fases ⁴⁰:

- Fase I: representa os gases do espaço morto;
- Fase II: representa uma mistura de gases do espaço morto e do espaço alveolar;
- Fase III: representa os gases alveolares.

A concentração de CO₂ ao final do platô alveolar é o CO₂ expiratório final (EtCO₂). O volume de gases abaixo da curva de CO₂ representa a ventilação alveolar efetiva. Por sua vez, o volume de gases acima da curva de CO₂ e abaixo da curva do

CO₂ arterial (paCO₂) representa o espaço morto fisiológico, que pode ser subdividido em anatômico e alveolar, este correspondendo aos alvéolos que são ventilados mas não são perfundidos ⁴⁰. Portanto, a CapV pode calcular o espaço morto fisiológico de forma não-invasiva, a cada respiração ⁴¹. As figuras 6 e 7 ilustram a avaliação da CapV para a concentração de CO₂ durante a expiração e de gases expirados, respectivamente.

Figura 6. Avaliação da CapV para a concentração de CO₂ durante a expiração. Fase I: início da expiração; gases expirados representam o conteúdo da via condutora do sistema respiratório. Fase II: transição entre os espaços mortos anatômico e alveolar. Fase III: gás alveolar. (Modificado de Verscheure et al. ⁴¹).

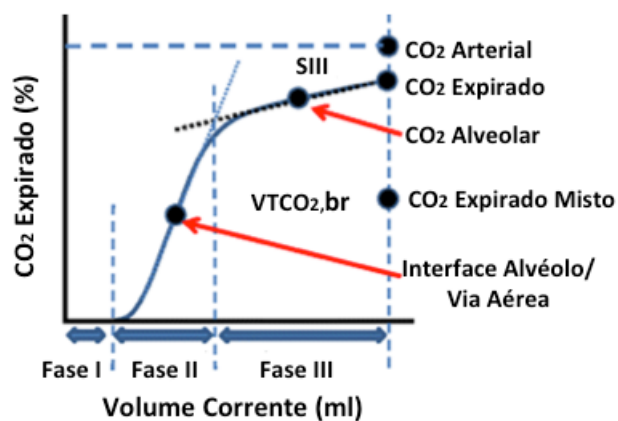
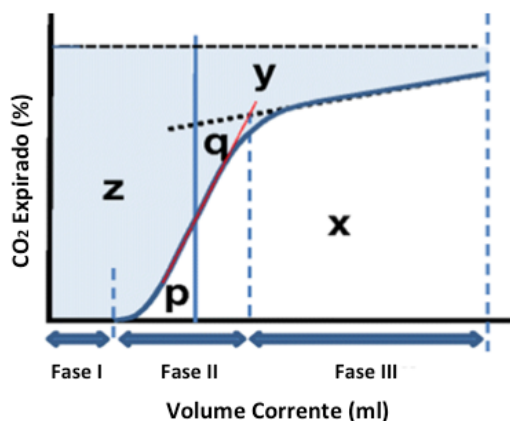


Figura 7. CapV para avaliação de gases expirados. A área sombreada é o espaço morto total para a respiração. Área z (área à esquerda da linha sólida) é o espaço morto da via aérea; área y (área acima da inclinação da fase III) é o espaço morto alveolar. Área q é igual à área p. Área x (área abaixo da curva do capnograma) é o volume de CO₂ expirado. (Modificado de Verscheure et al. ⁴¹).



Mesmo nos pulmões mais saudáveis, a ventilação e a perfusão não são igualmente distribuídas ⁴². As porções pulmonares superiores são proporcionalmente melhor ventiladas do que perfundidas, enquanto as partes pulmonares inferiores são melhor perfundidas do que ventiladas. Existem também áreas pulmonares com alvéolos colabados, não havendo troca gasosa e assim contribuindo com uma fração de *shunt* pulmonar ⁴³.

A equação de Bohr fornece o cálculo mais preciso do espaço morto e base da CapV ⁴⁴:

$$V_D/V_C = (pACO_2 - EtCO_2) / pACO_2$$

(V_D corresponde ao espaço morto fisiológico; V_C é o volume corrente; pACO₂ é a concentração alveolar de CO₂; e EtCO₂ é a concentração média de CO₂ expirado).

Além da estimativa do espaço morto, a CapV tem diferentes aplicações clínicas já estabelecidas ⁴⁵⁻⁵²:

- Estimativa de paCO_2 a partir de CO_2 expirado;
- Estimativa da PEEP ideal e monitoração da sua resposta;
- Prognóstico na SARA, bronquiolite e outras lesões pulmonares agudas;
- Recrutamento pulmonar em pacientes obesos;
- Auxílio no diagnóstico da doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC);
- Diagnóstico do embolismo pulmonar.

A maior limitação da CapV é o alto custo do equipamento, embora devamos ressaltar que experiência e conhecimento são necessários para o uso adequado desta tecnologia, obtendo-se capnogramas adequados.

1.6.) Uso do CO_2 para colonoscopia

A distensão do lúmen intestinal é primordial para adequada visualização da mucosa colorretal e progressão segura do colonoscópio. A insuflação de ar ambiente comprimido é amplamente usada para distensão na endoscopia digestiva, com as vantagens de disponibilidade universal e baixo custo. Entretanto, o ar ambiente tem pouca absorção no trato digestivo baixo, sendo a maior parte dele eliminado por meio de flatos. Para minimizar a distensão abdominal pós-colonoscopia, o examinador aspira a maior quantidade de ar possível após atingir o ceco e imediatamente antes da retirada do aparelho.

Stevenson et al. ⁵³, em estudo de 1992, relataram que até 50% dos pacientes tinham dor após a colonoscopia, e 12% deles apresentavam dor intensa mesmo após 24h do procedimento. Ao longo dos anos, houve melhora da tecnologia dos colonoscópios e das técnicas de exame, reduzindo tempo de duração dos procedimentos e a quantidade de ar insuflado durante os exames. O CO_2 é

rapidamente absorvido pela mucosa do aparelho digestivo, o que despertou interesse para seu uso na insuflação de exames endoscópicos.

O CO₂ é absorvido pela mucosa digestiva cerca de 160 vezes mais rápido que o nitrogênio, o principal componente do ar ambiente, e por isso deve ser considerado como melhor opção para insuflação durante endoscopia digestiva ⁵⁴⁻⁵⁶. Durante uma colonoscopia, o CO₂ é rapidamente absorvido de forma passiva pela mucosa intestinal e atinge a corrente sanguínea, sendo exalado pelos pulmões. Estudos iniciais realizados em ratos comprovaram que a insuflação com CO₂ possibilitava uma recuperação mais rápida da distensão e da pressão intraluminal, quando comparada ao ar comprimido (AC) ⁵⁷. E posteriormente, em um estudo com humanos submetidos à colonoscopia intraoperatória, demonstrou-se que o tempo médio de decompressão colônica com CO₂ foi de 21min ⁵⁸.

Dois estudos randomizados ^{59,60} comparando colonoscopias com insuflação de CO₂ e com AC demonstraram não haver diferenças no volume de gás utilizado. Estes trabalhos também relataram semelhança quanto ao tempo de duração do exame, quantidade de sedativos e desconforto durante o procedimento. Entretanto, a insuflação com CO₂ foi associada a menor dor e distensão pós-colonoscopia, sugerindo que o benefício seria mais significativo no pós-procedimento devido à rápida absorção intestinal do CO₂.

Hsu et al. ⁶¹, em outro estudo randomizado envolvendo 100 indivíduos submetidos a colonoscopia, alocaram os pacientes em três grupos: insuflação de AC na inserção e retirada do aparelho, insuflação de AC na inserção e CO₂ na retirada, e insuflação de CO₂ na inserção e retirada do aparelho. Os dois grupos que utilizaram CO₂, seja apenas na retirada ou na inserção e retirada, tiveram escores de dor significativamente menores após uma hora do término da colonoscopia, quando comparados ao grupo de uso exclusivo de AC. Estes dados sugerem que a dor após colonoscopia é causada pela distensão intestinal pelo gás residual pós-procedimento,

e que o uso de CO₂ causaria menor dor pós-colonosopia devido à dissipação mais rápida que o AC.

Estudos em animais sugerem que a vasodilatação causada pelo CO₂ seja outro potencial mecanismo para a ocorrência de menor dor pós-colonosopia. Brandt et al.⁵⁵ observaram aumento do fluxo sanguíneo na artéria mesentérica inferior de cães submetidos a insuflação do cólon com CO₂, com elevação de 109% a 155% em relação à linha de base; por outro lado, a insuflação de AC associou-se à manutenção ou até redução do fluxo sanguíneo em relação aos valores basais. Yasumasa et al.⁵⁷ relataram que o fluxo sanguíneo na parede intestinal de ratos foi reduzido pela insuflação gasosa, seja AC ou CO₂, porém ocorreu recuperação mais rápida com CO₂ (cerca de 5min) quando comparada ao AC (aproximadamente 30min). Portanto, a distensão intestinal prolongada e a menor perfusão sanguínea intestinal podem contribuir também para a dor abdominal pós-colonosopia.

O uso de CO₂ na endoscopia é realizado com aparelhos reguladores, cujo objetivo principal é a administração por meio de fluxo seguro de CO₂. A fonte de CO₂ (seja externa ou cilindro) é conectada ao aparelho regulador, que por sua vez, entrega CO₂ à garrafa d'água da processadora endoscópica.

1.6.1.) Esquema de entrega de CO₂

Em uma revisão sistemática envolvendo 21 estudos randomizados controlados com total de 3.607 pacientes, Sajid et al.⁶² compararam exames de colonoscopia com insuflação de CO₂ e com AC. O uso de CO₂ diminuiu significativamente a dor durante e após o procedimento. Embora a taxa de intubação cecal não tenha sido diferente entre os dois grupos, o tempo necessário para atingir o ceco foi significativamente menor no grupo de CO₂. Para testar a hipótese de que o CO₂ geraria menor desconforto abdominal, nove estudos não utilizaram sedativos. E dois dos três estudos que permitiam a sedação posterior de pacientes não-sedados conforme a necessidade,

demonstraram menor uso de sedativos no grupo de CO₂. Em quatro estudos, não se observou diferença na dor intraprocedimento entre os dois grupos. Entretanto, em todos os seis estudos, o grupo de CO₂ apresentou significativamente menos dor após uma hora de colonoscopia. Embora o maior benefício do CO₂ tenha sido demonstrado durante a primeira hora pós-colonoscopia, a maioria dos estudos relatou efeitos positivos do CO₂ até 6h após o procedimento, com três de oito estudos relatando benefícios até 24h. Todos os oito estudos que avaliaram a sensação de distensão abdominal, observaram resultados melhores após 1h do procedimento no grupo do CO₂. Dois estudos que mediram a circunferência abdominal antes e após a colonoscopia demonstraram que o grupo do CO₂ apresentou menor aumento. Dos cinco estudos que avaliaram a satisfação do paciente, dois relataram que o grupo do CO₂ teve mais indivíduos satisfeitos que aqueles com AC. Finalmente, um estudo avaliou se os pacientes repetiriam a colonoscopia sem sedação com a mesma técnica de insuflação utilizada, concluindo que o uso da insuflação com CO₂ gera maior propensão à repetição do exame.

A colonoscopia realizada com infusão de água constitui-se em alternativa à insuflação gasosa, mostrando-se superior ao uso de AC e possibilitando um procedimento sem sedação ou com mínimo de sedação (63). Em estudo randomizado, Garborg et al.⁶⁴ compararam pacientes submetidos a colonoscopias com inserção do aparelho sob insuflação de CO₂ (n= 226) e com infusão de água (n= 226). A retirada do aparelho foi realizada com insuflação de CO₂ nos dois grupos. Os procedimentos eram iniciados sem sedação, podendo ser administrada de acordo com a demanda do doente. Os dois grupos mostraram uso semelhante de sedativos. Durante a inserção do aparelho, o grupo do CO₂ relatou dor mais significativa que o grupo com infusão de água. A taxa de intubação cecal foi significativamente maior no grupo de infusão de água do que no grupo de CO₂ (97% vs. 92%, p< 0,05). Entretanto, o grupo de infusão de água teve maior tempo para intubação cecal (15 min vs. 11 min, p< 0,05) e do

tempo de duração do procedimento (30min vs. 24min, $p < 0,05$), quando comparado ao grupo de CO₂.

Em estudo de Bretthauer et al.⁶⁵, o grupo de pacientes submetidos a retossigmoidoscopia com o uso de CO₂ para rastreamento do CCR referiu menos dor 1h e 6h após o procedimento, quando comparado ao grupo de AC.

1.6.2.) Segurança do CO₂

O CO₂ é um gás não-inflamável e pode ser usado em conjunto com o eletrocautério de forma segura⁶⁶. Na cirurgia laparoscópica, o uso seguro de CO₂ está bem estabelecido^{67,68}. A gasometria por meio de coleta de sangue arterial foi realizada apenas no estudo de Luigiano et al.⁶⁹, não sendo observadas diferenças significativas nos valores médios e de pico da paCO₂ entre os grupos de AC e CO₂. Dois estudos em colangiopancreatografias retrógradas endoscópicas (CPRE)⁶⁹⁻⁷⁰ e um estudo em colonoscopias⁷¹ relataram a frequência em que ocorreu paCO₂ > 55mmHg, sendo que apenas um deles reportou diferença significativa, com ocorrência de 16% no grupo de insuflação com CO₂ e 0% no grupo de AC. O EtCO₂ foi avaliado em cinco estudos^{65,69,72-74}, sendo que em três deles observaram-se valores significativamente maiores no grupo de CO₂, durante ou no final do procedimento.

Em 25 dos 36 estudos avaliados na revisão de Lo et al.⁷⁵, não houve relatos de complicações graves ou efeitos indesejados relacionados ao uso de CO₂ como agente de insuflação em exames de endoscopia digestiva do trato gastrointestinal. Apenas dois trabalhos reportaram eventos respiratórios significativos, sendo que o primeiro estudo⁷¹ não demonstrou diferença significativa nas taxas de depressão respiratória e de apneia (3,9% CO₂ vs. 3,5% AC); e o segundo estudo⁷⁰ relatou dois casos de depressão respiratória reversível durante exame endoscópico com insuflação de AC.

O uso da insuflação com CO₂ para exames endoscópicos em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) gera preocupação uma vez que esta condição pode estar associada à retenção de CO₂. Existem poucos dados sobre este tema, uma vez que estes pacientes geralmente são excluídos da maioria dos estudos. Takano et al.⁷⁶ publicaram um estudo de submucosectomia endoscópica (SME) que incluiu 20 doentes com pneumopatia subclínica, apresentando função pulmonar diminuída (volume expiratório forçado em um segundo < 70% do normal), não observando fator de risco para retenção de CO₂ ou aumento de CO₂ transcutâneo. E Yoshida et al.⁷⁷, em um estudo sobre mucosectomia endoscópica (ME) colorretal, envolvendo 77 pacientes com DPOC e 294 sem doença pulmonar, não observaram diferença entre os dois grupos quanto ao CO₂ expirado final, retenção de CO₂, tempo de duração média e SpO₂ durante o procedimento e eventos adversos. Desta forma, até o momento não parece haver maiores riscos de retenção de CO₂ e depressão respiratória com o uso de insuflação de CO₂ em pacientes pneumopatas.

A embolização gasosa em procedimento endoscópico é um evento extremamente raro, sendo mais observado em CPRE e EDA. A embolização gasosa por CO₂ é razoavelmente bem tolerada, com menos efeitos adversos que a embolia gasosa por outros gases⁷⁸.

1.7.) Capnografia em Endoscopia

A Cap detecta de forma não-invasiva a depressão respiratória por meio de interpretação gráfica do CO₂ durante o ciclo respiratório⁷⁹. Apesar da Cap detectar a depressão respiratória mesmo antes da hipoxemia, não foi estabelecida relação direta entre hipoxemia transitória e graves eventos cardiopulmonares não-previstos durante endoscopia sob sedação^{34,80,81}. Até o momento, a incorporação da Cap em protocolos de monitoração, durante procedimentos endoscópicos com sedação moderada, não

demonstrou aumentar a segurança do paciente. Entretanto, existem evidências de benefício em procedimentos com sedação profunda.

Em estudo randomizado de Friedrich-Rust et al.⁸², com mais de 500 pacientes submetidos a colonoscopia sob sedação profunda, houve significativamente menor incidência de hipoxemia transitória em pacientes monitorados com Cap, quando comparados aos doentes monitorados de forma padrão. Os fatores de risco independentes para ocorrência de hipoxemia foram idade, Índice de Massa Corpórea (IMC) elevado, antecedente de apneia do sono e doses elevadas de sedativos.

Mehta et al.⁸³, em estudo randomizado e controlado envolvendo pacientes ASA I e ASA II (Anexo 1) submetidos a EDA e colonoscopia eletivas sob sedação moderada com benzodiazepínicos e opiáceos combinados, a Cap não diminuiu a ocorrência de hipoxemia em nenhum dos procedimentos. Entretanto, Qadeer et al.⁸⁴ também em estudo randomizado e controlado com 125 pacientes submetidos a CPRE e ultrassonografia endoscópica, demonstraram que o uso da Cap reduziu a necessidade de administração suplementar de O₂ e diminuiu os episódios de hipoxemia (saturação de O₂ < 90% por mais de 15s), hipoxemia grave (saturação de O₂ < 85%) e apneia.

Em um estudo holandês de vida real, Bisschops et al.⁸⁵ relataram que o uso da Cap em serviço universitário de endoscopia com grande volume, conseguiu reduzir os eventos adversos respiratórios em 55,7%. Arakawa et al.⁸⁶ utilizaram Cap em 44 pacientes submetidos à colonoscopia, detectando precocemente a hipoventilação e prevenindo eventos adversos respiratórios. Em modelo matemático para decidir pela implementação da Cap de rotina em seu serviço de endoscopia (com volume anual de 8.000 procedimentos sob sedação), Jopling et al.⁸⁷ sugeriram que a Cap é custo-efetiva devido a sua elevada capacidade de prevenir eventos respiratórios adversos, reduzindo o custo hospitalar final total.

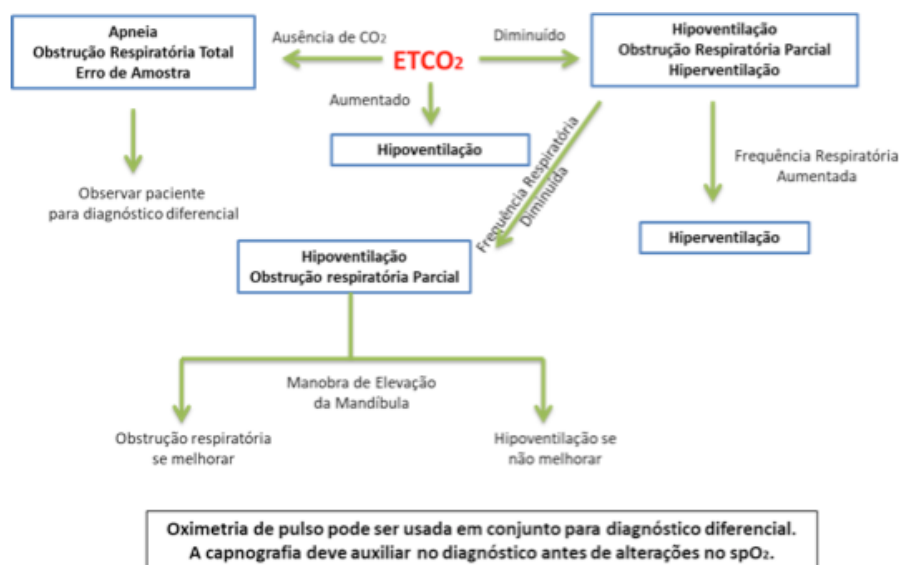
A sedação dos pacientes submetidos a procedimentos endoscópicos por profissionais de enfermagem vem ganhando espaço ao redor do mundo. Slagelse et

al.⁸⁸ publicaram estudo demonstrando que a Cap em pacientes sedados por enfermeiros reduziu significativamente a ocorrência de hipóxia quando comparados ao monitoramento padrão ($p=0,023$), principalmente nos procedimentos com tempo de duração maior que 30min. Em um estudo sul-coreano, Kim et al.⁸⁹ relataram favoravelmente o uso de Cap em 98 pacientes submetidos a SME, sugerindo que seu uso seja rotineiro neste tipo de procedimento endoscópico, com especial benefício em pacientes com DPOC e naqueles com elevados escores de Mallampati (Anexo 2).

Vargo et al.³⁵ demonstraram que a Cap mostrou-se bastante superior à oximetria de pulso e ao exame físico (inspeção visual e ausculta pulmonar) para a detecção da hipoventilação que precede a hipoxemia e suas potenciais graves consequências em pacientes submetidos a EDA. Da mesma forma, Yarchi et al.⁹⁰ também relataram que a Cap detectou precocemente e de forma significativa eventos adversos respiratórios em adultos e crianças submetidos a procedimentos endoscópicos, sendo o maior risco em EDA.

A adoção da Cap na rotina ainda não é consenso, pois alguns trabalhos não demonstram vantagem na adoção do método. No estudo prospectivo norte-americano de Barnett et al.⁹¹, uma coorte de 969 doentes foi avaliada para satisfação e segurança do paciente antes e após a introdução da Cap em colonoscopia de rotina, sob sedação moderada. O grupo de 504 doentes monitorados com Cap apresentaram significativamente maiores escores de desconforto pós-exame ($p<0,01$) e não tiveram menor incidência de eventos adversos respiratórios, quando comparados aos 466 pacientes com monitoração padrão. Além disso, a impressão dos profissionais de enfermagem responsáveis pela sedação acerca da sua utilidade mostrou-se incerta ou neutra na maioria dos casos. Desta forma, os autores concluíram que a adoção rotineira da Cap para colonoscopias eletivas com sedação moderada não melhorou a qualidade e segurança dos procedimentos. A figura 8 contém um fluxograma prático do diagnóstico capnográfico durante sedação.

Figura 8. Fluxograma prático do diagnóstico capnográfico durante sedação
(modificado de Nassar e Schmidt ⁴⁴).



Certamente, mais estudos são necessários para elucidar o valor clínico do uso rotineiro da Cap na endoscopia. A Figura 8 demonstra o fluxograma do uso prático da Cap durante a sedação.

Pretendemos contribuir com este estudo de vida real que avaliou o uso da insuflação de CO₂ e CapV em colonoscopias de rotina com sedação moderada em um serviço universitário brasileiro de grande volume. Não temos conhecimento até o momento de estudo científico que utilizou este método em procedimentos endoscópicos.

Na literatura, não há consenso do uso rotineiro da capnografia para exames endoscópicos, assim como não está definido se o uso de CO₂ para insuflação em endoscopia digestiva tem potencial de causar hipercapnia ou mesmo outras complicações respiratórias. O Setor de Endoscopia Digestiva da Unicamp é um serviço de referência com alto volume de colonoscopias realizados por diversos profissionais, tendo como principal preocupação a segurança do paciente. Nosso estudo inovador avaliou distúrbios ventilatórios durante colonoscopias por meio da CapV.

2) OBJETIVO

2.1) Objetivo geral:

Avaliar o uso da capnografia volumétrica nos pacientes submetidos à colonoscopia diagnóstica com insuflação de ar comprimido (AC) e gás carbônico (CO₂).

2.2) Objetivos específicos:

Comparar os dois grupos (colonoscopia com insuflação de AC e com insuflação de CO₂) quanto à:

- Dados de avaliação respiratória (dióxido de carbono expirado, frequências respiratória e cardíaca, volumes médios alveolares, saturação de oxigênio basal, ocorrência de hipóxia e hipoventilação alveolar).
- Tempo de duração do exame, o consumo de sedativos e escore de dor;

3.) MÉTODO

3.1.) Local do Estudo

O estudo foi realizado no Setor de Colonoscopia, do Serviço de Endoscopia Digestiva do Centro Diagnóstico de Doenças do Aparelho Digestivo (GASTROCENTRO), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), no período de junho a setembro de 2019.

3.2.) População do Estudo

Pacientes submetidos à colonoscopia por diferentes indicações clínicas na rotina ambulatorial do GASTROCENTRO/Unicamp.

3.3.) Tipo de estudo

Foi realizado um estudo de coorte, prospectivo e randomizado com pacientes submetidos à colonoscopia diagnóstica, utilizando insuflação de AC e CO₂, sob monitoração com CapV.

3.4.) Critérios de inclusão

- Pacientes com idades entre 18 e 70 anos completos;
- Submetidos à colonoscopia com insuflação de AC ou CO₂;
- Monitoração de CapV durante o procedimento.

3.5.) Critérios de exclusão

- Pacientes menores de 18 anos completos ou maiores que 70 anos completos;
- Presença de doença pulmonar obstrutiva grave (classificação de GOLD 3 e 4 – *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*) (Anexo 3);
- Ocorrência de SpO₂ em ar ambiente menor que 85%;
- Portadores de estenose aórtica grave;
- Risco anestésico ASA 4;
- Preparo de cólon inadequado;
- Colonoscopias de urgência;
- Exames com necessidade de ressecções endoscópicas complexas;
- Aqueles que não aceitaram participar do estudo.

3.6.) Casuística

A casuística final foi constituída de pacientes maiores que 18 anos e menores que 70 anos, submetidos à colonoscopia com monitoração de CapV e insuflação de AC ou CO₂, excluindo os pertencentes aos critérios de exclusão.

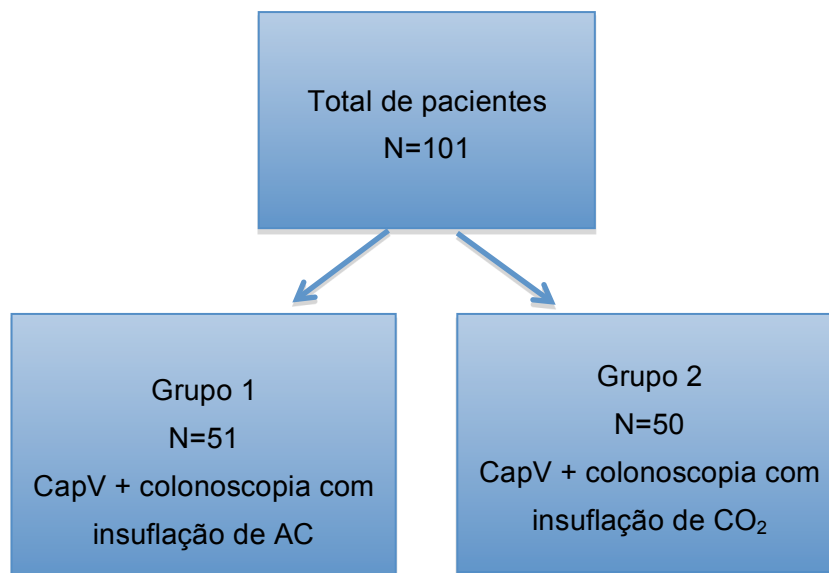
3.6.1.) Definição dos Grupos

Foram definidos dois grupos, conforme ilustra a figura 9:

- Grupo 1: composto por 51 doentes submetidos a CapV durante colonoscopia realizada com insuflação de AC.
- Grupo 2: composto por 50 doentes submetidos a CapV durante colonoscopia realizada com insuflação de CO₂.

O software on-line Research Randomizer foi usado para randomização dos pacientes.

Figura 9. Definição dos grupos.



3.7.) Colonoscopia

3.7.1.) Preparo de cólon

Os pacientes realizaram o preparo intestinal conforme protocolo do GASTROCENTRO/Unicamp para exames no período da tarde, consistindo em dieta líquida sem resíduos e dois comprimidos de bisacodil 2mg (Bisalax, União Química), na véspera do procedimento. Na manhã do exame, os doentes ingeriram dois frascos de 250ml de manitol 20% (200mg/ml – B. Braun), diluídos em 500ml de suco de laranja ou limão coados, em intervalo de duas horas. O jejum pré-procedimento para líquidos claros foi no mínimo de quatro horas.

3.7.2.) Execução e equipamento de colonoscopia

Os exames foram realizados por médicos assistentes e médicos residentes do GASTROCENTRO/UNICAMP, sendo utilizados videocolonoscópios 4400 Fujinon (Fujifilm, Saitama, Japão). A figura 10 ilustra o sistema de endoscopia.

Figura 10. Sistema de endoscopia Fujinon 4400 (Fujifilm, Saitama, Japão).



3.7.3.) Sedação

Todos os pacientes foram submetidos à sedação durante colonoscopia, que foi administrada por técnicos de enfermagem a pedido dos médicos responsáveis. Durante todo o procedimento houve administração contínua de O₂ suplementar por meio de cateter nasal a 2L/min. Foram utilizados os seguintes sedativos com objetivo de atingir sedação moderada:

- Cloridrato de meperidina 50mg/ml, ampola de 2ml (Dolosal®, Cristália);
- Cloridrato de midazolam 5mg/ml, ampola de 3ml (Dormire®, Cristália);
- Propofol emulsão 10mg/ml, frasco de 20ml (Propotil®, Midfarma).

3.7.4.) Métodos de insuflação durante a colonoscopia

Para a realização da colonoscopia, foi utilizada insuflação exclusiva de AC ou CO₂. Desta forma, cada paciente foi submetido a apenas uma modalidade de insuflação durante o procedimento.

O AC foi fornecido por meio da rede de gases do GASTROCENTRO/Unicamp. O CO₂, por sua vez, foi fornecido por protótipo de sistema de insuflação de CO₂ SICO® (Biocam, Campinas SP). As figuras 11 e 12 ilustram o sistema SICO,

Figuras 11 e 12. Imagens do sistema de insuflação de CO₂ SICO® (Biocam, Campinas SP).



3.7.5.) Capnografia Volumétrica

A CapV foi utilizada continuamente em todas as colonoscopias do estudo utilizando o aparelho oxicapnógrafo CO₂SMO Plus 8100® Dixtal/Novamatrix (Pittsburgh, Estados Unidos), ilustrado nas figuras 13 e 14, com colocação de máscara ventilatória de maneira firme, de modo que não houvesse entrada ou saída de ar externo. Os dados foram interpretados e armazenados em computador com software específico. Todas as CapV foram executadas e analisadas pelo fisioterapeuta Prof. Dr Marcos Mello Moreira.

Figura 13. Imagem do oxicapnógrafo CO₂SMO Plus 8100® (Dixtal / Novamatrix, Pittsburg, Estados Unidos).



Figura 14. Paciente sob monitoramento de CapV e com cateter de O₂.



3.8.) Variáveis analisadas

No estudo, foram analisadas as seguintes variáveis:

- **Dados gerais e demográficos:** sexo, idade, IMC, classificação de ASA e detecção de adenomas;
- **Medicamentos utilizados para sedação e suas doses;**
- **Valores de CO₂ expirado em diferentes momentos:** basal (pré-procedimento), início do procedimento, ao atingir o ceco na inserção do

aparelho, ao atingir o reto na retirada do aparelho e após 3min da retirada do aparelho; CO₂ expirado máximo e médio;

- **Valores de SpO₂:** basal, ocorrência e tempo de duração de hipóxia (SpO₂ < 90%);
- **Dados de frequência cardíaca (FC):** basal, ao atingir o ceco na inserção do aparelho e ao atingir o reto na retirada do aparelho;
- **Dados de frequência respiratória (FR):** basal, ao atingir o ceco na inserção do aparelho e ao atingir o reto na retirada do aparelho;
- **Valores do volume corrente alveolar por minuto (Valv min):** basal, ao atingir o ceco na inserção do aparelho e ao atingir o reto na retirada do aparelho;
- **Ocorrência de episódios de hipoventilação alveolar** (EtCO₂ 25% > valores basais);
- **Tempo de duração do exame em min;**
- **Avaliação da dor pós-colonosopia pela Escala Modificada de Dor de Gloucester** (EMDG)⁹²: imediatamente após exame, uma hora após o término do exame e 24h após a finalização do exame (Quadro 1).

Quadro 1. Escala Modificada de Dor de Gloucester (EMDG).

1	Ausência de dor
2	Dor mínima
3	Dor leve
4	Dor moderada
5	Dor intensa

3.9.) Análise Estatística

Para as variáveis quantitativas com distribuição normal, média $\pm$ desvio padrão (DP) foi apresentado, e o teste *t de Student* foi usado para a comparação de duas amostras independentes. As variáveis qualitativas foram apresentadas em percentagem, e o teste Qui-quadrado foi usado para a comparação de duas proporções (de amostras independentes). O teste exato de *Fisher* foi usado para um pequeno número de frequências esperadas (quando o número total de casos foi menor que 20).

O nível de significância adotado para os testes estatísticos foi 5%. Para análise estatística foi utilizado o software SPSS Statistics v20.0 (IBM, Armonk, EUA).

3.10.) Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unicamp é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) n.º 466/12 e complementares estabelecem diretrizes que ressaltam a necessidade de revisão ética e científica das pesquisas envolvendo seres humanos, visando a salvaguardar a dignidade, os direitos, a segurança e o bem-estar dos participantes da pesquisa. Nosso estudo foi aprovado pelo CEP/Unicamp sob o registro Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) n.º 52940315.9.0000.5404 (anexo 5). Antes de serem submetidos a colonoscopia, todos os pacientes assinaram termo de consentimento informado e receberam orientações pós-colonoscopia padronizados para colonoscopia do GASTROCENTRO/Unicamp.

4.) RESULTADOS

4.1.) Dados gerais e demográficos

Foram estudados 101 pacientes, que se submeteram à monitoração de CapV durante colonoscopia com insuflação de AC (51 doentes) ou CO₂ (50 doentes). As principais características clínicas e demográficas dos pacientes estão resumidas na Tabela 1. Em relação à idade dos pacientes, a média encontrava-se na sexta década de vida, em ambos os grupos; quanto ao sexo, houve predominância do sexo masculino no Grupo 1, e do sexo feminino no Grupo 2, porém, sem diferença estatística ($p=0,091$). A média de IMC foi sobrepeso, que foi similar entre os grupos ($p=0,725$). Cerca de 90% dos pacientes foram classificados como ASA I ou ASA II, e aproximadamente dois terços dos eram ASA I. No estudo, não houve participantes classificados como ASA IV ou V. Não houve diferença significativa entre os grupos quanto à detecção de adenomas.

Tabela 1. Dados gerais e demográficos.

	Grupo 1 (AC) (N= 51)	Grupo 2 (CO ₂) (N= 50)	Valor de p
Idade (anos, média $\pm$ DP)	55,63 $\pm$ 12,38	50,76 $\pm$ 13,60	0,52
Homens/Mulheres (N)	30/21	21/29	0,09
IMC (Kg/m ²) (média $\pm$ DP)	28,3 $\pm$ 4,6	26,51 $\pm$ 4,2	0,72
ASA I (N,%)	38 (74,5%)	37 (74%)	0,71
ASA II (N,%)	9 (17,6%)	8 (16%)	0,85
ASA III (N,%)	4 (7,85%)	5 (10%)	1
Detecção de adenomas (N,%)	17 (30%)	18 (36%)	0,77

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono; IMC- índice de massa corpórea; ASA- classificação de risco anestésico; DP- desvio-padrão; Kg- quilograma; m- metro.

4.2.) Consumo de sedativos

Quanto ao consumo de sedativos, conforme demonstrado na Tabela 2, não houve diferença significativa entre os dois grupos para qualquer dos três medicamentos utilizados (midazolam, meperidina e propofol).

Tabela 2. Medicamentos e doses utilizadas em mg.

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de p
	(N= 51)	(N= 50)	
Midazolam	4,15 ± 1,31	4,21± 1,51	0,71
Meperidina	34,12 ± 16,69	37,1 ± 15,35	0,59
Propofol	156,9 ± 424,8	114 ± 406,5	0,51

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono.

4.3.) Dióxido de carbono expirado (EtCO₂)

Em relação ao EtCO₂, observou-se diferença significativa na aferição cecal, sendo mais elevada no Grupo 2 (28,94 ± 4,68 mmHg vs. 26,65 ± 6,12 mmHg, p= 0,04). As medidas basal, inicial, retal saída e após 3min não apresentaram diferença estatística entre os dois grupos (Tabela 3). Em relação aos valores de EtCO₂ máximo e médio, os dois grupos mostraram-se semelhantes. Não houve ocorrência de hipercapnia (EtCO₂ > 60mmHg) durante o estudo.

Tabela 3. Dióxido de carbono expirado (EtCO₂) em diferentes momentos do procedimento, máximo e médio, em mmHg.

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de p
	(N= 51)	(N= 50)	
EtCO ₂ basal	28,55 ± 3,78	27,18 ± 3,80	0,78
EtCO ₂ inicial	27,14 ± 4,36	25,84 ± 4,85	0,38
EtCO ₂ cecal	26,65 ± 6,12	28,94 ± 4,68	0,04
EtCO ₂ retal saída	28,65 ± 4,36	31,28 ± 4,35	0,93
EtCO ₂ pós 3min final	28,33 ± 4,12	31 ± 4,54	0,60
EtCO ₂ máximo	34,86 ± 4,06	35,34 ± 4,02	0,89
EtCO ₂ médio	26,43 ± 4,23	26,82 ± 4,12	0,78

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono; EtCO₂- dióxido de carbono expirado.

4.4.) Frequências cardíaca e respiratória

Em relação às FC e FR que foram capturadas em três momentos do procedimento (basal, cecal e retal de saída), mantiveram-se dentro de valores normais e sem diferenças entre os dois grupos (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Dados de frequência cardíaca, em batimentos por minuto (bpm).

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de p
	(N= 51)	(N= 50)	
FC basal	77,43 ± 16,10	77,5 ± 14,23	0,61
FC cecal	76,98 ± 15,48	78,58 ± 16,30	0,34
FC retal saída	76,75 ± 17,08	81,9 ± 14,83	0,40

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono; FC- frequência cardíaca.

Tabela 5. Dados de frequência respiratória, em incursões respiratórias por minuto (irpm).

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de p
	(N= 51)	(N= 50)	
FR basal	16,78 ± 3,8	15,60 ± 3,59	0,65
FR cecal	19,29 ± 6,02	17,82 ± 4,34	0,09
FR retal saída	18,86 ± 4,69	18,62 ± 4,1	0,22

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono; FR- frequência respiratória.

4.5.) Volumes médios alveolares

Durante o procedimento, foram calculados os Valv min em três momentos (basal, cecal e retal de saída), observando-se que o Grupo 2 apresentou valores significativamente menores durante aferição cecal quando comparado ao grupo 1 (2027,53 ± 2818,89 L/min vs. 970,88 ± 1840,25 L/min, p= 0,009). Entretanto, os grupos mostraram-se semelhantes quanto aos valores basais e de retirada (Tabela 6).

Tabela 6. Dados de volumes médios alveolares (Valv min), em litros por minuto (L/min).

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de p
	(N= 51)	(N= 50)	
Valv min basal	3413,43 ± 3582,79	1660,56 ± 2407,68	0,06
Valv min alv cecal	2027,53 ± 2818,89	970,88 ± 1840,25	0,009
Valv min retal saída	2521,13 ± 2636,41	2139,46 ± 2973,22	0,08

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono; Valv min- volumes médios alveolares..

4.6.) Tempo de duração do exame, SpO₂ basal, ocorrência e tempo de duração da hipóxia

Em relação ao tempo de duração total do exame, o Grupo 1 apresentou média de tempo superior ao Grupo 2, porém sem diferença estatística significativa entre os dois ($p = 0,06$). Em relação aos valores de oximetria basal, os valores de SpO₂ basal de ambos os grupos mostraram-se semelhantes, com média de 98%. Quanto à ocorrência de hipóxia (SpO₂ < 90%), houve quatro episódios no Grupo 1 e dois episódios no Grupo 2. Não houve diferença estatística entre os grupos quanto ao número de episódios de hipóxia ($p = 0,67$), porém o tempo de duração dos episódios, em segundos, no Grupo 1 foram significativamente mais longos ($2,59 \pm 14,01$ s vs. $0,2 \pm 1,01$ s, $p = 0,021$). A SpO₂ basal foi semelhante nos dois grupos (Tabela 7),

Tabela 7. Dados de tempo de duração total do exame, SpO₂ basal, ocorrência e tempo de duração de hipóxia.

	Grupo 1 (AC) (N= 51)	Grupo 2 (CO ₂) (N= 50)	Valor de p
Tempo de duração total do exame (min±DP)	28,74 ± 2,53	22,78 ± 3,67	0,06
SpO ₂ basal (% ± DP)	98,14 ± 0,8	98,4 ± 0,9	0,34
Ocorrência de hipóxia (N)	4	2	0,67
Tempo de duração de hipóxia (s)	2,5 ± 14,01	0,2 ± 1,01	0,02

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono; min- minuto; DP- desvio-padrão; SpO₂- saturação de oxigênio; s- segundos.

4.7.) Hipoventilação alveolar

Ocorreram significativamente mais episódios de hipoventilação alveolar (EtCO₂ 25% acima dos valores basais) no Grupo 2 em comparação ao Grupo 1 (27 vs. 18 episódios, respectivamente) (Tabela 8).

Tabela 8. Ocorrência de hipoventilação.

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de <i>p</i>
	(N= 51)	(N= 50)	
Episódios de hipoventilação alveolar	18	27	0,05

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono.

4.8.) Escores de dor

Para avaliação da dor pós-colonoscopia, foi utilizada a EMDG em três momentos: no pós-exame imediato, 1h e 24h após o exame. A Tabela 9 apresenta estes dados: na avaliação da dor imediata após o procedimento, o Grupo 2 (CO₂) apresentou significativamente mais doentes com ausência de dor (score 1) do que o Grupo 1 (*p*= 0,05). Aproximadamente 20% dos pacientes dos dois grupos apresentaram dor mínima. Embora o Grupo 1 (AC) tenha apresentado oito participantes com dor leve (score 3) e o Grupo 2 apenas dois doentes (CO₂), não houve diferença estatística (*p*= 0,10). Três pacientes do Grupo 1 (AC) apresentaram dor moderada (score 4). No pós-exame imediato, não houve casos com score 5 de dor (forte intensidade) em nenhum dos grupos.

Na avaliação de dor uma hora após o exame, o Grupo 2 apresentou mais doentes (90%) com ausência de dor quando comparado ao Grupo 1 (72,5%), embora não tenha sido observada diferença estatística significativa ($p=0,37$). Em relação à dor mínima (escore 1), apesar de ter sido referida por dez doentes (19,6%) do Grupo 1, e por quatro pacientes (8%) do Grupo 2, também não apresentou diferença estatística ($p=0,16$). Quanto à dor leve (escore 3), dois doentes (3,9%) referiram no Grupo 1 e um doente (2%) no Grupo 2. O Grupo 2 não apresentou pacientes com dor moderada ou forte (escores 4 e 5). Por sua vez, o Grupo 1 teve dois doentes nestas classificações, sendo um com dor moderada e outro com dor forte, escores 4 e 5 respectivamente.

Na avaliação da dor após 24h da colonoscopia, a maioria (94%) dos pacientes de ambos os grupos não apresentava dor (escore 1). Dor mínima foi referida por dois doentes do grupo 1 (AC) e três doentes do grupo 2 (CO₂). Apenas um participante do grupo 1 (AC) apresentou dor leve (escore 3). Não houve casos de dor moderada ou forte (escores 4 ou 5) em nenhum dos grupos após 24h do exame.

Tabela 9. Distribuição dos escores de dor (EMDG) em diferentes momentos.

	Grupo 1	Grupo 2	
	(AC)	(CO ₂)	Valor de p
	(N= 51)	(N= 50)	
Dor Imediata			
1	29 (56,9%)	38 (76%)	0,05
2	11 (21,7%)	10 (20%)	0,87
3	08 (15,5%)	02 (4%)	0,1
4	03 (5,9%)	-	-
5	-	-	-
Dor Após 1h			
1	37 (72,5%)	45 (90%)	0,37
2	10 (19,6%)	04 (8%)	0,16
3	02 (3,9%)	01 (2%)	0,56
4	01 (2%)	-	-
5	01 (2%)	-	-
Dor Após 24h			
1	48 (94,1%)	47 (94%)	0,91
2	02 (3,9%)	03 (6%)	0,65
3	01(2%)	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-

AC- ar comprimido; CO₂- dióxido de carbono.

5.) DISCUSSÃO

Nas últimas décadas, a colonoscopia sedimentou-se como um procedimento indispensável na investigação e manejo das doenças colorretais. Dentre as diferentes indicações para realização de colonoscopias, certamente destaca-se o rastreamento do CCR a partir dos 45 anos de idade. O aumento da longevidade e da qualidade de vida está associado a maiores índices de CCR. No mundo, o CCR figura como uma das neoplasias malignas mais frequentes, sendo importante causa de morbimortalidade e custos socioeconômicos elevados. A remoção de pólipos adenomatosos durante a colonoscopia mostrou-se eficaz para a prevenção e diminuição da mortalidade por CCR. É esperado que o volume de colonoscopias mantenha-se elevado ao longo do tempo principalmente em decorrência do rastreamento do CCR, mas também por outras indicações que utilizam a colonoscopia na sua rotina diagnóstica e terapêutica, tais como moléstia diverticular dos cólons, doenças inflamatórias intestinais e colite isquêmica.

Embora seja considerada segura, a colonoscopia é um procedimento invasivo que pode apresentar complicações. Ainda que a taxa destas seja baixa, elas frequentemente ocorrem nos grandes serviços de endoscopia devido ao volume de procedimentos realizados. Nos Estados Unidos, por exemplo, são realizadas cerca de 19 milhões de colonoscopias por ano. Em um estudo norte-americano recente sobre questões médico-legais, Patel et al.⁹³ observaram que a Gastroenterologia aparece como a sexta especialidade médica mais acionada legalmente, com cerca de 13% destes profissionais enfrentando processos anualmente. O mesmo estudo relata que temas relacionados à colonoscopias são a principal razão pela qual os gastroenterologistas norte-americanos são processados legalmente, sendo as principais causas o diagnóstico e tratamento tardio das complicações, negligência no intraprocedimento e falha para conduzir o caso.

Embora a colonoscopia seja um procedimento invasivo com possibilidade de eventos adversos, e associada a elevados custos econômicos, ela permanece como o melhor exame para avaliação da maioria das doenças colorretais. Há diferentes áreas referentes à colonoscopia a serem exploradas e aperfeiçoadas, trazendo maior conhecimento, benefício e segurança na prática diária. Dentre estes campos que necessitam de constante melhora, estão a segurança e o conforto do paciente. E o presente estudo teve por objetivo avaliar a CapV e a insuflação de CO₂ na colonoscopia.

Até o momento, não temos ciência de publicações anteriores acerca do uso da CapV durante a realização de colonoscopias. Ainda que o uso de insuflação com CO₂ para realização de exames endoscópicos tenha sido motivo de número relevante de publicações internacionais, no Brasil, este tema foi pouco explorado. Temos conhecimento apenas do estudo de De-Quadros et al.⁹⁴ sobre o uso da insuflação de CO₂ em colonoscopias, realizado em 2017. Com grande satisfação, a empresa BIOCAM®, na pessoa do engenheiro-proprietário Sr. Rogério Ulbrich, nos deu a oportunidade de desenvolver em parceria o protótipo do sistema insuflador de CO₂, por meio de um fluxômetro de precisão, calibrado e programado para fornecimento de CO₂ a baixas pressões, evitando assim lesões causadas por barotrauma e também danos aos aparelhos endoscópicos. Após o desenvolvimento e aperfeiçoamento do protótipo no nosso serviço, ele foi patenteado e deu origem ao produto comercial SICO. Atualmente, o insuflador de CO₂ está na segunda geração de produto (SICO 2) e tem recebido boa aceitação no mercado nacional.

Este estudo foi realizado na Unidade de Endoscopia Digestiva do GASTROCENTRO/Unicamp, serviço universitário de complexidade terciária com grande volume de procedimentos. A maioria dos estudos publicados nesta área se refere a pacientes submetidos a colonoscopia para rastreamento do CCR. Infelizmente, no Brasil, a população geral tem difícil acesso à colonoscopia, mesmo para investigação de casos sintomáticos. No país, temos apenas programas pontuais

de prevenção ao CCR, destacando-se o Programa de Prevenção do Câncer de Intestino da UNICAMP, que abrange todos os funcionários e docentes da universidade maiores de 50 anos, tendo o estudo iniciado em 2012. Os pacientes incluídos em nosso estudo foram submetidos à colonoscopia para investigação de sinais e sintomas como dor abdominal e/ou alteração do hábito intestinal, anemia, sangramento intestinal, e aqueles com forte suspeita de CCR familiar ou polipose adenomatosa familiar, além de seguimento de doentes com doença inflamatória intestinal, pólipos ou CCR, e com pesquisa de sangue oculto positivo nas fezes.

Da mesma forma, as colonoscopias incluídas em nossa pesquisa foram realizadas pelos endoscopistas da rotina assistencial, um grupo heterogêneo composto por médicos residentes em diferentes estágios de formação e médicos assistentes também com graus variados de experiência. Durante o planejamento da pesquisa, optamos por não alterar a rotina assistencial durante a realização do estudo, pois acreditamos que assim os resultados traduzem melhor a realidade dos centros de treinamento brasileiros. Acreditamos que nossa pesquisa possa contribuir de forma significativa com dados de segurança e conforto em colonoscopia.

Os dois grupos estudados foram comparáveis quanto aos dados gerais e demográficos. Quanto à faixa etária, ambos os grupos apresentaram média de idade na sexta década, semelhante ao estudo de Cadoni et al.⁹⁵, cuja média de idade foi de 58 anos. Entretanto, nos estudos de Hsu et al.⁶¹ e de De-Quadros et al.⁹⁴, os pacientes do grupo com insuflação de CO₂ eram mais jovens, enquanto Garborg et al.⁹⁶, em um estudo multicêntrico, randomizado e controlado com 473 participantes comparando o uso de CO₂ e água em colonoscopias, observaram média de idade na sétima década. Quanto ao IMC, nossos doentes, em média, apresentavam sobrepeso (IMC entre 25 e 30kg/m²), o que é compatível com a Pesquisa Nacional em Saúde do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizada em 2019⁹⁷, onde 60,3% da população brasileira se encontrava acima do peso ideal. No estudo de Garborg et al.⁹⁶, a média dos pacientes também apresentavam-se com sobrepeso,

semelhante a nossa casuística. Nos trabalhos realizados no Oriente, a maioria dos pacientes era eutrófico, como observamos no trabalho randomizado, controlado e duplo-cego de Hsu et al.⁹⁸ para avaliar o uso de CO₂ em colonoscopias, cujo IMC médio dos doentes foi de 24kg/m². Em relação à classificação de risco anestésico ASA, cerca de 90% dos participantes do estudo era de baixo risco (I ou II), o que é um dado alinhado com o perfil de pacientes submetidos à colonoscopia em regime ambulatorial, como é realizado no GASTROCENTRO/Unicamp. Por outro lado, os doentes com elevado risco para complicações clínicas e anestésicas necessitam da realização de colonoscopia em regime de internação.

Todos os participantes do estudo foram submetidos à administração contínua de O₂ suplementar 2L/min, que foi iniciada minutos antes da sedação. A sedação para colonoscopia traz conforto ao paciente, porém tem potencial de complicações, sendo a mais importante a hipóxia. Sociedades médicas norte-americanas de Anestesiologia e Endoscopia (ASA e ASGE - *American Society for Gastrointestinal Endoscopy*, respectivamente) sugerem que a suplementação de O₂ deva ser considerada para procedimentos sob sedação moderada, e obrigatória nos casos de sedação profunda. Porém, não há consenso em que momento e sob quais parâmetros deve ser realizado fornecimento de O₂ na rotina endoscópica, explicando a heterogeneidade de condutas em diferentes unidades de endoscopia. Da mesma forma, não há evidências que demonstrem redução das complicações cardiopulmonares pela suplementação de O₂. Entretanto, há relatos de que a pré-oxigenação diminua a ocorrência de hipóxia. Em estudo recente, Kim et al.⁹⁹ demonstraram que a pré-oxigenação com 2L/min de O₂ por apenas um minuto antes da sedação diminuiu significativamente a ocorrência de hipóxia.

Riccio et al.¹⁰⁰, em um estudo sobre colonoscopias em obesos mórbidos, verificaram que a pré-oxigenação com cateter nasal de alto fluxo (60L/min) não evitou mais episódios de hipóxia de forma significativa do que o cateter nasal de baixo fluxo (4L/min), com taxa média de dessaturação em torno de 40% nos dois grupos. Em

nosso estudo, apesar da pré-oxigenação e administração contínua de O₂, houve seis episódios de hipóxia, sendo quatro no Grupo 1 e dois no Grupo 2. Apesar de não haver diferença entre o número de episódios de hipóxia entre os dois grupos, o primeiro apresentou significativamente episódios mais longos. Ainda que não haja relação direta, podemos inferir que estes pacientes do Grupo 1, no momento da retirada do aparelho, possam ter demonstrado sinais de desconforto mais acentuados devido ao AC residual, induzindo a administração mais vigorosa de sedativos pela equipe assistente, causando depressão respiratória com episódios mais longos de hipóxia.

Em nosso estudo, os pacientes do Grupo 2 foram submetidos a colonoscopia com insuflação de CO₂ durante todo o exame, tanto na inserção quanto na retirada do aparelho. Há controvérsias quanto aos benefícios do uso de CO₂ para distensão do lúmen intestinal durante a inserção do colonoscópio, sendo reconhecido seu maior benefício na retirada do aparelho, pois o CO₂ luminal é rapidamente difundido aos tecidos, gerando menor quantidade de gás residual nos segmentos colorretais que, por sua vez, causa menos distensão e dor em cólica. O desconforto abdominal durante a inserção do colonoscópio ocorre pelo estiramento do mesentério e pela distensão luminal pelos gases insuflados, sendo mais frequente em colonoscopias difíceis uma vez que a inserção tende a ser mais demorada.

Yamano et al.⁶⁰, em um estudo randomizado com 120 pacientes, demonstraram benefícios do uso de CO₂ para insuflação do lúmen intestinal durante a inserção do aparelho em colonoscopias sem sedação quando comparado ao AC; o grupo que utilizou CO₂ apresentou significativamente menor tempo de intubação cecal e menores escores de dor ao atingir o ceco. Entretanto, em outro estudo também randomizado e controlado envolvendo 196 doentes submetidos a colonoscopia sem sedação, Chen et al.¹⁰¹ relataram que o uso de CO₂ durante a inserção do colonoscópio não reduziu os escores de dor quando comparado ao uso de AC. Da mesma forma, Cadoni et al.¹⁰² em um estudo prospectivo multicêntrico com 624

participantes avaliando diferentes métodos para inserção do colonoscópio com sedação sob demanda, concluíram que o uso de CO₂ não diminuiu significativamente a dor durante a entrada do aparelho, ao contrário dos métodos que utilizam água para inserção (infusão pré-colonosopia ou infusão intraprocedimento), que apresentaram menores índices de dor durante a intubação cecal. Vale mencionar que diferentes estudos ¹⁰²⁻¹⁰⁴ ao longo dos anos descreveram benefícios do uso de métodos que usam apenas água para a inserção do colonoscópio, em vez de insuflação gasosa.

Em nossa pesquisa, optamos pela insuflação de CO₂ durante todo o procedimento por diferentes motivos, incluindo o uso experimental mais intenso do protótipo do insuflador de CO₂ e o oferecimento de maior conforto aos doentes, uma vez que muitos dos exames de maior complexidade técnica são realizados por médicos endoscopistas em formação, que ainda não dominam completamente as técnicas de inserção do aparelho. Como os pacientes estavam sedados, não avaliamos o grau de dor na inserção do colonoscópio. Também optamos pelo uso contínuo do CO₂ para avaliar os resultados da capnografia volumétrica, uma vez que a sua rápida absorção no lúmen intestinal pelos tecidos poderia aumentar os níveis séricos e respiratórios de CO₂, podendo ocasionar complicações respiratórias.

Conhecemos apenas dois trabalhos, realizados pelo mesmo grupo, que avaliaram de forma aprofundada as alterações respiratórias do CO₂ expirado em colonoscopias realizadas com insuflação de CO₂. Em 2002, Bretthauer et al. ¹⁰⁵ publicaram estudo randomizado controlado sem sedação, e não observaram aumento significativo do EtCO₂ em 121 doentes submetidos a colonoscopia com insuflação de CO₂ em relação a 119 pacientes com insuflação de AC. Em 2005, o mesmo grupo publicou outro estudo randomizado, controlado e duplo-cego, observando leve aumento nos níveis de EtCO₂ em 52 pacientes submetidos a colonoscopia com sedação, o que não foi observado em 51 pacientes não-sedados ⁷².

Em relação à sedação na colonoscopia, a maioria absoluta dos exames é realizada com sedação, ainda que não haja um protocolo rígido no serviço para a

administração dos medicamentos, sendo decididos pelos médicos endoscopistas responsáveis pelo procedimento, uma vez que não dispomos de médicos anesthesiologistas. Após a pré-oxigenação, é realizada aplicação de midazolam minutos antes do exame, e durante o procedimento aplicam-se propofol e meperidina, em bolus, conforme a necessidade. Uma vez que o uso da insuflação de CO₂ produz menos distensão e menor quantidade de ar residual, poderíamos supor menor consumo de medicamentos sedativos no Grupo 2. Entretanto, em nosso estudo, não houve diferença entre os grupos em relação ao uso de sedativos e suas doses, assim como no estudo randomizado, controlado e duplo-cego de Kim et al.¹⁰⁶ envolvendo 215 doentes submetidos a exames duplos (endoscopia digestiva alta seguida de colonoscopia).

Já no estudo de Bretthauer et al.¹⁰⁵, utilizando sedação de acordo com a demanda dos pacientes, observou-se que os doentes do grupo de insuflação do CO₂ usaram significativamente menor quantidade de sedativos, quando comparados aos doentes do grupo de insuflação com AC, assim como no estudo de Amato et al.¹⁰⁷, comparando diferentes técnicas para realização de colonoscopia com sedação. Na literatura médica, existem dados conflitantes em relação ao uso de CO₂ para insuflação e o consumo de sedativos, o que pode ser explicado não apenas pelos diferentes delineamentos dos estudos, mas também pela heterogeneidade do modo de uso das drogas sedativas nos diferentes serviços.

Na maioria dos serviços de endoscopia digestiva que utiliza sedação na sua rotina, são usadas combinações de diferentes drogas sedativas com objetivo de proporcionar conforto ao paciente e ao médico executante. Entretanto, uma das complicações da sedação é a depressão respiratória, caso inadvertidamente sejam atingidos níveis de sedação profunda ou mesmo anestesia geral^{26,108}. Freeman et al.¹⁰⁹ publicaram o primeiro relato que a oximetria de pulso pode não detectar a hipoventilação em exames endoscópicos, sendo melhor identificada pelo aumento dos níveis de CO₂, conforme confirmaram estudos posteriores^{33,80}. Seus níveis arteriais

são o padrão-ouro para análise da sua pressão arterial parcial (paCO_2), porém a coleta arterial é complexa, invasiva e de alto custo. O uso de amostra arterial para avaliação de gases durante exames endoscópicos foi realizado apenas no trabalho de Luigiano et al.⁶⁹.

A elevação dos níveis de CO_2 no sangue e nos alvéolos decorrente da hipoventilação podem ser detectadas pela Cap transcutânea ou respiratória, com boa correlação com a paCO_2 ^{90,110}. Além da hipoventilação alveolar como causa de elevação do EtCO_2 , existe a hipótese na qual a rápida absorção intestinal do CO_2 insuflado durante a colonoscopia poderia aumentar seus níveis. Em nosso estudo, avaliamos o EtCO_2 por meio de CapV . Os valores de EtCO_2 médio foram semelhantes nos dois grupos estudados, assim como os valores de EtCO_2 máximo também não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Nenhum grupo teve doente com hipercapnia ($\text{pCO}_2 > 60\text{mmHg}$), valendo ressaltar que as médias dos valores de EtCO_2 mantiveram-se em níveis bastante seguros. Dos diferentes trabalhos que avaliamos na elaboração desta tese, o único relato de ocorrência de hipercapnia em colonoscopia foi no estudo de Diez-Redondo et al.⁷¹, no qual um paciente do grupo de CO_2 apresentou hipercapnia, porém sem repercussão clínica.

Os dados de EtCO_2 de ambos os grupos foram comparados em diferentes momentos, não havendo diferença significativa em quatro instantes: basal, início do procedimento, retal de saída e 3min após a retirada do aparelho. O instante cecal da colonoscopia foi o único momento no qual houve diferença significativa de EtCO_2 : os pacientes do Grupo 2 apresentaram média significativamente maior de EtCO_2 do que o Grupo 1. É possível que neste último grupo, ainda que sedado, possa ter tido mais hiperventilação devido a maior grau de dor na inserção do aparelho, ocasionando valores significativamente menores de EtCO_2 . O instante cecal corresponde ao final da inserção do aparelho de colonoscopia na porção mais proximal do intestino grosso, sendo uma etapa dolorosa, e certamente, a tecnicamente mais difícil do procedimento, momento a partir do qual será iniciada a retirada do aparelho.

Não houve diferença significativa dos registros das frequências respiratória e cardíaca entre os dois grupos. Ainda que os doentes do Grupo 2 tenham sido submetidos a insuflação de CO₂ durante toda a colonoscopia, não houve elevação significativa ou patológica da EtCO₂. Poucos estudos avaliando EtCO₂ em colonoscopia foram publicados na literatura. Nos estudos de Bretthauer et al.^{105,106}, o uso de CO₂ durante colonoscopias para insuflação do lúmen intestinal não aumentou significativamente o EtCO₂ quando comparado ao uso de AC. Os mesmos autores também observaram que pacientes sedados durante a colonoscopia apresentaram aumento discreto do EtCO₂, quando comparados aos não-sedados. E Chao et al.¹¹¹ observaram níveis de EtCO₂ significativamente maiores em pacientes com estágio de sedação profunda, independente do método de insuflação durante a colonoscopia. Na literatura, está bem estabelecido que a sedação durante exames endoscópicos possa ocasionar hipoventilação e hipóxia, alterando a pCO₂ e outros parâmetros metabólicos¹¹². E devemos salientar que os dois grupos do nosso estudo consumiram drogas sedativas de forma semelhante, favorecendo a interpretação dos dados de EtCO₂.

Para avaliação da dor pós-colonoscopia, utilizamos a EMDG⁹² em três momentos: no pós-exame imediato, 1h e 24h após o exame. Uma vez que todos os doentes foram sedados, não avaliamos a dor durante o procedimento. Dentre diferentes parâmetros de qualidade em colonoscopia, a avaliação da satisfação do paciente, ainda não foi bem estabelecida. Ko et al.¹¹³ observaram que o conforto durante a colonoscopia aumenta a satisfação dos pacientes e aderência nos procedimentos futuros. A avaliação da dor na colonoscopia é complexa, sendo a relação entre a experiência da dor e sua lembrança de difícil interpretação. Estudos sugerem que a lembrança da dor do paciente tem maior relação com o pico de dor máxima e a dor ao final do procedimento, diminuindo ao longo do tempo^{114,115}. A EMDG, embora não tenha sido formalmente validada, é rotineiramente usada para avaliação da dor intra e pós-procedimento por sua facilidade de aplicação. Em nosso estudo, o maior benefício da insuflação com CO₂ foi imediatamente pós-exame; não

houve diferença entre os grupos em relação ao escore de dor mínima, imediatamente após o exame e na avaliação após uma hora.

Sajid et al.⁶² publicaram meta-análise de 21 trabalhos randomizados e controlados envolvendo 3.607 participantes, comparando insuflação com CO₂ e AC durante colonoscopias. A insuflação com CO₂ foi associada a menos dor durante o procedimento em nove estudos (OR 0,5; 95% IC; 0,3-0,84); após uma hora, em sete (OR 0,24; 95% IC; 0,07-0,85); após seis horas, em nove (OR 0,25; 95% IC; 0,11-0,55) e após 24h pós-procedimento, em oito estudos (OR 0,42; 95% IC; 0,23-0,77). Ainda que nossos dados não tenham demonstrado significância estatística na avaliação da dor uma hora pós-colonoscopia, estudos na literatura têm demonstrando que a insuflação com CO₂ nas colonoscopias está associada a menos dor uma hora pós-procedimento, quando comparada à insuflação com AC^{60,73,106,116}.

Em concordância com nossos resultados, Díez-Redondo et al.⁷³ também demonstraram que o grupo de doentes que realizaram colonoscopia com insuflação de CO₂ teve significativamente menos dor que o grupo com AC imediatamente após o exame, não observando diferença entre os grupos nos escores de dor após 24h pós-procedimento. Nesta mesma publicação, os pacientes do grupo CO₂ relataram menos dor uma, três e seis horas após o exame. Ainda que o maior benefício do CO₂ na percepção da dor pareça ocorrer na primeira hora, a maioria dos estudos demonstra algum benefício até 6h pós-procedimento. Na avaliação da dor 24h após, os estudos são controversos quanto ao benefício da insuflação com CO₂, embora haja estudos relatando menores escores de dor^{53,73,106}.

Em nosso estudo, também avaliamos os Valv min, que corresponde ao volume de ar entrando e saindo dos alvéolos durante um minuto, em três instantes: basal, cecal e retal de saída. O Valv min não inclui a ventilação do espaço morto anatômico, pois não ocorrem trocas gasosas. A ventilação alveolar é a modalidade de ventilação mais importante uma vez que ela avalia a troca de gases entre o alvéolo e o ambiente externo, aferindo a quantidade real de O₂ que entra no corpo de CO₂ que sai.

Observou-se que nos instantes basal e retal de saída, o Grupo 1 apresentou valores de Valv min maiores que o Grupo 2, porém sem atingir significância estatística; no instante cecal, esta diferença foi estatisticamente significativa. Portanto, podemos inferir que houve maior ventilação alveolar no Grupo 1 durante o instante cecal, ou seja, houve maior troca de ar nos alvéolos pulmonares nestes pacientes, eliminando CO_2 mais rapidamente. Em condições fisiológicas, o aumento da ventilação alveolar pode ocorrer em decorrência do aumento da pCO_2 , que por sua vez diminui o pH e gera hiperventilação. Quanto maior a ventilação alveolar, maior a troca gasosa e a eliminação de CO_2 . De fato, o Grupo 1 apresentou valores de EtCO_2 significativamente menores que o Grupo 2.

Não é conhecido estudo que tenha usado a CapV em colonoscopia para comparar com os nossos dados. Podemos formular a hipótese que a insuflação com AC tenha gerado mais dor durante a colonoscopia, causando hiperventilação e, portanto, maiores valores de Valv min e maior eliminação de CO_2 . A CapV detectou significativamente menos episódios de hipoventilação alveolar no Grupo 1, quando comparado ao Grupo 2. Nosso estudo foi a primeira avaliação prospectiva do uso do insuflador de CO_2 SICO® e da CapV. Em concordância com a literatura, a insuflação com CO_2 mostrou-se superior à insuflação com AC e a CapV forneceu informações gráficas da atividade respiratória a cada ciclo inspiração/expiração. Além de avaliar a frequência respiratória com acurácia, detectou episódios de hipoventilação alveolar em aproximadamente 35% dos procedimentos do estudo. Seis destes pacientes (quatro do Grupo 1 e dois do Grupo 2) evoluíram para hipóxia em menos de 90s, sendo então detectados pela oximetria de pulso. Este fato demonstra como a oximetria de pulso não pode ser usada como um marcador de hipoventilação alveolar, uma vez que esta pode ocorrer com spO_2 normal. Vargo et al.³⁵ relataram ocorrência de hipoventilação alveolar em 54% das EDAs, uma frequência ainda maior do que no nosso estudo.

A CapV tem diversas vantagens em relação à Cap transcutânea (cálculo do espaço morto, recrutamento pulmonar, cálculo do PEEP ideal, avaliação prognóstica

de lesões pulmonares agudas e diagnóstico de pneumopatias), mas que não puderam ser aplicadas neste estudo, pois os doentes não estavam em ventilação mecânica e não apresentavam doenças respiratórias graves. A CapV pode ser ainda muito útil para a realização de colonoscopias em pacientes internados com comorbidades significativas e/ou em estado grave. Além da disponibilidade do capnógrafo, existem outras dificuldades como a obtenção de amostras de gases expirados, interpretação dos capnogramas e treinamento de pessoal. Certamente, mais estudos são necessários para identificar sua utilidade na rotina endoscópica.

Não há dúvida que a segurança do paciente seja um ponto fundamental nos procedimentos invasivos, como é o caso dos exames endoscópicos. Existe interesse permanente na pesquisa e desenvolvimento de técnicas que diminuam as complicações decorrentes de colonoscopia. Nosso estudo inédito demonstrou a dinâmica ventilatória durante a colonoscopia por meio da capnografia volumétrica, que se mostrou capaz de aumentar a segurança do procedimento. O uso do CO₂ para insuflação durante colonoscopia foi capaz de gerar menos dor pós-colonoscopia, ao mesmo tempo que se demonstrou seguro, pois não houve complicação respiratória decorrente de seu uso. Ainda que haja embasamento teórico-prático que justifique adoção do uso rotineiro da capnografia para monitoração respiratória durante colonoscopia, o uso específico da capnografia volumétrica na rotina colonoscópica ainda permanece incerto devido ao elevadíssimo custo de equipamento e alta complexidade para interpretação de dados. São necessários mais estudos para definição das indicações, vantagens e desvantagens do uso da capnografia volumétrica durante colonoscopia.

6.) CONCLUSÕES

- Em nosso estudo, o uso da capnografia volumétrica durante a colonoscopia foi factível e eficaz para monitorar parâmetros ventilatórios e para detectar complicações respiratórias;
- Os dois grupos foram semelhantes quanto à idade e sexo; houve um predomínio de indivíduos com sobrepeso; e a maioria foi classificada como ASA I e ASA II;
- Também não houve diferença significativa quanto ao tempo de duração do exame e consumo de medicamentos sedativos. O uso de CO₂ para insuflação da colonoscopia foi associado com menos dor imediatamente após o procedimento;
- Observou-se no grupo com insuflação de CO₂, um EtCO₂ mais elevado na aferição cecal, ocorrência de maior número de episódios de hipoventilação alveolar, além de maior tempo de duração dos episódios de hipóxia. Não houve diferença significativa nos outros parâmetros respiratórios avaliados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Edmondson JM. History of the instrument for gastrointestinal endoscopy. *Gastrointest Endosc.* 1991; 37: 27-56.
- 2) Modlin IM. *A Brief History of Endoscopy.* Milan. Nexthealth, 1999.
- 3) Villardell F. *Digestive Endoscopy in the Second Millenium.* Stuttgart: Thieme, 2006.
- 4) Hirschowitz BI. A personal history of the fiberscope. *Gastroenterology.* 1979; 76(4): 39-41.
- 5) Gravestain JS, Jaffe MB, Paulus DA. *Capnography: clinical aspects.* Cambridge: Cambridge University Press. 2004.
- 6) Neugut AI and Forde KA. Screening colonoscopy: has the time come? *Am J Gastroenterol.* 1988; 83(3): 295-7.
- 7) Johnson DA, Gurney MS, Volpe RJ, Jones DM, VanNess MM, Chobanian SJ, et al. A prospective study of the prevalence of colonic neoplasms in asymptomatic patients with an age-related risk. *Am J Gastroenterol.* 1990; 85(8): 969-74.
- 8) Rex D, Lehman G, Hawes RH, Ulbright T, Smith J. Screening colonoscopy in average-risk persons with negative occult blood tests. *Gastroenterology.* 1991; 100(1): 64-7.
- 9) Byers T, Levin B, Rothenberger D, Dodd GD, Smith RA. American Cancer Society guidelines for screening and surveillance for early detection of colorectal polyps and cancer: update 1997. American Cancer Society Detection and Treatment Advisory Group on Colorectal Cancer. *CA Cancer J Clin.* 1997; 47(3): 154-60.

- 10) Rex DK, Johnson DA, Lieberman DA, Burt RW, Sonnenberg A. Colorectal cancer prevention 2000: Screening recommendations of the American College of Gastroenterology. *Am J Gastroenterol*. 2000; 95(4): 868-77.
- 11) Brenner H, Hoffmeister M, Stegmaier C, Brenner G, Altenhofen L, Haug U. Risk of progression of advanced adenomas to colorectal cancer by age and sex: estimates based on 840149 screening colonoscopies. *Gut*. 2007; 56(11): 1585-9.
- 12) Regula J, Rupinski M, Kraszewska E, Polkowski M, Pachlewski J, Orlowska J, et al. Colonoscopy in colorectal-cancer screening for detection of advanced neoplasia. *New Engl J Med*. 2006; 355(18): 1863-72.
- 13) Rex DK. Colonoscopy: a review of its yield for cancers and adenomas by indication. *Am J Gastroenterol*. 1995; 90(3): 353-65.
- 14) MS / INCA / Estimativa de Câncer no Brasil, 2020; MS / INCA / Coordenação de Prevenção e Vigilância / Divisão de Vigilância e Análise de Situação; <https://www.inca.gov.br/numeros-de-cancer>.
- 15) Winawer SJ, Zauber AG, Ho MN, O'Brien MJ, Gottlieb LS, Sternberg SS, et al. Prevention of colorectal cancer by colonoscopic polypectomy. *N Engl J Med*. 1993; 329(27): 1977-81.
- 16) Mandel JS, Church TR, Bond JH, Ederer F, Geisser MS, Mongin SJ, et al. The effect of fecal occult-blood screening on the incidence of colorectal cancer. *N Engl J Med*. 2000; 343(22): 1603-7.
- 17) Levin B, Lieberman DA, MacFarland B, Smith RA, Brooks D, Andrews KS, et al. Screening and surveillance for early detection of colorectal

- cancer and adenomatous polyps, 2008: a joint guideline from the American Cancer Society, the US Multi-Society Task Force on Colorectal Cancer, and the American College of Radiology. *Gastroenterology*. 2008; 134(5): 1570-95.
- 18) Lang CA, Ransohoff DF. Fecal occult blood screening for colorectal cancer. Is mortality reduced by chance selection for screening colonoscopy? *JAMA*. 1994; 271(13): 1011-13.
 - 19) Thiis-Evensen E, Hoff GS, Sauar J, Langmark F, Majak BM, Vatn MH. Population based surveillance by colonoscopy: effect on the incidence on colorectal cancer. Telemark Polyp Study I. *Scand J Gastroenterol*. 1999; 34(4): 414-20.
 - 20) Muller AD, Sonnenberg A. Prevention of colorectal cancer by flexible endoscopy and polypectomy: a case-control study of 32,702 veterans. *Ann Intern Med*. 1995; 123(12): 904-10.
 - 21) Singh H, Turner D, Xue L, Targownik LE, Mernstein CH. Risk of developing colorectal cancer following a negative colonoscopy examination. *JAMA*. 2006; 295(20): 2366-73.
 - 22) Nelson DB, McQuaid KR, Bond JH, Lieberman DA, Weiss DG, Johnston TK, et al. Procedural success and complications of large-scale screening colonoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2002; 55(3): 307-14.
 - 23) Cohen LB, Wechsler JS, Gaetano JN, Benson AA, Miller KM, Durkalski V, et al. Endoscopic sedation in the United States: results from a nationwide survey. *Am J Gastroenterol*. 2006; 101(5): 967-74.

- 24) Froehlich F, Harris JK, Wietlisbach V, Burnand B, Vader JP, Gonvers JJ. Current sedation and monitoring practice for colonoscopy: an International Observational Study (EPAGE). *Endoscopy*. 2006; 38(5): 461-9.
- 25) Gross JB, Bailey PL, Connis RT, Coté CJ, Davis FG, Epstein BS, et al. Practice guidelines for sedation and analgesia by non-anesthesiologists. *Anesthesiology*. 2002; 96(4): 1004-17.
- 26) Patel S, Vargo JJ, Khandwala F, Lopez R, Trolli P, Dumot JA, et al. Deep sedation occurs frequently during elective endoscopy with meperidin and midazolam. *Am J Gastroenterol*. 2005; 100(12): 2689-95.
- 27) Rex DK, Overley CA, Walker J. Registered nurse-administered propofol sedation for upper endoscopy and colonoscopy: Why? When? How? *Rev Gastroenterol Disord*. 2003; 3(2): 70-80.
- 28) Riphaus A, Gstettenbauer T, Frenz MB, Wehrmann T. Quality of psychomotor recovery after propofol sedation for routine endoscopy: a randomized and controled study. *Endoscopy*. 2006; 38(7): 677-83.
- 29) Rex DK, Heuss LT, Walker JA, Qi R. Trained registered nurses/endoscopy teams can administer propofol safely for endoscopy. *Gastroenterology*. 2005; 129(5): 1384-91.
- 30) Sharma VK, Nguyen CC, Crowell MD, Lieberman DA, De Garmo P, Fleischer DE. A national study of cardiopulmonary effects unplanned events after GI endoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2007; 66(1): 27-34.

- 31) Zhao S, Deng XL, Wang L, Ye JW, Liu ZY, Huang B, et al. The impact of sedation on quality metrics of colonoscopy: a single-center experience of 48,838 procedures. *Int J Colorectal Dis.* 2020; 35(6): 1155-61.
- 32) Holm C, Rosenberg J. Pulse oximetry and supplemental oxygen during gastrointestinal endoscopy: a critical review. *Endoscopy.* 1996; 28(8): 703-11.
- 33) Pedersen T, Nicholson A, Hovhannisyan K, Moller AM, Smith AF, Lewis SR. Pulse oximetry for perioperative monitoring. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014; CD002013.
- 34) Lightdale JR, Goldmann DA, Feldman HA, Newburg AR, DiNardo JA, Fox VL. Microstream capnography improves patient monitoring during moderate sedation: a randomized controlled trial. *Pediatrics.* 2006; 117(6): e170-8.
- 35) Vargo JJ, Zuccaro G Jr, Dumot JA, Conwell DL, Morrow JB, Shay SS. Automated graphic assessment of respiratory activity is superior to pulse oximetry and visual assessment for the detection of early respiratory depression during therapeutic upper endoscopy. *Gastrointest Endosc.* 2002; 55(7): 826-31.
- 36) Lam T, Nagappa M, Wong J, Singh M, Wong D, Chung F. Continuous pulse oximetry and capnography monitoring for postoperative respiratory depression and adverse events: a systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg.* 2017; 125(6): 2019-29.
- 37) Bhavani-Shankar K, Phillip JH. Defining segments and phases of a time capnogram. *Anesth Analg.* 2000; 91(4): 973-7.

- 38) Bhavani-Shankar K, Kumar AY, Moseley H, Hallsworth RA. Terminology and the current limitations of time capnography. *J Clin Monit.* 1995; 11(3): 175-82.
- 39) Arrowsmith JB, Gerstman BB, Fleischer DE, Benjamin SB. Results from the American Society for Gastrointestinal Endoscopy/U.S. Food and Drug Administration collaborative study on complication rates and drug use during gastrointestinal endoscopy. *Gastrointest Endosc.* 1991; 37(4): 421-7.
- 40) Suarez-Sipmann F, Bohm SH, Tusman G. Volumetric capnography: the time has come. *Curr Opin Crit Care.* 2014; 20(3): 333-9.
- 41) Verscheure S, Massion PB, Verschuren F, Damas P, Magder S. Volumetric capnography: lessons from the past and current clinical applications. *Crit Care.* 2016; 20(1): 184.
- 42) Jaffe MB, Orr JA. Continuous monitoring of respiratory flow and CO₂: challenges of on-airway measurements. *IEEE Eng Med Biol Mag.* 2010; 29(2): 44-52.
- 43) Severinghaus JW, Stupfel M. Alveolar dead space as an index of distribution of blood flow in pulmonary capillaries. *J Appl Physiol.* 1957; 10(3): 335-48.
- 44) Nassar BS, Schmidt GA. Capnography during critical illness. *Chest.* 2016; 149(2): 576-85.
- 45) McSwain SD, Hamel DS, Smith PB, Gentile MA, Srinivasan S, Meliones JN, et al. End-tidal and arterial carbon dioxide measurements correlate

- across all levels of physiologic dead space. *Respir Care*. 2010; 55(3): 288-93.
- 46) Suter PM, Fairley B, Isenberg MD. Optimum end-expiratory airway pressure in patients with acute pulmonary failure. *N Engl J Med*. 1975; 292(6): 284-9.
- 47) Böhm SH, Maisch S, von Sandersleben A, Thamm O, Passoni I, Martinez Arca J, et al. The effects of lung recruitment on the phase III slope of volumetric capnography in morbidly obese patients. *Anesth Analg*. 2009; 109(1): 151-9.
- 48) Lucangelo U, Bernabè F, Vatua S, Degraffi G, Villagrà A, Fernandez R, et al. Prognostic value of different dead space indices in mechanically ventilated patients with acute lung injury and ARDS. *Chest*. 2008; 133(1): 62-71.
- 49) Almeida-Junior AA, da Silva MT, Almeida CC, Ribeiro JD. Relationship between physiologic dead space / tidal volume ratio and gas exchange in infants with acute bronchiolitis on invasive mechanical ventilation. *Pediatr Crit Care Med*. 2007; 8(4): 372-7.
- 50) Tusman G, Groisman I, Fiolo FE, Scandurra A, Arca JM, Krumrick G, et al. Noninvasive monitoring of lung recruitment maneuvers in morbidly obese patients: the role of pulse oximetry and volumetric capnography. *Anesth Analg*. 2014; 118(1): 137-44.
- 51) Qi GS, Gu WC, Yang WL, Xi F, Wu H, Liu JM, et al. The ability of volumetric capnography to distinguish between chronic obstructive

- pulmonary disease patients and normal subjects. *Lung*. 2014; 192(5): 661-8.
- 52) Verschuren F, Liistro G, Coffeng R, Thys F, Roeseler J, Zech F, et al. Volumetric capnography as a screening test for pulmonary embolism in the emergency department. *Chest*. 2004; 125(3): 841-50.
- 53) Stevenson GW, Wilson JA, Wilkinson J, Norman G, Goodacre RL. Pain following colonoscopy: elimination with carbon dioxide. *Gastrointest Endosc*. 1992; 38(5): 564-7.
- 54) Saltzman HA, Sieker HO. Intestinal response to changing gaseous environments: normobaric and hyperbaric observations. *Ann N Y Acad Sci*. 1968; 150(1): 31-9.
- 55) Brandt LJ, Boley SJ, Sammartano R. Carbon dioxide and room air insufflation of the colon. Effects on colonic blood flow and intraluminal pressure in the dog. *Gastrointest Endosc*. 1986; 32(5): 324-9.
- 56) Phaosawasdi K, Cooley W, Wheeler J, Rice P. Carbon dioxide-insufflated colonoscopy: an ignored superior technique. *Gastrointest Endosc*. 1986; 32(5): 330-3.
- 57) Yasumasa K, Nakajima K, Endo S, Ito T, Matsuda H, Nishida T. Carbon dioxide insufflation attenuates parietal blood flow obstruction in distended colon: potential advantages of carbon dioxide insufflated colonoscopy. *Surg Endosc*. 2006; 20(4): 587-94.
- 58) Nakajima K, Lee SW, Sonoda T, Milsom JW. Intraoperative carbon dioxide colonoscopy: a safe insufflation alternative for locating colonic lesions during laparoscopic surgery. *Surg Endosc*. 2005; 19(3): 321-5.

- 59) Bretthauer M, Hoff GS, Thiis-Evensen E, Huppertz-Hauss G, Skovlund E. Air and carbon dioxide volumes insufflated during colonoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2003; 58(2): 203-6.
- 60) Yamano HO, Yoshikawa K, Kimura T, Yamamoto E, Harada E, Kudou T, et al. Carbon dioxide insufflation for colonoscopy: evaluation of gas volume, abdominal pain, examination time and transcutaneous partial CO₂ pressure. *J Gastroenterol*. 2010; 45(12): 1235-40.
- 61) Hsu WH, Sun MS, Lo HW, Tsai CY, Tsai YJ. Carbon dioxide insufflation during withdrawal of the colonoscope improved postprocedure discomfort: a prospective, randomized, controlled trial. *Kaohsiung J Med Sci*. 2012; 28(5): 265-9.
- 62) Sajid M, Caswell J, Bhatti M, Sains P, Baig MK, Miles WF. Carbon dioxide insufflation versus conventional air insufflation for colonoscopy: a systematic review and meta-analysis of published randomized controlled trials. *Colorectal Dis*. 2015; 17(2): 111-23.
- 63) Leung J, Salera R, Toomsen L, Mann SK, Leung FW. Pilot feasibility study of the method of water infusion without air insufflation in sedated colonoscopy. *Dig Dis Sci*. 2009; 54(9): 1997-2001.
- 64) Garborg K, Kaminski MF, Lindenburger W, Wiig H, Hasund A, Wronska E, et al. Water exchange versus carbon dioxide insufflation in unsedated colonoscopy: a multicenter randomized controlled trial. *Endoscopy*. 2015; 47(3): 192-9.
- 65) Bretthauer M, Hoff G, Thiis-Evensen E, Grotmol T, Thorp Holmsen S, Moritz V, et al. Carbon dioxide insufflation reduces discomfort due to

- flexible sigmoidoscopy in colorectal cancer screening. *Scand J Gastroenterol.* 2002; 37(9): 1103-7.
- 66) Maple JT, Banerjee S, Barth BA, Bhat YM, Desilets DJ, Gottlieb KY, et al; GE Assessment Technology Committee. Methods of luminal distention for colonoscopy. *Gastrointest Endosc.* 2013; 77(4): 519-25.
- 67) Menes T, Spivak H. Laparoscopy: searching for the proper insufflation gas. *Surg Endosc.* 2000; 14(11): 1050-6.
- 68) Ott DE. Abdominal compliance and laparoscopy: a review. *JSLS.* 2019; 23(1): e2018.00080.
- 69) Luigiano C, Ferrara F, Pellicano R, Fabbri C, Cennamo V, Bassi M, et al. Carbon dioxide insufflation versus air insufflation during endoscopic retrograde cholangiopancreatography under general anesthesia. *Minerva Med.* 2011; 102(4): 261-9.
- 70) Dellon ES, Velayudham A, Clarke BW, Isaacs KL, Gangarosa LM, Galanko JA, et al. A randomized, controlled, double-blind trial of air insufflation versus carbon dioxide insufflation during ERCP. *Gastrointest Endosc.* 2010; 72(1): 68-77.
- 71) Diez-Redondo P, Gil-Simon P, Alcaide-Suarez N, Atienza-Sánchez R, Barrio-Andrés J, De-la-Serna-Higuera C, et al. Comparison between insufflation with air or carbon dioxide during the colonoscopy in sedated patients with propofol. *Rev Esp Enferm Dig.* 2012; 104(8): 411-7.
- 72) Bretthauer M, Lynge AB, Thiis-Evensen E, Hoff G, Fausa O, Aabakken L. Carbon dioxide insufflation in colonoscopy: safe and effective in sedated patients. *Endoscopy.* 2005; 37(8): 706-9.

- 73) Li X, Zhao YJ, Dai J, Li XB, Xue HB, Zhang Y, et al. Carbon dioxide insufflation improves the intubation depth and total enteroscopy rate in single-balloon enteroscopy: a randomised, controlled, double-blind trial. *Gut*. 2014; 63(10): 1560-5.
- 74) Seo EH, Kim TO, Park MJ, Kim HJ, Shin BC, Woo JG, et al. The efficacy and safety of carbon dioxide insufflation during colonoscopy with consecutive esophago-gastroduodenoscopy in moderately sedated outpatients: a randomized, double-blind, controlled trial. *J Clin Gastroenterol*. 2013; 47(5): e45-9.
- 75) Lo SK, Fujii-Lau LL, Enestvedt BK, Hwang JH, Konda V, Manfredi MA, et al. The use of carbon dioxide in gastrointestinal endoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2016; 83(5): 857-65.
- 76) Takano A, Kobayashi M, Takeuchi M, Hashimoto S, Mizuno K, Narisawa R, et al. Capnographic monitoring during endoscopic submucosal dissection with patients under deep sedation: a prospective, crossover trial of air and carbon dioxide insufflations. *Digestion*. 2011; 84(3): 193-8.
- 77) Yoshida M, Imai K, Hotta K, Yamaguchi Y, Tanaka M, Kakushima N, et al. Carbon dioxide insufflation during colorectal endoscopic submucosal dissection for patients with obstructive ventilatory disturbance. *Int J Colorectal Dis*. 2014; 29(3): 365-71.
- 78) Katzgraber F, Glenewinkel F, Fischler S, Rittner C. Mechanism of fatal air embolism after gastrointestinal endoscopy. *Int J Legal Med*. 1998; 111(3): 154-6.
- 79) Gerstenberger PD. Capnography and patient safety for endoscopy. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2010; 8(5): 423-5.

- 80) Qadeer MA, Vargo JJ, Dumot JA, Lopez R, Trolli PA, Tevens T, et al. Capnographic monitoring of respiratory activity improves safety of sedation for endoscopic cholangiopancreatography and ultrasonography. *Gastroenterology*. 2009; 136(5): 1568-76.
- 81) Vargo 2nd JJ. Sedation-related complications in gastrointestinal endoscopy. *Gastrointest Endosc Clin N Am*. 2015; 25(1): 147-58.
- 82) Friedrich-Rust M, Welte M, Welt C, Albert J, Meckbach Y, Herrmann E, et al. Capnographic monitoring of propofol-based sedation during colonoscopy. *Endoscopy*. 2014; 46(3): 236-44.
- 83) Mehta PP, Kochhar G, Albeldawi M, Kirsch B, Rizk M, Putka B, et al. Capnographic monitoring in routine EGD and colonoscopy with moderate sedation: a prospective, randomized, controlled trial. *Am J Gastroenterol*. 2016; 111(3): 395-404.
- 84) Qadeer M, Vargo JJ, Dumot J, Zuccaro G, Stevens T, Parsi M, et al. Capnography prevents hypoxemia during ERCP and EUS: a randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc*. 2008; 67(5): AB84.
- 85) Bisschops R, Demedts I, Roelandt P, Doms C, Hoffmann I, Weissbrod R, et al. Capnography in procedural sedation - a value-based healthcare pilot in a high-volume gastroenterology practice. *Gastrointest Endosc*. 2019; 89(6): AB426.
- 86) Arakawa H, Kaise M, Tajiri H, Isshi K, Saito S, Suuki T, et al. Non-intubated capnography is an earlier indicator of hypoventilation than pulse oximeter during sedation for colonoscopy. *Gastrointest Endosc*. 2004; 59(5): P131.

- 87) Jopling MW, Kofol T, Heard L. Evaluating the cost-effectiveness of capnography monitoring in procedural sedation: a gastroenterology (GI) suite cost-avoidance model. *Gastrointest Endosc.* 2015; 81(5): AB193.
- 88) Slagelse C, Villmann P, Hornslet P, Hornsted TI, Jorgensen H, Hammering A. Can capnography reduce hypoxic events in endoscopy patients undergoing nurse administered propofol sedation (NAPS): a randomized study. *Gastrointest Endosc.* 2011; 73(4): AB138.
- 89) Kim SH, Keum B, Jeon HJ, Jang SH, Kim JH, Choi SJ, et al. ETCO₂ instability derived by capnography is beneficial in predicting potential hypoxic events during endoscopic submucosal dissection (ESD) procedures. *Gastrointest Endosc.* 2019; 89(6): AB447.
- 90) Yarchi D, Cohen A, Umansky T, Sukhotnik I, Shaoul R. Assessment of end-tidal carbon dioxide during pediatric and adult sedation for endoscopic procedures. *Gastrointest Endosc.* 2008; 69(4): 877-82.
- 91) Barnett S, Hung A, Tsao R, Sheehan J, Bukoye B, Sheth SG, et al. Capnographic monitoring of moderate sedation during colonoscopy does not improve safety or patient satisfaction: a prospective cohort study. *Am J Gastroenterol.* 2016; 111(3): 388-94.
- 92) Conjoint Board of the Royal College of Physicians and Royal College of Surgeons Working Group. Guidelines for the Implementation of a National Quality Assurance Programme in GI Endoscopy - Version 2.0. Royal College of Physicians of Ireland. Last Update, 2011.
- 93) Patel KS, Kothari P, Gantz O, Prabhu A, Ayyaswami V, Kono J, et al. Current trends and predictors of case outcomes for malpractice in

- colonoscopy in the United States, *J Clin Gastroenterol.* 2022; 56(1): 49-54.
- 94) De-Quadros LG, Kaiser-Júnior RL, Félix VN, Villar L, Campos JM, Nogueira VQM, et al. Colonoscopy: randomized comparative study of insufflation with carbon dioxide versus air. *Arq Bras Cir Dig.* 2017; 30(3): 177-81.
- 95) Cadoni S, Falt P, Gallittu P, Liggi M, Smajstria V, Leung F. Impact of carbon dioxide insufflation and water exchange on postcolonoscopy outcomes in patients receiving on-demand sedation: a randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc.* 2017; 85(1): 210-8.
- 96) Pesquisa Nacional de Saúde: 2019. Informações sobre domicílios, acesso e utilização dos serviços de saúde: Brasil, grandes regiões e unidades da federação / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro: IBGE, 2020. 85p.
- 97) Hsu WF, Hu WH, Chen YN, Lai HH, Chen MK, Chang LC, et al. Carbon dioxide insufflation can significantly reduce toilet use after colonoscopy: a double-blind randomized controlled trial. *Endoscopy.* 2014; 46(3): 190-5.
- 98) Kim H, Hyun JH, Lee KJ, Kim HS, Park HJ. Oxygenation before endoscopic sedation reduces the hypoxic event during endoscopy in elderly patients: a randomized controlled trial. *J Clin Med.* 2020; 9(10): 3282.
- 99) Riccio CA, Sarmiento S, Minhajuddin A, Nasir D, Fox AA. High-flow versus standard nasal cannula in morbidly obese patients during

- colonoscopy: a prospective, randomized clinical trial. *J Clin Anesth.* 2019; 54: 19-24.
- 100) Chen PJ, Li CH, Huang TY, Shih YL, Chu HC, Chang WK, et al. Carbon dioxide insufflation does not reduce pain scores during colonoscope insertion in unsedated patients: a randomized, controlled trial. *Gastrointest Endosc.* 2013; 77(1): 79-89.
- 101) Cadoni S, Falt P, Gallittu P, Liggi M, Mura D, Smajstria V, et al. Water exchange is the least-painful colonoscope insertion technique, increasing completion of unsedated colonoscopy. *Clin Gastroenterol Hepatol.* 2015; 13: 1972-80.
- 102) Cadoni S, Sanna S, Gallittu P, Argiolas M, Fanari V, Porcedda ML, et al. A randomized controlled trial comparing real-time insertion pain during colonoscopy confirmed water exchange to be superior to water immersion in enhancing patient comfort. *Gastrointest Endosc.* 2015; 81(3): 557-66.
- 103) Hsieh Y-H, Koo M, Leung FW. A patient-blinded randomized, controlled trial comparing air insufflation, water immersion, and water exchange during minimally sedated colonoscopy. *Am J Gastroenterol.* 2014; 109(9): 1390-400.
- 104) Bretthauer M, Thiis-Evensen E, Huppertz-Hauss G, Gisselsson L, Grotmol T, Skovlund E, et al. NORCCAP (Norwegian colorectal cancer prevention): a randomized trial to assess the safety and efficacy of carbon dioxide versus air insufflation in colonoscopy. *Gut.* 2002; 50(5): 604-7.

- 105) Kim SY, Chung JW, Park DK, Kwon KA, Kim KO, Kim YJ, et al. Comparison of carbon dioxide and air insufflation during consecutive EGD and colonoscopy in moderate-sedation patients: a prospective, double-blind, randomized controlled trial. *Gastrointest Endosc.* 2016; 85(6): 1255-62.
- 106) Amato A, Radaelli F, Paggi S, Baccarin A, Spinzi G, Terruzzi V. Carbon dioxide insufflation or warm-water infusion versus standard air insufflation for unsedated colonoscopy. *Dis Colon Rectum.* 2013; 56(4): 511-8.
- 107) Dumonceau JM, Riphaus A, Aparicio JR, Beilenhoff J, Knappe JT, Ortmann M, et al. European Society of Gastrointestinal Society, European Society of Gastroenterology and Endoscopy Nurses and Associates, and the European Society of Anesthesiology Guideline. Non-anesthesiologist administration of propofol for GI endoscopy. *Eur J Anaesthesiol.* 2010; 27(12): 1016-30.
- 108) Freeman ML, Hennessy JT, Cass OW, Pheley AM. Carbon dioxide retention and oxygen desaturation during gastrointestinal endoscopy. *Gastroenterology.* 1993; 105(2): 331-9.
- 109) Heuss LT, Chhajed PN, Schnieper P, Hirt T, Beglinger C. Combined pulse oximetry / cutaneous carbon dioxide tension monitoring during colonoscopy pilot study with a smart ear clip. *Digestion.* 2004; 70(3): 152-8.
- 110) Chao IF, Chiu HM, Liu WC, Liu CC, Wang HP, Cheng YJ. Significant hypercapnia either in CO₂-insufflated or air-insufflated colonoscopy under deep sedation. *Acta Anaesthesiol Taiwan.* 2010; 48(4): 163-8.

- 111) Kwan V, Devière J. Endoscopy essentials: preparation, sedation, and surveillance. *Endoscopy*. 2008; 40(1): 65-70.
- 112) Ko HH, Zhang H, Telford JJ, Enns R. Factors influencing patient satisfaction when undergoing endoscopic procedures. *Gastrointest Endosc*. 2009; 69(4): 883–91.
- 113) Elphick DA, Donnelly MT, Smith KS, Riley SA. Factors associated with abdominal discomfort during colonoscopy: a prospective analysis. *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2009; 21(9): 1076-82.
- 114) Redelmeier DA, Kahneman D. Patients' memories of painful medical treatments: real-time and retrospective evaluations of two minimally invasive procedures. *Pain*. 1996; 66(1): 3-8.
- 115) Maeda Y, Hirasawa D, Fujita N, Obana T, Sugawara T, Ohira T, et al. A prospective, randomized, double-blind, controlled trial on the efficacy of carbon dioxide insufflation in gastric endoscopic submucosal dissection. *Endoscopy*. 2013; 45(5): 335-41.
- 116) Uraoka T, Kato J, Kuriyama M, Hori K, Ishikawa S, Harada K, et al. CO₂ insufflation for potentially difficult colonoscopies: efficacy when used by less experienced colonoscopists. *World J Gastroenterol*. 2009; 15(41): 5186-92.

8.) APÊNDICES.

8.1.) Apêndice 1. Ficha de coleta de dados.

FICHA DE COLETA DE DADOS

Grupo AR____ Grupo CO₂____ Data do exame:____/____/____

Nome completo:_____ HC:_____

Idade (anos completos):____ Sexo: M F ASA: I II III IV

Tel. contato: ()_____ Altura____ m Peso____ kg IMC____ Kg/m²

Indicação do exame:_____ Achado do exame:_____

SEDAÇÃO: Midazolam____ mg Propofol____ mg Meperidina____ mg

Início: __h__min Final: __h__min Duração: __min SpO₂ basal __%

Ocorrência de hipoxia N S (duração____s) Ocorrência de hipoventilação N S

FREQ. CARDIACA	bpm
Basal	
Cecal	
Retal saída	

FREQ. RESPIRATÓRIA	bpm
Basal	
Cecal	
Retal saída	

VOL. ALV. MIN	L/min
Basal	
Cecal	
Retal saída	

DOR PÓS-COLONO	EMDG
Imediata	
1 hora	
24 horas	

CO ₂ EXPIRADO	mmHg
Basal	
Inicial	
Cecal	
Retal saída	
Pós-3min	
Final	
Máximo	
Médio	

Obs:_____

9.) ANEXOS

9.1.) Anexo 1. Classificação anestésica do estado físico (*American Society of Anesthesiologists, 2020*).

TIPO	CLASSIFICAÇÃO
ASA I	Paciente sadio.
ASA II	Doença sistêmica leve.
ASA III	Doença sistêmica grave.
ASA IV	Doença sistêmica grave, que representa ameaça constante à vida.
ASA V	Paciente moribundo, que não se espera que sobreviva sem a cirurgia.
ASA VI	Paciente com morte encefálica, candidato à doação de órgãos.
E	Acrescentar a letra E a qualquer classe para cirurgias de emergência.

9.2.) Anexo 2. Classificação de Mallampati para via aérea difícil.

CLASSE	CLASSIFICAÇÃO
I	Palato mole, fauce, úvula e pilares amigdalianos visíveis.
II	Palato mole, fauce e úvula visíveis.
III	Palato mole e base da úvula visíveis.
IV	Palato mole totalmente não-visível.

9.3.) Anexo 3. Classificação de GOLD para doença pulmonar obstrutiva crônica (*Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*).

CLASSE	CLASSIFICAÇÃO
1	Leve: VEF1 $\geq$ 80% do valor predito.
2	Moderada: VEF1 50-80% do valor predito.
3	Grave: VEF1 30-50% do valor predito.
4	Muito grave: VEF1 $\leq$ 30% do valor predito.

VEF1: volume expiratório forçado no primeiro segundo.

9.4.) Anexo 4. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).



GASTROCENTRO UNICAMP
 TERMO DE CIÊNCIA E CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
COLONOSCOPIA



Eu recebi, li o Informativo sobre o procedimento denominado COLONOSCOPIA. Eu compreendi que serei submetido a um procedimento, de acordo com a solicitação do meu médico assistente, que envolve a passagem de um aparelho através do ânus para o exame do intestino grosso e parte terminal do intestino delgado e, se necessário, realizar biópsias (retirada de fragmentos da mucosa do intestino para exame), retirada de pólipos ou outras lesões do intestino.

Estou ciente de que:

1. Para a realização deste exame é obrigatório o preparo do intestino, com tomada de medicamentos laxativos, conforme orientação prévia da enfermagem.
2. O exame poderá ser incompleto, quando houver resíduos fecais no intestino, presença de alguma obstrução ou dificuldade técnica para a passagem do aparelho. Em caso de preparo intestinal insatisfatório, algumas lesões podem não ser diagnosticadas, além disso o exame poderá ser suspenso, sendo necessário novo agendamento, com preparo intestinal.
3. Serei submetido à sedação através da administração de medicação venosa, conforme o meu estado clínico e julgamento do médico da equipe de Endoscopia Digestiva.
4. Embora raro (menos de 1% dos casos), podem ocorrer complicações decorrentes da aplicação da sedação (dor ou inflamação no local da injeção). Ainda mais raros, podem ocorrer reação à medicação e problemas cardiorrespiratórios durante o procedimento.
5. Durante o exame diagnóstico pode ser necessário realizar procedimento terapêutico como: biópsias, injeção de substâncias ou aplicação de argônio para parar eventual sangramento, dilatações ou remoção de pólipos e/ou lesões com uso de bisturi elétrico. Quando removidos e recuperados, os pólipos e outras lesões serão enviados para análise histopatológica.
6. Esses procedimentos terapêuticos, são importantes para o meu tratamento, mas aumentam o risco de complicações como sangramentos e perfurações. Estas complicações, embora incomuns podem ser sérias, podendo resultar na necessidade de hospitalização, até mesmo em unidade de terapia intensiva (UTI), por tempo prolongado, transfusão sanguínea, procedimento endoscópico adicional e cirurgia de urgência. Nesta situação, apesar de muito raro, há risco de morte.
7. Apesar de tais riscos, este procedimento representa a melhor opção para continuidade do tratamento da minha doença.
8. Serão realizadas fotos durante o exame, as quais serão disponibilizadas no meu prontuário eletrônico, podendo ser gravados vídeos. Autorizo o uso deste material para fins didáticos, preservando o sigilo da minha identidade.
9. Posso recusar a ser submetido a este procedimento e tenho o direito de revogar a qualquer momento este Termo de Consentimento, antes que o procedimento objeto deste documento tenha se realizado.
10. Em caso de dúvidas, sinais ou sintomas que julgar estranhos após o procedimento poderei contactar o Serviço de Endoscopia do Gastrocentro/ UNICAMP (telefones no rodapé) ou comparecer à Unidade de Emergência Referenciada do Hospital de Clínicas da UNICAMP.

Telefones para contato: Gastrocentro: (19) 3521-8543, 3521-8540, 3521-8541

9.5.) Anexo 5. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa.

	COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS													
PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP														
DADOS DO PROJETO DE PESQUISA														
Título da Pesquisa: UTILIZAÇÃO DA CAPNOGRAFIA VOLUMÉTRICA NA AVALIAÇÃO RESPIRATÓRIA DE PACIENTES SUBMETIDOS A COLONOSCOPIA DIAGNÓSTICA COM INSUFLAÇÃO DE AR COMPRIMIDO E GÁS CARBÔNICO.														
Pesquisador: MICHEL GARDERE CAMARGO														
Área Temática:														
Versão: 2														
CAAE: 52940315.9.0000.5404														
Instituição Proponente: Gastrocentro														
Patrocinador Principal: Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP														
DADOS DO PARECER														
Número do Parecer: 1.504.388														
Apresentação do Projeto:														
Adequada. Atualmente a colonoscopia é o procedimento endoscópico mais realizado nos Estados Unidos e mantém-se como o exame de escolha para o screening do câncer colorretal. A polipectomia endoscópica previne a ocorrência e diminui a mortalidade por câncer colorretal, um dos tipos com maior incidência em todo o mundo, principalmente nas regiões mais desenvolvidas. No Brasil é o segundo tumor mais incidente em mulheres e o terceiro em homens, exceto os casos de câncer de pele não melanoma. Em 2015, são estimados cerca de 32.600 novos casos no Brasil. Dentre outras indicações para colonoscopia, temos: pesquisa de sintomas gastrointestinais e seguimento de doenças inflamatórias intestinais. Nos últimos anos, por meio da colonoscopia tem sido possível realizar procedimentos terapêuticos mais complexos que a polipectomia endoscópica convencional, como hemostasias, dilatações, ressecções alargadas de lesões neoplásicas precoces e tratamento de doença hemorroidária. Os procedimentos endoscópicos, quando comparados aos procedimentos cirúrgicos convencionais, têm menores taxas de morbimortalidade e baixo custo médico-hospitalar. Por tratar-se de procedimento invasivo, a colonoscopia está associada a dor e desconforto, causados pela insuflação de gás para distensão do lúmen intestinal e pela movimentação do aparelho, que gera estiramento do mesentério. A sedação para colonoscopia é amplamente utilizada no mundo ocidental, pois promove maior conforto para o paciente,														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126</td> <td>CEP: 13.083-887</td> </tr> <tr> <td>Bairro: Barão Geraldo</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>UF: SP</td> <td>Município: CAMPINAS</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Telefone: (19)3521-8936</td> <td>Fax: (19)3521-7187</td> <td>E-mail: cep@fom.unicamp.br</td> </tr> </table>			Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		CEP: 13.083-887	Bairro: Barão Geraldo			UF: SP	Município: CAMPINAS		Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fom.unicamp.br
Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126		CEP: 13.083-887												
Bairro: Barão Geraldo														
UF: SP	Município: CAMPINAS													
Telefone: (19)3521-8936	Fax: (19)3521-7187	E-mail: cep@fom.unicamp.br												
Página 01 de 05														



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.504.388

melhorando a qualidade e o sucesso do procedimento. Entretanto, o uso de sedativos gera maiores custos financeiros e não é isento de riscos. Além de potenciais reações alérgicas, a complicação mais comum é a depressão cardiorrespiratória, que nos casos mais graves pode levar a óbito. Estima-se que eventos adversos cardiorrespiratórios secundários à sedação ocorram em 1 de 300 exames de colonoscopia, sendo responsáveis por cerca de metade dos eventos adversos graves que ocorrem durante a colonoscopia. Dessa forma, durante a realização de exames endoscópicos sob sedação é mandatória a monitoração cardiorrespiratória. Para a adequada visualização do lúmen intestinal, é realizada a distensão do mesmo com gás durante a colonoscopia. Mais comumente, utiliza-se o ar comprimido para esta função. Como opção melhor ao ar comprimido, o CO₂ gera menos dor e aumenta a taxa de intubação cecal, pois é rapidamente absorvido. Por outro lado, esta característica associada à potencial depressão respiratória ocasionada pela sedação, poderia levar a complicações secundárias à hipercapnia (excesso de CO₂). Sabe-se que a hipoventilação alveolar é melhor avaliada pelo aumento da tensão de CO₂, em detrimento da monitoração da SpO₂ (saturação arterial de oxigênio). Dessa forma, a oximetria de pulso convencional que é rotineiramente utilizada nos exames endoscópicos pode não detectar a hipoventilação alveolar. O padrão-ouro da medida de pressão parcial de dióxido de carbono (pCO₂) é a gasometria arterial, procedimento que gera desconforto ao paciente e nem sempre é factível na prática clínica. Como técnica de monitoramento não-invasivo e confiável da troca gasosa, a capnografia permite a medida do dióxido de carbono (CO₂), fornecendo informações da produção de CO₂, perfusão pulmonar e ventilação alveolar. Tem aplicação clínica nas doenças respiratórias e no controle da eliminação do CO₂ em procedimentos médicos que requeiram o uso de anestesia. A capnografia é de grande utilidade na monitoração anestésica, pois permite melhor manejo da função respiratória e pode alertar com antecedência sobre eventos potencialmente letais ao paciente anestesiado. Não existem contraindicações ao uso da capnografia, e seus riscos são pouco frequentes, estando mais associados a problemas técnicos do instrumental utilizado e à interpretação equivocada dos parâmetros avaliados. O capnógrafo é o instrumento responsável pela aferição numérica do CO₂, que é obtida por meio da absorção por parte do CO₂ de raios infravermelhos. A capnografia pode ser realizada por medida transcutânea ou respiratória do CO₂. A representação gráfica da medida da pressão parcial de CO₂ (pCO₂) é a capnografia, que pode ser realizada em função do tempo (capnografia convencional) ou do volume expirado (capnografia volumétrica). A capnografia volumétrica é o registro da eliminação de CO₂ frente ao volume expirado, com a vantagem de avaliar cada excursão respiratória e de diferenciar o espaço morto anatómico do espaço morto alveolar. A capnografia volumétrica é realizada por meio de oxi-

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNICAMP - CAMPUS CAMPINAS



Continuação do Parecer: 1.504.388

capnógrafo específico que capta os parâmetros ventilatórios do paciente em tempo real, sendo os dados coletados e avaliados em software específico.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo do estudo é avaliar os resultados da utilização da capnografia volumétrica na colonoscopia diagnóstica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Os autores consideram que não há risco para os pacientes estudados, uma vez que o estudo é retrospectivo.

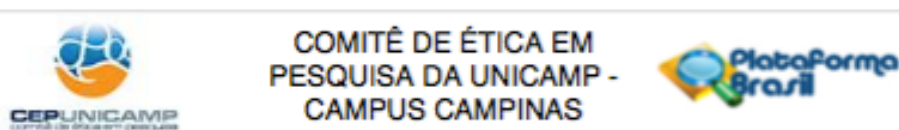
Benefícios:

O possível benefício da pesquisa seria identificar o papel da capnografia na colonoscopia de pacientes com maior risco para complicações cardiopulmonares. Pode haver benefício social, por permitir conhecer melhor o procedimento, o que pode aumentar a segurança do procedimento.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O protocolo está bem escrito, detalhado e claro. A metodologia é adequada e factível. Trata-se do estudo dos pacientes submetidos a colonoscopia diagnóstica sob monitoração de capnografia volumétrica, no Gastrocentro/UNICAMP. De modo geral, são pacientes idosos e/ou portadores de comorbidades que necessitam de avaliação endoscópica colorretal. Serão estudados dois grupos: pacientes submetidos à colonoscopia diagnóstica com insuflação de ar comprimido e pacientes submetidos à colonoscopia diagnóstica com insuflação de CO₂. Está claro o motivo de haver esses dois grupos. O estudo será realizado por meio de: Avaliação de dados demográficos da população estudada: número de pacientes, sexo, idade, índice de massa corpórea (IMC), classificação de risco anestésico segundo a Sociedade Americana de Anestesiologia (ASA), tabagismo e outras comorbidades associadas; Avaliação de dados da colonoscopia: indicação do exame, realização prévia de colonoscopia, uso de sedativos e suas doses, tempo de intubação cecal, duração do exame, achados da colonoscopia, taxa de detecção de adenomas, número de adenomas por colonoscopia, complicações do exame e relato de dor pós-procedimento; Avaliação dos dados de monitoração respiratória e de capnografia: ocorrência e duração de hipóxia (spO₂<90%), hipercapnia (CO₂ expirado >50mmHg) e de apnéia (ausência de excursão respiratória por mais de 20 segundos). Serão avaliados os seguintes parâmetros nos instantes pré-exame (basal), início do exame, ceco, reto (retirada do exame), pós-exame (10 minutos após a retirada) e seus valores máximos e mínimos: EtCO₂ (CO₂ expirado), spO₂ (saturação de oxigênio), frequência cardíaca.

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo **CEP:** 13.083-887
UF: SP **Município:** CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 **Fax:** (19)3521-7187 **E-mail:** cep@fcm.unicamp.br



Continuação do Parecer: 1.504.388

frequência respiratória e volume alveolar.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Além do relatório de pesquisa, foi encaminhada a folha de rosto da CONEP assinada pela pesquisadora e complementada por autorização do Diretor Científico do Gastrocentro/UNICAMP. É solicitada a dispensa do TCLE, por se tratar de estudo retrospectivo de prontuário sem intervenção.

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

- O sujeito de pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).

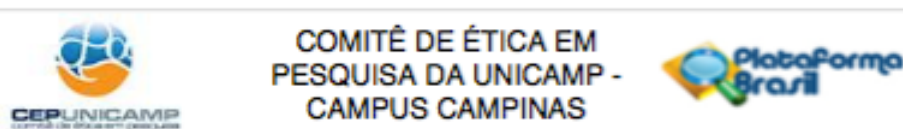
- O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).

- O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

- O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

- Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
 Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
 UF: SP Município: CAMPINAS
 Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fom.unicamp.br



Continuação do Parecer: 1.504.388

aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

- Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

- Lembramos que segundo a Resolução 466/2012, item XI.2 letra e, "cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento".

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_605295.pdf	11/04/2016 01:01:25		Aceito
Outros	cartaresposta.pdf	11/04/2016 01:00:59	MICHEL GARDERE CAMARGO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto2.pdf	11/04/2016 00:59:46	MICHEL GARDERE CAMARGO	Aceito
Brochura Pesquisa	brochuracorrigidapd.pdf	11/04/2016 00:52:22	MICHEL GARDERE CAMARGO	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	21/10/2015 09:58:22	MICHEL GARDERE CAMARGO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 18 de Abril de 2016

Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini
(Coordenador)

Endereço: Rua Tessália Vieira de Camargo, 126
Bairro: Barão Geraldo CEP: 13.083-887
UF: SP Município: CAMPINAS
Telefone: (19)3521-8936 Fax: (19)3521-7187 E-mail: cep@fcm.unicamp.br